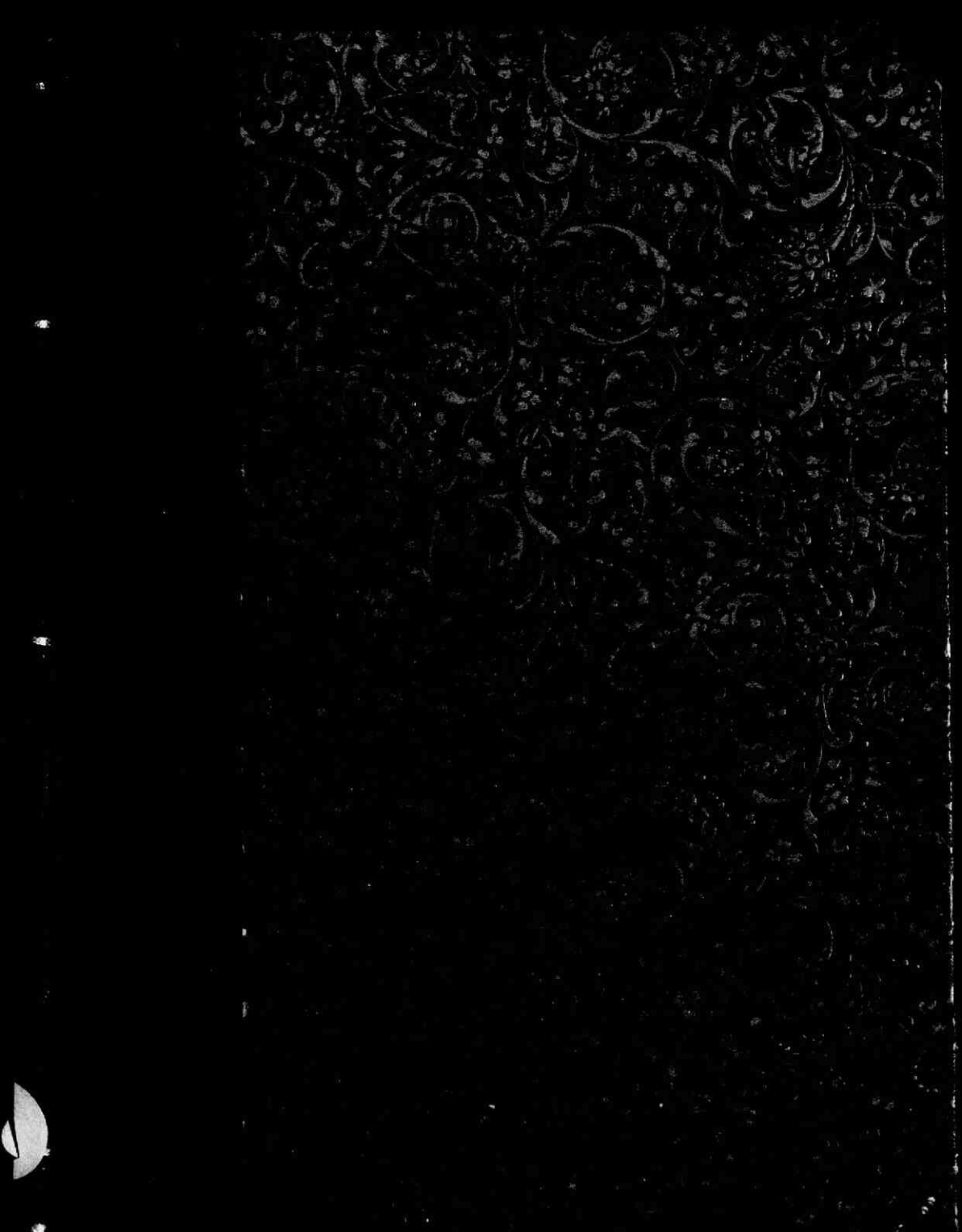
Utrecht University Library
Partner in Science
Universiteit Utrecht

Handboek der natuurkundige aardrijkskunde, voornamelijk ten dienste van onderwijzers

https://hdl.handle.net/1874/305686



541.B.14 W.
579.C.27

HANDBOEK

DER

NATUURKUNDIGE AARDRIJKSKUNDE,

VOORNAMELIJK TEN DIENSTE VAN ONDERWIJZERS,

DOOR

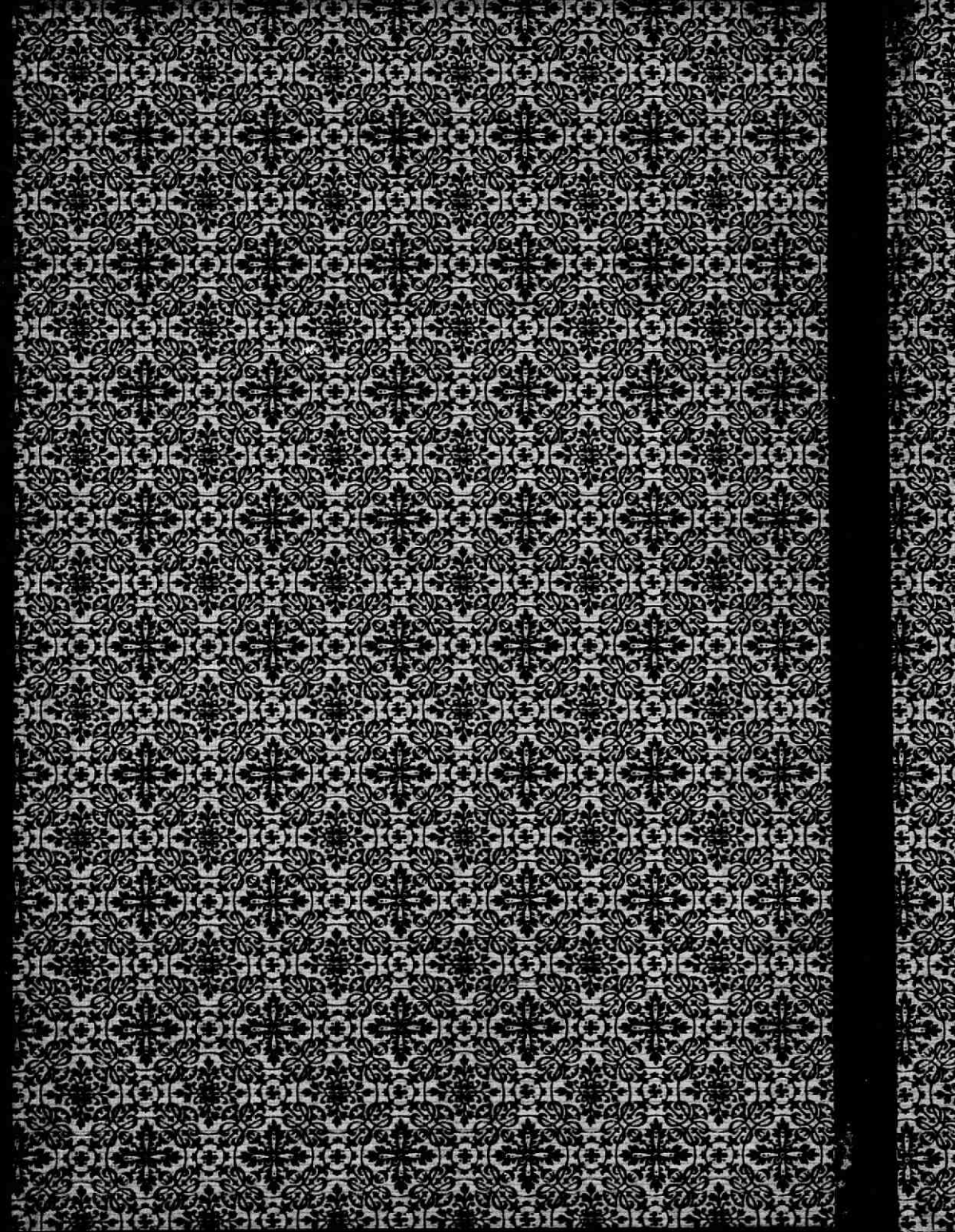
D. C. VAN NECK,
Hoofd eener school te Arnhem.

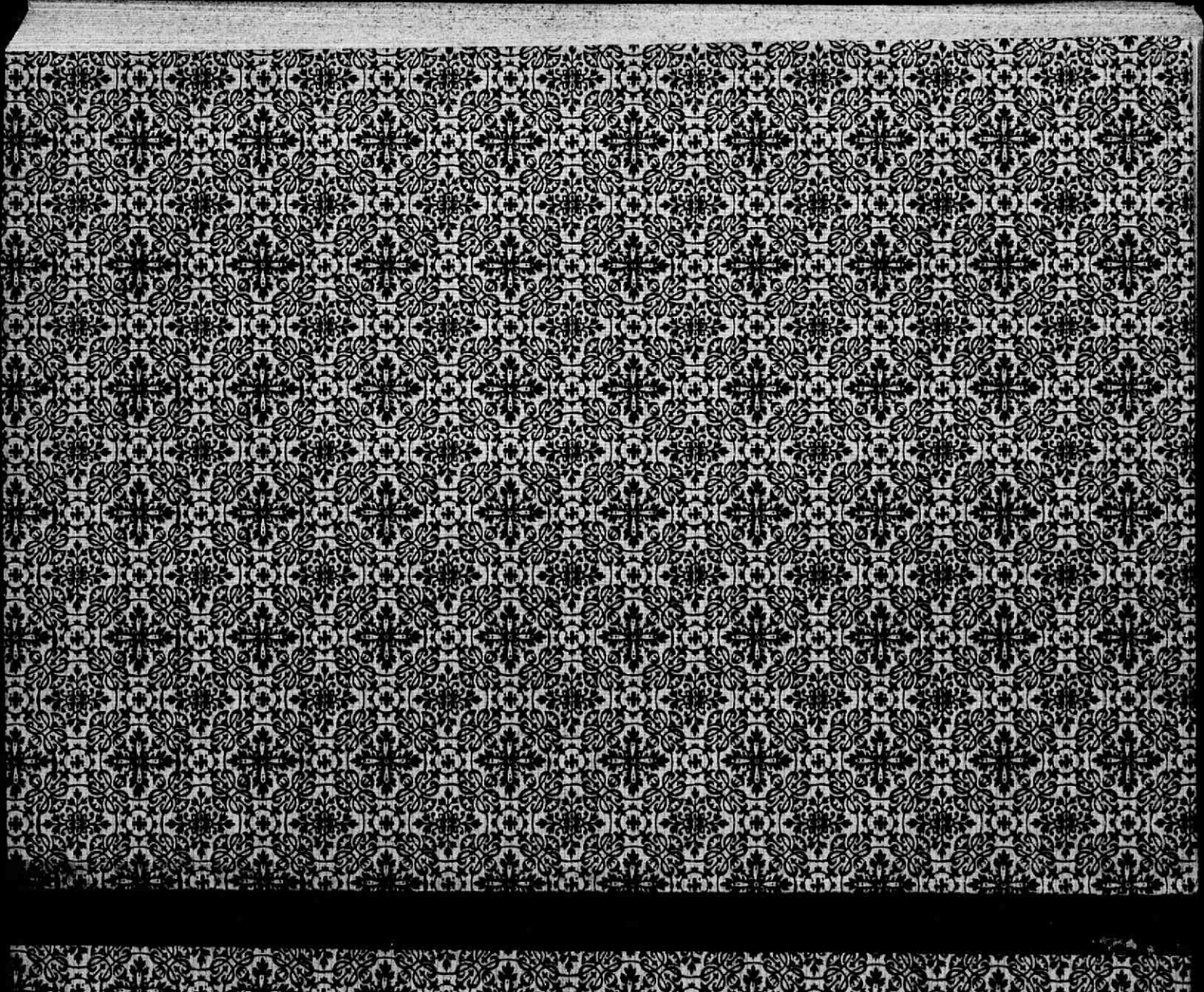
Met 83 Figuren en een atlas van 18 gekleurde Kaarten.

RIJKSUNIVERSITEIT UTRECHT
0284 7832

KLUWER & Co. — DEVENTER.

BIBLIOTHEEK DER
RIJKSUNIVERSITEIT
UTRECHT





VOORBERICHT.

Een enkel woord ter inleiding van het werk, dat hiermede vooral studeerenden onderwijzers wordt aangeboden. Bij het kiezen der bouwstof heeft de schrijver voornamelijk het oog gehad op de ontwikkeling, die de aspirant-hoofdonderwijzer moet bezitten. Let wel de ontwikkeling. *Hij heeft zich niet de vraag gesteld: „kan men dit of dat op het examen vragen?" maar deze: „wat moet een ontwikkeld hoofdonderwijzer uit het rijke gebied der Natuurkundige Aardrijkskunde hebben overdacht en verwerkt?*

Intusschen is hiermede niet gezegd, dat aan Hoogere Burgerscholen en Gymnasia het werk misplaatst zal zijn. Leeraren aan dergelijke inrichtingen zullen er waarschijnlijk hunne gading wel in vinden.

En nu iets, 't zal weinig zijn, over het werkje zelf. In de eerste plaats heeft de schrijver hier en daar naar een bekend handboek over andere deelen der Natuurkennis verwezen. Dit geschiedde om ontslagen te zijn van het inlasschen van sommige feiten, daar vermeld, of van verklaringen van woorden, daar gegeven. De aangehaalde werken zijn:

Dr. H. v. d. Stadt, Leerboek der Natuurkunde I en II.

Dr. M. Salverda, Handleiding bij de beoefening van de kennis der Natuur, ten dienste van onderwijzers en aankomende onderwijzers. I. Beschrijvende natuurwetenschappen.

H. Heukels, Schoolflora van Nederland.

Vervolgens vestigt S. de aandacht op de kaartjes, waaraan zoo veel mogelijk zorg is besteed. Gedurende den tijd, dat hij les aan studeerende onderwijzers gaf, is S. duidelijk gebleken, dat de kaartjes uit een atlas der Natuurkundige Aardrijkskunde veel te weinig worden gebruikt. Voor een goed deel ligt hiervan zijns inziens de schuld in de kaartjes zelf: door hunne onduidelijkheid is het gebruik ervan te vermoeiend. Door de nette uitvoering van den atlas is de prijs van het werk aanmerkelijk gestegen, maar de uitgever was terecht van oordeel, dat eene nette en bruikbare kaart zich zelf aanbeveelt en de waarde van het werk verhoogt, terwijl eene onduidelijke steeds met tegenzin wordt ter hand genomen.

Voorts heeft de schrijver er naar getracht de voorbeelden te nemen uit feiten, die bij den onderwijzer bekend zijn, of dienen te zijn; alleen waar het zijns inziens noodzakelijk was, werden minder bekende voorbeelden gekozen.

Hij heeft zich niet overal angstig afgevraagd, of hij de grenzen van het gebied der Natuurkundige Aardrijkskunde ook overschreed, zooals reeds dadelijk blijkt, wanneer men den inhoud aandachtig nagaat. Daar toch vindt men bij de Organische Wezens een hoofdstuk over de wijze van verbreiding. Dergelijke uitweidingen (hier en daar komen kleinere voor) zijn een gevolg van de ondervinding bij het onderwijs aan aspirant-hoofdonderwijzers opgedaan.

Tusschen den tekst zal men hier en daar een enkele vraag opmerken. Gaarne had S. die nog met vele vermeerderd, maar zijn doel is bereikt, zoo de lezer zich telkens, wanneer daartoe aanleiding is, de vraag stelt: „wat is daarvan vroeger gemeld?"

Een uitvoerig register is tot gemak van den gebruiker aan het werk toegevoegd.

Dient er nog meer tot inleiding gezegd te worden? Naar het oordeel van den schrijver niet: verder spreke het werk voor zich zelf.

Dit heeft het met alle andere gemeen, dat er fouten in de drukproeven aan het oog van den corrector zijn ontsnapt. Enkele zinstorende zijn in een errata opgenomen, voor de overige wordt de welwillendheid van den lezer verzocht.

Op- en aanmerkingen zullen ten zeerste gewaardeerd worden.

ARNHEM. D. C. VAN NECK.

INLEIDING.

§ 1. Beperking der aardrijkskunde. Ofschoon er maar ééne aarde is en men recht had te verwachten, dat er maar ééne aardrijkskunde zou zijn, leert de ondervinding ons, al is het slechts uit de titels van de leerboeken, dat die ééne wetenschap van de aarde in verschillende deelen gesplitst wordt. En zeker heeft dit alle reden van bestaan. In verloop van tijd heeft de wetenschap der aarde in zijn geheel zulk een omvang gekregen, dat de kennis van verschillende planetendeelen tot op zich zelfstaande wetenschap is verheven. Te meer was dit gerechtvaardigd, omdat dan tegelijkertijd de beoefening van zulk een deel en het doel, waarmede dat geschiedde, eenigszins anders werd; zoo hebben zich van de aardrijkskunde afgescheiden: plantkunde, dierkunde, anthropologie (natuurleer van den mensch), ethnologie (volkenkunde), mineralogie, petrographie (leer der gesteenten), geologie, metereologie, enz. Deze zijn echter hulpwetenschappen gebleven en vaak treedt dan ook de aardrijkskunde op haar gebied; echter slechts om de resultaten, welke op dat gebied gevonden zijn. 't Is nog niet lang geleden, dat men zelfs een geheele Natuurlijke Historie in een aardrijkskundig werk kon vinden.

§ 2. Begrip der aardrijkskunde in engeren zin. De tegenwoordige wetenschap der aardrijkskunde wordt weder verdeeld in de zoogenaamde **kosmographie** of **wiskundige aardrijkskunde** en de **geographie** of **aardrijkskunde in engeren zin.** De eerste bepaalt zich tot die verschijnselen, welke langs wiskunstigen weg en met behulp van astronomische kennis worden verklaard. De geographie houdt zich bezig met de aarde, zooals ze zich tegenwoordig aan ons voordoet; altijd onder dien verstande, dat de tegenwoordige toestand gerekend wordt te beginnen met de oudste tijden der geschiedenis. Zij behandelt dus lucht, water, gesteente, dier, plant en mensch. **Doch deze behandelt zij niet, als op zich zelf staande voorwerpen van wetenschap, maar in hun onderling verband, met de verschillende invloeden, die zij op elkander uitoefenen. Zij is dus de wetenschap van de genoemde zes factoren der aarde in hun onderling verband.**

En dat er onderling verband tusschen deze bestaat, dat ze grooten invloed op elkander uitoefenen, zal niemand ontkenuen.

§ 3. Karakter van aardrijkskundige hulpwetenschap. Het onderscheid tusschen de verschillende wetenschappen op zich zelf en als hulpwetenschap der aardrijkskunde valt nu eens duidelijker dan eens minder scherp in het oog. Voor den geograaf zijn de rozentuinen van Damascus een geheel ander voorwerp van beschouwing dan voor den botanist. De eerste denkt aan den liefelijken aanblik der streek en de nijvere bevolking, die in de rozentuinen haar brood verdient; de tweede aan de soort der rozen, de constructie der bladeren, enz. Bij de metereologie valt het verschil minder in het oog, trouwens dit is een deel der aardrijkskunde, dat zich eerst in den laatsten tijd heeft afgescheiden. De geograaf ziet in de lucht een factor voor de bewoonbaarheid van een land, de metereoloog zoekt den samenhang der verschijnselen om daarna uit de bestaande omstandigheden die van den naasten toekomst af te leiden, en daarmede heeft de geograaf niet te doen. Voor zoo verre de geologie ons den tegenwoordigen toestand geeft als product eener ontwikkelingsgeschiedenis, is zij eene op zich zelf staande wetenschap; voor zoo verre zij de krachten behandelt, die nog tegenwoordig op de aardoppervlakte hunnen invloed doen gevoelen, is zij een deel van de aardrijkskunde.

§ 4. Verdeeling der aardrijkskunde. Daar nu de mensch in theoretischen zin wel een onderdeel van het groote geheel der aarde, maar toch in werkelijkheid een wereld op zich zelf vormt, waarin de persoonlijke krachten van elk individu meer op den voorgrond treden, waarin de aardoppervlakte in verschillende niet door de natuur bepaalde deelen wordt verdeeld, zoo splitst men de geographie in eene **physische of natuurkundige** en **eene staatkundige.** De eerste houdt zich dus bezig met de lucht, het water, de vaste aardkorst, de dieren en planten en met den mensch; maar heeft geen plaats voor de sporen, die deze laatste overal van zijn bestaan achterlaat, voor het tegenwoordige standpunt van zijn ontwikkeling en zijne groepeering in staten.

ALGEMEENE OPMERKINGEN.

§ 5. De spheren. Wanneer we in een werk over wiskundige aardrijkskunde de afmeting der aarde nagaan, dan valt ons dadelijk in het oog, dat bij dit deel der aardrijkskunde een zeer belangrijk bestanddeel van den wereldbol, dien wij bewonen, buiten rekening gelaten wordt, n.l. de dampkring of atmospheer, die de geheele vaste en vloeibare massa omgeeft. Deze vaste en vloeibare massa vormt, wat in de kosmographie als aarde optreedt, aangezien de atmospheer van te geringen invloed is op de verschijnselen, welke door deze wetenschap tot voorwerp van beschouwing worden gekozen. Laten wij den dampkring buiten rekening, dan vinden wij van de oppervlakte naar het middelpunt gaande eene vaste aardschors, hier en daar bedekt door eene vloeibare watermassa, en eene binnenste aardkern, van welke laatste de menschelijke wetenschap zeer gering is. Bovendien weten wij van den invloed, dien deze laatste op de andere deelen uitoefent, niet genoeg, om haar een groote plaats in de aardrijkskunde in te ruimen. De vaste aardkorst is op vele plaatsen aan het oog van den mensch onttrokken door de watermassa, die wel geen omhulsel om dat vaste vormt, maar toch een groot gedeelte van hare oppervlakte bedekt. Vandaar dat men spreekt van een hydrospheer (d. i. waterkring) en lithospheer (d. i. steenkring), door welke namen men dan de samenhangende watermassa van de vaste massa onderscheidt. Wij hebben dus een **atmospheer**, een **hydrospheer** en een **lithospheer.**

Tusschen deze drie kan men gemakkelijk de grenzen trekken. Moeielijker of liever onmogelijk is dit te doen tusschen den lithospheer en de aardkern. Daarom is het onbeslist tot hoever zich de aardkorst uitstrekt. Door het boren van putten is men tot betrekkelijk groote diepte in de aarde doorgedrongen. Bij Sperenberg in de nabijheid van Berlijn tot 1293 meter, bij Lieth in Holstein tot 1330 meter. Maar al beschouwt de mensch dit reeds als eene aanzienlijke diepte, zij verdwijnt geheel en al bij de lengte der straal van de aarde, waarvan zij slechts het 5000ste deel bedraagt. Toch weet men van twee hoedanigheden van de aardkern iets, namelijk van haar specifiek gewicht en van hare warmte. De gemiddelde dichtheid van de aarde bedraagt 5.5 tot 5.7. De gesteenten, waaruit de lithospheer is samengesteld, hebben echter slechts een soortelijk gewicht van zoo ongeveer 2.5; het water, dat de oppervlakte bedekt, van iets meer dan 1, dus zal dat van de aardkern grooter moeten zijn dan 5.7. Daarom is voorgeslagen deze den naam van **barospheer** (d. i. zware kring; vergelijk barometer) te geven. Over de warmte van dien barospheer spreken we later.

§ 6. **Verhouding tusschen land en water.** Keeren we nu tot de oppervlakte terug. Zeer ongelijk zijn land en water over haar verdeeld, wat bij de beschouwing van eene globe onmiddellijk in het oog valt. De bekende landoppervlakte beslaat volgens Behm en Wagner eene uitgebreidheid van 136038872 (in een rond getal 136 millioen) KM². De oppervlakte der aarde heeft volgens Bessel een grootte van 509950714 KM.², zoodat er door water bedekt zou zijn 373911842 KM². De aardoppervlakte bestaat dus voor 26.7 percent uit land en voor 73.3 percent uit water. Deze getallen geven echter slechts eene benaderde waarde aan, want al het niet bekende land is daarbij aangenomen als door water bedekt. Afgezien nog hiervan, dat in de Poolzeeën bij verder doordringen nog wel groote stukken land uit die watermassa kunnen opdoemen, zijn er ook landen, waarvan men de grenzen nog niet nauwkeurig weet. Men schat de onbekende landvlakte aan de noordpool op 6,3 millioen KM²., die aan de zuidpool op 16.5 millioen KM². Deze zijn in bovenstaande verhouding bij den Oceaan gerekend; maar al brengt men ze bij de landmassa dan nog is de watermassa 2.2 maal zoo groot.

§ 7. **Onregelmatige verdeeling van land en water.** Land en water is niet alleen ongelijk, maar ook onregelmatig over de aardoppervlakte verdeeld. Van het noordelijk halfrond is 39 %, van het zuidelijk 14 % door de landmassa gevormd. Van het oostelijke bestaat 36 %, van het westelijke 17 % uit land. Het zuidelijk halfrond heeft dus nauwelijks $\frac{1}{3}$ zooveel land als het noordelijk. Van het noordelijk halfrond is 61 % en van het zuidelijk 86 % door water bedekt; de wateroppervlakte van het zuidelijk halfrond verhoudt zich dus tot die van het noordelijk halfrond als 10 : 7. **Men kan tegenover een noordelijk landhalfrond, een zuidelijk waterhalfrond stellen:** in het middelpunt van het eerste ligt ongeveer Londen, in het middelpunt van het andere het Antipoden-eiland bij Nieuw-Zeeland.

Ter veraanschouwelijking van deze verdeeling in een water- en een landhalfrond, zij het ieder aanbevolen de aardglobe ter hand te nemen en deze zoo te stellen, dat Londen in top komt. De houten horizon wijst dan nagenoeg de grens aan tusschen de twee bedoelde halfronden.

De groote landmassa dringt zich om de Noordelijke IJszee samen, die zich daarom op de globe, als eene binnenzee vertoont. Amerika strekt zich tot 71°50′, Europa tot 71°10′, Azië tot 77°42′ N.B. in deze binnenzee uit. Van uit het eigenlijke lichaam steekt deze landmassa drie armen naar het zuiden uit. Deze armen loopen aan hunne einden min of meer spits toe en eindigen op aanmerkelijken afstand van de zuidpool: Zuid-Amerika reikt slechts tot 56°, Tasmanië tot 43°40′, ja Afrika brengt het niet verder dan 34°51′ Z.B.

In betrekking tot de verschillende verlichtingsgordels zij opgemerkt, dat in den tropischen gordel (d. i. de gordel tusschen de keerkringen) nagenoeg $\frac{1}{2}$ % van de geheele landmassa voorkomt en wel bijna gelijk in noordelijk en zuidelijk halfrond verdeeld. De noordelijke middelgordel bevat de helft van al het vasteland op aarde; de zuidelijke daarentegen slechts bijna $\frac{2}{27}$ en dus $7\frac{1}{2}$ maal zoo weinig als de noordelijke.

Gelukkig komt slechts $^1/_{10}$ van de geheele landmassa in den poolgordel voor.

Waarom is dit laatste gelukkig te noemen?

Was de vastelandsmassa hoofdzakelijk gegroepeerd om de noordpool, de Oceaan heeft zijne grootste ontwikkeling in het zuidelijk halfrond. Tengevolge van de eenzijdige ligging is het mogelijk van eene zuidspits des vastlands naar de beide andere te reizen, zonder het land lang uit het oog te verliezen.

De Beringsstraat, die Amerika van Azië scheidt, is slechts $1\frac{1}{2}$ lengtegraad (d. i. in deze breedte 111 KM. — waarom in deze breedte?) breed en de Atlantische Oceaan vernauwt zich tusschen Groenland en Noorwegen tot 1500 KM. Hoe geheel anders is het aan de zuidspitsen van 't vastland gesteld. Kaap Hoorn is van kaap Agulhas 89, van de Zuidkaap, de zuidspits van Tasmania, 144 lengtegraden verwijderd, terwijl de afstand van Kaap Agulhas tot de Zuidkaap 137 lengtegraden bedraagt.

De langzame landvermindering van het noorden naar het zuiden wordt in de volgende tabel eenigszins aanschouwelijk gemaakt. De bovenste horizontale rij duidt de breedtegraden aan. De beide volgende wijzen aan hoeveel percent van de parallel op die breedte door land, hoeveel door water wordt ingenomen:

N.B.	60°	50°	40°	30°	20°	10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	Z.B.
Water	35	41	53	54	68	71	77	79	78	79	95	97	100	Water
Land	65	59	47	46	32	29	23	21	22	21	5	3	0	Land

Plaatst men 13 horizontale lijnen onder elkander, die elk een van de genoemde breedtegraden voorstellen en neemt men van de linkerkant uit op de eerste $^{35}/_{100}$, op de tweede $^{41}/_{100}$, op de derde $^{53}/_{100}$ enz., dan heeft men de tabel aanschouwelijk gemaakt. Op 60° N.B. is er dus nog meer land dan water, tusschen 50° en 40° N.B. keert de verhouding ten gunste van het water en op 60° Z.B. is het land verdwenen.

§ 8. Indeeling van de landmassa. De massa land vertoont zich als een in vele stukken verdeelde massa, continenten en eilanden — van deze laatste echter slechts $7.6\,^0/_0$ der geheele landoppervlakte. De landmassa vormt een **westelijk** en een **oostelijk geheel**, waarvan het eerste 31, het tweede $69\,^0/_0$ van al het land bevat. Tot het oostelijke is ook Australië gerekend, dat wel een afgesloten massa vormt, maar toch door een eilandenbrug met Azië is verbonden. Verder verdeelt men de landoppervlakte in 5 werelddeelen. Deze vijf zijn Europa, Azië, Afrika, Amerika en Australië. Het zoogenaamde zesde werelddeel, Adelia of het Zuidpoolland, laten we buiten beschouwing. Deze verdeeling berust niet op natuurlijke grondslagen. In de eerste plaats zijn er, zooals we later zullen zien, een geheele groep eilanden, die niet tot het eigenlijke vasteland gerekend kunnen worden, en in de tweede plaats is de verdeeling in vijven niet vrij te pleiten van willekeur.

Op de zelfstandigheid van Australië kan slechts in zooverre aanmerking gemaakt worden, dat men het in plaats van onder de continenten onder de eilanden zou kunnen rekenen. We dienen hier dus een grens te trekken tusschen de begrippen eiland en vastland. In vroegere tijden lag het onderscheid hierin, dat men eiland noemde, wat omgezeild kon worden. Past men dit echter heden ten dage toe, dan zijn zelfs de grootste continenten tot den rang der eilanden gedaald, uitgezonderd Groenland. Magalhaens toch voer in 1520 door de naar hem genoemde straat, Mac Clure ontdekte in 1854 de Noordwestpassage en Nordenskiold stevende uit den Atlantischen Oceaan ten noorden van Azië om naar de Beringsstraat. Een andere aanduiding van et begrip eiland ligt in de volgende bepaling: eiland is elke op zich zelf staande landmassa, waar zich in alle deelen de invloed van de zee op het klimaat doet gevoelen. Maar volgens dit begrip zou Madagaskar geen eiland zijn. Beter is het daarom zich aan de grootte te houden, daar eigenlijk de vastlanden door de overlevering tot zoodanig zijn gestempeld. Het kleinste vastland is dan Australië, dat door zijne geïsoleerde ligging, zijn om zoo te zeggen ouderwetsch voorkomen in dieren-, planten- en menschenwereld, om zijn scherp geteekend vastelandsklimaat alle afhankelijk met de overige werelddeelen beslist afwijst.

Tot verduidelijking ervan, hoe gemakkelijk zich hier de grootte als grens laat gebruiken, diene de volgende tabel, waar de grootte der vastlanden gegeven is zonder de eilanden:

Europa	164823 □ geogr. mijlen,	Azië	763000 □ geogr. mijlen,
Amerika	672550 □ geogr. mijlen,	Afrika	532300 □ geogr. mijlen,
Australië	138025 □ geogr. mijlen.		
Vergelijk hiermede	Groenland	36000 □ geogr. mijlen (?),	
	Borneo	13600 □ geogr. mijlen,	
	Nieuw-Guinea	12912 □ geogr. mijlen,	
	Madagaskar	10743 □ geogr. mijlen.	

Zonderen we het in ijsvelden gehulde en onbekende Groenland uit, dan is het kleinste vastland ongeveer 10 maal grooter dan het grootste eiland.

Heeft Australië dus recht op den eernaam van vastland, al schijnt het veel overeenkomst te hebben met een eiland, onder den naam Amerika nemen we twee landmassa's samen, die elk op zich zelf een vastland vormen. Reeds de vorm duidt het aan als een dubbel-continent. Maar wat meer is, tusschen Noord- en Zuid-Amerika bestaat ook geologisch geen verband. Wel is het verbindende Middel-Amerika bergachtig, maar de bergen zijn van geheel anderen aard, dan de trotsche Cordilleras van het zuiden of het Mejicaansche plateau, dat den zuidelijken hoeksteen vormt van het noorden. Op verscheidene plaatsen is de westelijke bergwal geheel afgebroken. De gesteenten, waaruit de gebergten van Noord- en Zuid-Amerika bestaan verdwijnen geheel en maken plaats voor vulkanische en andere. De waterscheiding ligt aanmerkelijk lager: op de Landengte van Tehuantepec op 208 meter, bij de haven van Brito op 46 M. (13 meter boven het Nicaraguameer), tusschen Panama en Aspinwall op 87 M., op de Landengte van Darién op 142 M., zuidelijker op 154 M. Welk

een geheel ander bergland dan het Rotsgebergte van de Vereenigde Staten of de Andes van Peru en geheel Zuid-Amerika. In werkelijkheid eindigt Noord-Amerika bij de Landengte van Tehuantepec en Zuid-Amerika bij de Atrato, eene zijrivier van de Magdalena, of wil men bij de landengte van Panama: deze landengten zijn niet minder scherpe grensscheidingen dan die van Suez tusschen Afrika en Azië. En we zijn zeker niet ver meer verwijderd van het oogenblik, dat ook hier een kanaal de wateren van den Atlantischen Oceaan met die van de Stille Zuidzee zal verbinden. Bovendien wijzen de visschen en de verdere zeefauna ter wederzijden van de landengte er op, dat we hier te doen hebben met eene jonge verbinding. Naar de landdieren te rekenen vormt de inzinking bij Tehuantepec de grens.

Meer in raadselen gehuld is de verbinding van Azië en Afrika door de Landengte van Suez. Ook deze bestaat uit jongere grondsoorten. Het noordelijk gedeelte is gevormd door bezinkingen uit het water der Middellandsche Zee, het zuidelijk door aanspoelingen van de Roode Zee, terwijl ook het Nijlslib zijn aandeel tot vorming ervan leverde. In zooverre kan men dus besluiten tot eene verbinding in de laatste tijdperken der aardgeschiedenis ontstaan. Doch hiermede direct in tegenspraak is het verschil, dat er bestaat tusschen de dierenwereld van de Middellandsche Zee en die van de Roode Zee. Daar er na het graven van het Kanaal van Suez langzame vermenging van de twee dierenwerelden plaats heeft, moet er noodwendig vóór het nederleggen der bezinksels door Middellandsche Zee, Nijl en Roode Zee eene scheiding bestaan hebben. Misschien vinden we een overblijfsel van deze vaste barrière in de gipsbank, die ten zuiden van de Bittermeren wordt aangetroffen.

Zoo zagen we Australië volkomen geïsoleerd, de beide Amerika's en Azië en Afrika door jonge landengten vereenigd, maar Europa verschijnt wat vorm aangaat eenvoudig als een naar het westen vooruitdringend schiereiland van Azië. Geen smalle landengte vormt hier de verbinding maar een breede vlakte gesteund door het Oeral-gebergte. Wel is deze vlakte ook van jongeren datum, maar voor zij gevormd was, bestonden er van Europa slechts kleinere stukken, terwijl van de beide Amerika's en van Afrika aanmerkelijke deelen boven den waterspiegel uitstaken.

Inderdaad berust de zelfstandigheid van Europa als werelddeel niet in zijn vorm, maar in den eigenaardigen, hoogen beschavingstoestand zijner bewoners. Hieruit blijkt, dat de verdeeling van de landmassa in werelddeelen, op sommige plaatsen eene zaak van overlevering is. De natuurlijkste grens van Europa in het oosten loopt langs het Oeral gebergte, de Kaspische Zee en de Manytsch-laagte, die het Kaukasus-gebergte in het noorden bepaalt; de staatkundige grens is eene geheel andere. (Wijs die aan op de kaart.)

Nemen wij Europa als zelfstandig werelddeel en niemand zal dit wraken, dan hebben de noordelijke continenten een eigenaardigen vorm tegenover de zuidelijke, en wel deze, dat ze in drie schiereilanden naar den aequator eindigen: Noord-Amerika bezit Neder-Californië, Mejico (dat door de vergroeiing met Zuid-Amerika zijn natuur als schiereiland verloren heeft) en Florida, Europa bezit het Pyreneesche, het Apennijn-

sche en het Balkan-Schiereiland en Azië eindigt in Arabië, Voor-Indië en Achter-Indië. De bouw der zuidelijke continenten is naar het zuiden pyramidaal; bij Australië is deze bouw door de afscheiding van Tasmanië nagenoeg verloren gegaan. Opmerkelijk is de overeenkomst in vorm van de westkust der zuidelijke continenten, waar zich een vlakke bocht vertoont, die van west naar oost steeds grooter wordt (Golf van Arica, van Guinea en de Austraalgolf). Tegenover een noordelijk continent ligt een zuidelijk (Noord-Amerika-Zuid-Amerika, Europa-Afrika, Azië-Australië).

Wat betreft de uitbreiding naar de parallellen bestaat er een tamelijk verschil tusschen de oostelijke en de westelijke landmassa.

Op 50° N.B is Amerika 725 geogr. mijlen, Europa en Azië 1450 geogr. mijlen breed,
Op 40° N.B. is » 575 » » , » » 1620 » » »
Op 30° N.B. is » 450 » » , » » 1690 » » »

De oostelijke landmassa heet ook wel Oude Wereld, de westelijke Nieuwe Wereld. Australië behoort volgens zijn ligging tot de Oude, volgens de ontdekking tot de Nieuwe. Het spraakgebruik duidt onder Nieuwe Wereld alleen Amerika aan.

§ **9. Indeeling van de watermassa.** De officieele indeeling van de wereldzee, die in tegenstelling van de landmassa een samenhangend geheel vormt, geeft ook 5 verschillende oceanen aan. Deze indeeling dagteekent van het jaar 1845. Om een einde te maken aan de verwarring, die er in de benaming van de oceanen heerschte, stelde eene Commissie van het Aardrijkskundig gezelschap te Londen vast, dat de poolcirkels de aequatoriaalgrenzen zouden vormen van de Poolzeeën.

Wat noemt men een aequatoriaalgrens, wat een poolgrens? Welk voordeel heeft het om deze namen te gebruiken in plaats van noord- en zuidgrens? Kunt ge ook een geval bedenken, waarin het beter is deze laatste namen te gebruiken?

De Atlantische Oceaan zou bepaald zijn door den noordpoolcirkel, de oostkust van Amerika, de westkust van Europa en Afrika en verder, tot aan den zuidpoolcirkel, door de meridianen van Kaap Hoorn (67° W.L. v. Gr.) en van Kaap Agulhas (20° O.L. v. Gr.) De Indische Oceaan grensde aan Afrika's oostkust, den meridiaan van Kaap Agulhas, de zuidkust van Azië, de eilandenwereld van Insulinde, de west- en zuidkust van Australië, den meridiaan van de Zuidkaap (147° O.L. van Gr.) en den zuidpoolcirkel. Het overblijvende watervlak tusschen Azië, Australië en Amerika kreeg den naam van Grooten of Stillen Oceaan.

Laat ons zien, in hoeverre deze indeeling eene natuurlijke is. Het ligt voor de hand, dat meridianen en poolcirkels geen natuurlijke, maar in zeer hooge mate kunstmatige grenzen zijn. Natuurlijker wordt de indeeling, wanneer men onderzeesche ondiepten tot grondslag voor de begrenzing aanneemt of aan een of meer dezer oceanen een bepaald kenmerk toekent. Zoo is de zuidgrens van de Noordelijke IJszee door eene ondiepte aangegeven, die zich van Schotland, over de Faroër en IJsland naar Groenland uitstrekt (Zie Kaart XII); de Beringsstraat geeft oppervlakkig reeds een goede grensscheiding, die nog in waarde verhoogd wordt door de ondiepte, welke

daar voorkomt. Maar verder kunnen ondiepten ons weinig helpen. Daarom deelt Krummel de watermassa in drie oceanen, welke zich hierdoor onderscheiden, dat elk een zelfstandig systeem van zeestroomen bezit, n.l. den Atlantischen, den Grooten en den Indischen Oceaan. De Zuidelijke IJszee is dientengevolge geschrapt, ofschoon we van hare stroomen nog weinig weten, de Noordelijke is tot een deel van den Atlantischen Oceaan gedaald. Bij het begrip van IJszee denken we onwillekeurig aan een zee bedekt met ijs. In dat geval zou de Noordelijke IJszee in het zuiden bepaald worden door eene onregelmatige lijn, die op 40° N.B. in de lengte van New-Foundland begint en, ten zuiden van Groenland en het Beren-eiland langs, bij Kola de Europeesche kust bereikt (Zie Kaart XI). Ook de Zuidelijke IJszee zou zich dan ver over den zuidpoolcirkel uitbreiden. **Geen andere grondslag dan de kunstmatige levert dus eene besliste indeeling, en daarom is nog altijd de verdeeling van 1845 de meest geschikte.**

Ten opzichte van den vorm en de ligging onderscheidt men de Zuidelijke IJszee als circumterranen (door de vastelandsmassa omgeven) oceaan, tegenover de andere intercontinentale (in de landmassa gedrongen). De Atlantische Oceaan verschijnt als een groot dal tusschen Amerika te eener, Europa en Azië te anderer zijde, om het evenwijdig verloop der kust. Onder den aequator is hij breeder dan in het noordelijk halfrond (afstand Noorwegen-Groenland 200 geogr. mijlen, Ierland-Labrador 400 geogr. mijlen, Sierra Leona-San Roque 450 geogr. mijlen). Naar 't zuiden wordt de breedte grooter.

Is de Atlantische Oceaan in het midden het diepst (Zie Kaart XII)?

Heeft hij dan den vorm van een dal?

De Groote Oceaan is evenzeer het breedst onder den aequator (Beringsstraat 15 geogr. mijlen; Tokio-San Francisco 1150 geogr. mijlen; Philippijnen-Columbia 2350 geogr. mijlen; Sydney-Valparaïso 1700 geogr. mijlen). De grootte der Oceanen vindt men bij de behandeling van den hydrospheer (Zie par. 106).

De Groote Oceaan is grooter dan al het land der aarde, het verschil is gelijk aan de oppervlakte van Azië, de Noordelijke IJszee is grooter dan Europa.

Ten opzichte van de namen der wereldzeeën zij opgemerkt, dat de Atlantische Oceaan zijn naam heeft ontvangen naar een door de ouden vermoed groot eiland, Atlantis genaamd, dat echter later bleek niet te bestaan. De naam Groote Oceaan is van Balboa, die in 1513 aan de westzijde van de Landengte van Panama 't eerst den Oceaan aanschouwde. Magalhaens noemde hem Stille Oceaan. De Ouden duiden het noorden aan als gelegen in de richting van het sterrebeeld Groote Beer of Arctos (de bekende zeven sterren); vandaar voor Noordpoolzee ook den naam Arctische Zee (in het Fransch beteekent noord nog septentrionaal = in de richting der zeven sterren). Het voorvoegsel ant, in Antarctische Oceaan, beteekent tegenover, aan de andere zijde.

§ 10. Voor- en nadeel van de verhouding tusschen land en water. Het kan natuurlijk niet de vraag zijn of de land- en watermassa beter te

verdeelen ware geweest, om de ontwikkeling van den mensch te bevorderen. Zooals we later zullen zien, is deze ontwikkeling echter het gevolg van vele factoren, die de aarde haar tegenwoordig voorkomen hebben gegeven, en door een dezer factoren in de gedachte te wijzigen, zouden de overige niet dezelfde blijven. We bepalen ons er dus alleen toe, zeer kort na te gaan, welke voor- en nadeelen de tegenwoordige verdeeling en groepeering der landmassa heeft. In de eerste plaats dus de verdeeling. Het water is een der eerste levensbehoeften van mensch, dier en plant; zonder water geen organisch leven (denk aan de woestijnen!). Dit water heeft, zooals we later zullen zien, zijn oorsprong in den Oceaan en hoe grooter deze dus is, hoe meer aan de eerste behoefte van mensch en dier kan voldaan worden. Thans nu de landoppervlakte slechts $\frac{1}{3}$ der wateroppervlakte uitmaakt, zijn er nog streken, die door watergebrek onbewoonbaar zijn, hoeveel te meer zou dit het geval zijn, indien de verhouding omgekeerd ware. In de tweede plaats is de zee voor ontwikkelde volken het verbindende element; hoe meer zee dus hoe beter, en in dit opzicht is de samenhang der wereldzeeën van groot belang.

Kunt ge een voorbeeld geven, dat het water voor onontwikkelde volken het scheidende element is?

Ten derde komen we tot de groepeering. De dalvorm van den Atlantischen Oceaan was uitstekend geschikt om het verkeer tusschen de Oude en de Nieuwe Wereld te bevorderen. Een reis van Liverpool naar New-York duurt slechts 11 dagen. Bovendien dringt deze Oceaan diep in het land (Ierland-St. Petersburg 350 geogr. mijlen, Gibraltar-Azof 500 geogr. mijlen, denk verder aan de Caraïbische Zee met de Golf van Mejico en aan de Hudsonsbaai), zoodat vele volken zich aan zijne oevers konden neerzetten en vele landplaatsen nu nog onder invloed van de kust staan, wat bij minder onregelmatige kustlijn niet zoo zou zijn. De wegen van dezen Oceaan naar de Arctische Zee zijn uit een handelsoogpunt van minder belang. De Groote Oceaan is in dit opzicht minder gunstig gevormd, maar daar deze met eilanden is bezaaid, ontmoet de zeeman daar tal van stations.

Ten vierde ligt er een voordeel in de verbrokkeling der landmassa. Door deze massa in deelen te splitsen, kan de zee op veel meer plaatsen haren invloed doen gevoelen dan anders het geval zou zijn.

Zouden er meer of minder woestijnen zijn als Amerika tegen Europa was gelegen?

In sommige opzichten werkt de vorm der landmassa tegenwoordig hinderlijk en de mensch begint zich er op toe te leggen om eenige correctie aan te brengen: de Landengte van Suez heeft hij doorgestoken om niet den langen weg om Afrika's zuidpunt te moeten afleggen, en weldra zal ook de Landengte van Panama geen hinderpaal meer voor het verkeer zijn.

DE ATMOSPHEER.

HOOGTE EN SAMENSTELLING.

§ **11. Hoogte en vorm.** Van de in paragraaf 5 genoemde deelen, beschouwen we in de eerste plaats den atmospheer. Deze omhult het vastere gedeelte der aarde, dat uit land en water bestaat, tot op eene hoogte, die niet kan aangegeven worden. Natuurlijk zal het echter ieder voorkomen, dat de atmospheer zich niet verder kan uitstrekken, dan tot daar waar de middelpuntvliedende kracht gelijk is aan de aantrekkingskracht van de aarde.

Wanneer toch een luchtdeeltje omhoog stijgt, dan zal de draaiingssnelheid ervan toenemen en daarmede de middelpuntvliedende kracht (Zie v. d. Stadt I par. 17). Hoe hooger het komt, hoe grooter wordt die centrifugale kracht. De aantrekkingskracht daarentegen verzwakt in reden als de vierkanten van de afstanden tot het middelpunt der aarde. De eene kracht groeit dus aan, de andere vermindert, en er zal dus een afstand zijn, welke een luchtdeeltje niet kan overschrijden, of zijn verband met de aarde wordt verbroken en het raakt verloren in de oneindige wereldruimte.

Deze grens is echter slechts die, welke de limiet van mogelijke uitbreiding voorstelt. Volgens Laplace ligt zij onder den aequator op eene afstand van 35677 kilometer (4808 geogr. mijl = 5,6 aardstraal) van de oppervlakte der vaste aarde. De verschijnselen, die wij in den atmospheer waarnemen, hebben echter op veel geringer hoogte plaats, en wel voornamelijk hierdoor, dat de dichtheid der lucht met hare hoogte afneemt.

Wanneer men de dichtheid van den atmospheer aan de oppervlakte der aarde = 1 stelt, dan wordt zij op eene hoogte van 5513 meter aangeduid door 0.5 en op eene hoogte van 60 kilometer door 0,0003. In zoo ijle lucht merken wij de verschijnselen niet meer op.

Op 11 kilometer hoogte is de lucht dan ook reeds zoo ijl, dat de mensch er niet voldoende meer in kan ademen. Dat is de grootste hoogte, die luchtreizigers hebben bereikt en hooger kan de mensch niet stijgen, tenzij hij middelen wete te bedenken om een voldoenden voorraad lucht, voor ademhaling geschikt, mede naar boven te nemen.

De lichtterugkaatsingen in den atmospheer, en wel die, welke wij onder den naam morgen- en avondschemering kennen, veroorloven bij benadering de hoogte van dat gedeelte te bepalen, waarin de verschijnselen plaats hebben, die wij

opmerken. Daar de schemering eindigt, als de zon 16° onder den horizon is gezonken, moeten de lichtstralen in eene hoogte van ongeveer 60 à 70 kilometer teruggekaatst worden. **De verschijnselen echter, die in de natuurkundige aardrijkskunde besproken worden, komen in lagen voor, die niet hooger zijn dan 15 à 20 kilometer.**

Is de grens van den atmospheer niet te bepalen, dan moet de vorm evenzeer onbekend zijn. Intusschen kan men vaststellen, dat ook bij de luchtmassa eene afplatting aan de polen en eene zwelling aan den aequator plaats heeft.

§ **12. Samenstelling.** Vroeger meende men, dat de lucht eene eenvoudige stof was, namelijk een van de vier elementen, waaruit het heelal bestond. De onderste lagen waren meer van aardsche, de bovenste meer van een hemelsche natuur. Eerst in het laatst der vorige eeuw ontdekten Scheele en Lavoisier, dat dit niet het geval was. De lucht bleek evenmin eene verbinding te zijn, maar een mengsel, dat hoofdzakelijk uit twee gassen, stikstof en zuurstof, bestaat. Deze beide gassen vormen de noodzakelijke samenstellende bestanddeelen. Ten opzichte van het volume verhoudt de stikstof zich tot de zuurstof als 79 tot 21, ten opzichte van het gewicht als 77 tot 23. Behalve deze noodzakelijke of hoofdbestanddeelen bevat de lucht in meerdere of mindere mate nog toevallige bestanddeelen en wel waterdamp, koolzuur, salpeterzuur, ammoniak en organische stoffen. Over het gehalte aan waterdamp wordt later gesproken. Koolzuur is altijd in de lucht aanwezig, het meest in die streken, welke sterk bevolkt zijn en waar veel verbranding plaats heeft. Ook bevindt het zich meest in de onderste lagen.

Is daar ook een reden voor? In den Hondsgrot bij Napels rust op den bodem eene laag lucht van een halven meter, die sterk met koolzuur vergiftigd is.

Over 't algemeen zijn in 10000 liter lucht 3.43 liter koolzuur voorhanden. Te Palermo bevatte de lucht in de maanden Februari, Maart, April en Mei 1879, waarin 173 mm. regen viel, op elke 100 liter

20.171 L. zuurstof,
0.033 " koolzuur,
0.008 gram ammoniak,
0.102 " organische stoffen en
geen salpeterzuur.

In de droge maanden Juni, Juli en Augustus vond men gemiddeld op 100 liter lucht:

20.920 liter zuurstof,
0.039 " koolzuur,
eenige sporen van salpeterzuur,
0.009 gram ammoniak,
0.160 " organische stoffen.

Regen wascht dus de lucht, d. i. vermindert het gehalte aan koolzuur, salpeter-

zuur, ammoniak en organische bestanddeelen. Daardoor is de regen voor den gezondheidstoestand van het grootste belang. De atmospheer neemt de uitdampings- en uitwasemingsproducten der aardoppervlakte op en wordt daarom zeer terecht ook met den naam van dampkring aangeduid.

VERWARMING DER AARDOPPERVLAKTE.

§ 13. **Warmtebronnen.** Licht en warmte zijn hoofdfactoren om de aarde voor den mensch bewoonbaar te maken. Ze zijn tot op zekere hoogte niet van elkander te scheiden. De bronnen, die ons de warmte leveren zijn:

1°. de zon. Deze is onze voornaamste warmtebron. De hoeveelheid, die zij ons per jaar toezendt is voldoende om een sneeuwlaag te ontdooien, die de geheele aardoppervlakte ter hoogte van ruim 30 meter bedekt.

2°. de sterren. Deze hebben alleen in zoo verre invloed op de temperatuur der aarde, als de door hen uitgestraalde warmte de temperatuur van de wereldruimte verhoogt. Daar echter altijd dezelfde hoeveelheid wordt gegeven aan de voor ons waarneembare deelen, is de invloed der sterren moeielijk na te gaan en loopen de meeningen der geleerden daarover zeer uiteen.

3°. de maan. Deze kaatst het van de zon ontvangen licht naar de aarde terug en verhoogt daardoor eenigszins de temperatuur van deze laatste. Dit geschiedt echter in zeer geringe mate. Waarnemingen gedurende 114 jaren gedaan, wijzen eene gemiddelde temperatuursverhooging van 0,2° C. aan bij volle maan.

De eigen warmte der aarde komt niet in aanmerking als invloed tot temperatuursverhooging van den atmospheer.

§ 14. **Mededeeling der warmte.** Daar dus maan en sterren voor ons een geringen invloed op de temperatuur hebben, blijft de zon als hoofdfactor over. Deze warmtebron bevindt zich echter niet alleen op zeer grooten afstand van de aarde, maar ook moeten hare stralen om de aardoppervlakte te bereiken een korteren of langeren weg door den dampkring afleggen. Het is van belang na te gaan, wat er met die stralen gebeurt en op welke wijze de atmospheer door de zon verwarmd wordt.

Het eenvoudigst zou die verwarming plaats hebben, wanneer de dampkring rechtstreeks de warmte van de zonnestralen overnam. Dit is echter niet het geval. Lucht behoort tot die stoffen, welke de warmtestralen doorlaten zonder veel van de warmte over te nemen. Zoodanige stoffen noemt men diathermaan. Stikstof en zuurstof zijn echter niet absoluut diathermaan: ze nemen nog wel eenige warmte van de doorgaande stralen over, zij nemen er dus eenige van op. De overige stralen bereiken de oppervlakte der aarde. Hier worden zij gedeeltelijk teruggekaatst.

De teruggekaatste leggen dus ten tweedemale een weg door den dampkring af. Bij dien tweeden doorgang worden er weer eenige stralen door de lucht opgenomen (geabsorbeerd); maar het grootste gedeelte bereikt de buitenste lagen van den atmospheer en verzwindt in de oneindige ruimte van het heelal. Het gedeelte, dat wel door de aardoppervlakte werd ontvangen, maar niet teruggekaatst, dus dat door den bodem, hetzij die uit water of uit land bestaat, werd geabsorbeerd, bewerkt eene temperatuursverhooging van dien bodem. De verwarmde aardoppervlakte verschijnt nu op hare beurt weer als warmtebron en wel eene die op twee wijzen haren invloed doet gelden. In de eerste plaats straalt zij warmte uit en verwarmt daardoor den geheelen dampkring, in de tweeds plaats deelt zij hare warmte door geleiding aan de onderste luchtlagen mede; de laatste invloed is voor ons de belangrijkste.

We komen dus tot de slotsom, **dat de dampkring in het algemeen verwarmd wordt:**

1e. **door de zonnestralen op hunnen weg van de zon naar de aarde,**

2e. **door de teruggekaatste stralen op hunnen weg van de aardoppervlakte naar de oneindige ruimte** en

3e. **door de stralen, die het verwarmde aardoppervlak uitzendt.**

Daar de lucht in hooge mate diathermaan is, en de temperatuur der wereldruimte zeer laag wordt geschat (— 140° C.), behoudt de dampkring eene lage temperatuur. **De onderste luchtlagen daarentegen bezitten eene hoogere temperatuur: zij ontvangen door geleiding warmte van de aarde.**

Bij deze beschouwing hebben we den invloed van den waterdamp, die altijd in den dampkring aanwezig is, buiten rekening gelaten, om op haren invloed afzonderlijk de aandacht te vestigen. Waterdamp is niet zoo diathermaan als zuurstof en stikstof en gedraagt zich tegenover alle warmtestralen niet op gelijke wijze.

De warmtestralen worden namelijk verdeeld in lichte en donkere. De eerste worden afgezonden door voorwerpen, die tevens licht verspreiden, zooals de zon, de maan, eene lamp, het vuur enz. De laatste komen van voorwerpen, die donker zijn, zooals de kachel, de wanden van een fornuis en het verwarmde aardoppervlak. Ten opzichte van de doorlating van deze beide soorten van warmtestralen gedragen sommige stoffen zich zeer bijzonder. Glas bijvoorbeeld laat wel lichte door maar geen donkere. De warme zonnestralen brengen dus hunne verkwikking tot in onze kamers en verwarmen daar de verschillende voorwerpen. Deze stralen nu op hunne beurt ook warmte uit, maar de stralen door hen afgegeven zijn donker en worden door glas niet doorgelaten. Glazen schermen beveiligen dus tegen te felle kachelhitte maar niet tegen te felle zonnewarmte.

Waterdamp nu laat de lichte warmtestralen minder goed door, maar de donkere worden bijna alle geabsorbeerd. De stralen, die door de zon naar de aarde worden afgezonden, ondervinden dus eenige hindernis, maar de donkere stralen, die van de aarde uitgaan, worden alle door den waterdamp geabsorbeerd. Daar de waterdamp nu vooral in de onderste lagen van den atmospheer voorkomt, is dit eene tweede reden, waardoor de temperatuur van die onderste lagen aanmerkelijk hooger moet

zijn, dan die van het overige gedeelte des dampkrings. De waterdamp werkt dus als een scherm, dat de zonnestralen grootendeels doorlaat, maar de stralen door de aarde afgezonden tegenhoudt, men kan haar vergelijken met het glas van eene broeikas.

Door welke redenen is nu het onderste deel van den dampkring warmer dan het bovenste?

Waarom is het 's winters dikwijls aangenaam warm in eene kamer, waar de zon op de ruiten staat, terwijl het buiten in het zonnetje zelfs vriest?

Moeielijk gaat het de absorptie in getallen aan te geven, aangezien deze nog van zoovele omstandigheden afhangt. Men rekent echter, dat wanneer de stralen den kortst mogelijken weg door den dampkring afleggen, er ongeveer ¼ van door den dampkring wordt opgezogen. Vallen de zonnestralen schuin, dan worden er meer geabsorbeerd; want dan leggen zij langer weg door den dampkring af. Daarom kunnen we zonder moeite naar de opkomende of de ondergaande zon zien, ofschoon we midden op den dag het scherpe zonnelicht niet konden trotseeren. Daardoor verwarmt de ondergaande zon een muur, waarop hare stralen loodrecht vallen, maar weinig.

Hoe droger de lucht, hoe feller de zonneschijn. In het hooge Noorden is de lucht des zomers zeer droog. Bij walvischvaarders doet de zon vaak pik in de naden der schepen smelten, terwijl het in de schaduw vriest.

Aangezien de onderste lagen van den dampkring het dichtst zijn, zal daar het grootste verlies aan zonnewarmte plaats vinden. Op hooge bergen moet de zon dus feller branden, ofschoon de luchttemperatuur er gering is. Reizigers verhalen dan ook, dat de zonnegloed op hunne handen en hun aangezicht pijnlijk werkte, terwijl ze met de voeten in de sneeuw stonden. De thermometer rijst op het gebergte veel meer, wanneer hij aan de zon wordt blootgesteld, dan in de vlakte.

Het volgende lijstje toont dit duidelijk. Wij zijn het aan E. Frankland verschuldigd.

Plaats.	Hoogte boven den zeespiegel.	Thermometergraden		Verschil.
		in de schaduw.	in de zon.	
Oatland Park	46 meter	30° C.	41.5° C.	11.5° C.
Riffelberg	2570 »	24.5	45.5	21
Hörnli	2890 »	20.1	48.1	28.1
Gornergrat	3140 »	14.2	47	32.8

De laatste kolom geeft het verschil aan, van 11.5° C. op 46 meter hoogte steeg dit tot 32.8° C. op 3140 meter hoogte.

§ **15. De grootte der zonnewarmte is afhankelijk van den zonneafstand.** In de natuurkunde wordt geleerd, dat de kracht der warmtestralen, die van één bron uitgaan, omgekeerd evenredig is met den afstand tot die bron. Bevond zich nu de zon altijd op denzelfden afstand van de aarde, dan zou de

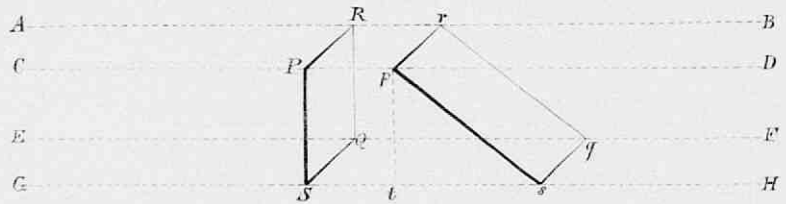
hoeveelheid warmte ons door haar toegezonden altijd even groot zijn. Maar de afstand, waarop wij ons van het middelpunt van ons zonnestelsel bevinden is niet altijd even groot, hij varieert tusschen 20,36 millioen en 19,7 millioen geogr. mijlen.

Gedurende de maand Januari is de afstand het geringst. Dan hebben dus de zonnestralen hunne grootste intensiteit. Het noordelijk halfrond heeft dan winter, het zuidelijk zomer. In Juli is de afstand het grootst, dan hebben dus de zonnestralen de minste intensiteit. Het noordelijk halfrond heeft dan zomer, het zuidelijk winter. In den zomer zijn dus bij ons de zonnestralen minder fel, dan bij voorbeeld in het Kaapland, gedurende den zomer. Men beweert, dat lieden die zich van het noordelijk naar het zuidelijk halfrond hadden begeven en zich daar plotseling uit den schaduw in het volle licht verplaatsten, dit konden bemerken.

Was nu het zomerhalfjaar van het noordelijk halfrond even groot als het zomerhalfjaar van het zuidelijk halfrond, dan ontving dit laatste gedurende zijn zomer meer warmte dan het eerste gedurende den zijnen. Door de excentriciteit van de aardbaan duurt echter de noordelijke zomer 8 dagen langer dan de zuidelijke, waardoor het verschil eenigszins wordt opgeheven. De gevolgtrekking ligt nu voor de hand, **dat het zuidelijk halfrond een warmeren ofschoon korteren en het noordelijk een koeleren ofschoon langeren zomer heeft. In werkelijkheid is het niet zoo**, omdat de warmteverdeeling op aarde niet alleen van den afstand der zon afhankelijk is.

§ 16. De grootte der zonnewarmte is afhankelijk van den hoek, waaronder de zonnestralen de aardoppervlakte bereiken.

Fig. 1.



Laat in fig. 1 de lijnen AB, CD, EF en GH de grenzen van een bundel zonnestralen voorstellen. Plaatsen we daarin eerst het vlak $PQRS$ loodrecht op de richting der stralen. De medegedeelde warmte zal zich dan over het vlak verspreiden.

Noemen we de hoeveelheid medegedeelde warmte M, dan zal elke vlakteeenheid daarvan ontvangen eene hoeveelheid m, gelijk aan

$$\frac{M}{PS \times PR}.$$

Nemen we nu dit vlak weg en plaatsen we een ander vlak $pqrs$ schuin in den

stralenbundel. Ook dit vlak zal de geheele hoeveelheid M ontvangen, maar deze moet nu verdeeld worden over $ps \times pr$ vlakte-eenheden en dus zal elke vlakte-eenheid er van ontvangen eene hoeveelheid $m' =$

$$\frac{M}{ps \times pr}$$

Nu is $PR = pr$, dus $m' : m = \frac{1}{ps} : \frac{1}{FS}$ of als $PS : ps$. Maar $PS = pt$ en dus kan men voor de laatste verhouding ook lezen $pt : ps$. In den rechthoekigen driehoek pts is pt de rechthoekszijde tegenover hoek s en ps de hypothenusa; het quotiënt van deze beide noemt men den *sinus* van hoek s. Deze hoek is die, waaronder de zonnestralen op het vlak $pqrs$ vallen. We krijgen dus den volgenden regel:

De hoeveelheden warmte, die aan een vlakte-eenheid worden medegedeeld, verhouden zich als de sinussen van de hoeken, waaronder de zonnestralen op het vlak vallen.

Voor hem, die moeielijkheid heeft het woord sinus goed op te vatten, kan men ook door de volgende redeneering tot een algemeenen regel komen. Hoe schuiner men het vlak $pqrs$ plaatst, hoe grooter gedeelte zal in den stralenbundel vallen. Dezelfde hoeveelheid warmte M zal dus over een grootere vlakteruimte verspreid worden en elk deel wordt dus minder verwarmd. Verbeelden we ons nu, dat het vlak zijne zelfde ligging behoudt, maar de zonnestralen nu eens loodrecht dan schuin er op vallen, dan krijgen we als slotsom: hoe schuiner de zonnestralen op een vlak vallen, hoe minder warmte geven ze.

Vallen dus de zonnestralen schuin op het aardrijk dan vermindert het warmte-effect om twee redenen:

1e omdat dezelfde bundel grooter vlak verwarmt,

2e omdat de stralen grooter weg door den dampkring afleggen.

Daar nu de zonnestralen over 't algemeen schuiner op de aarde vallen, naarmate men zich van den aequator verwijdert, m. a. w. naarmate de geographische breedte van eene plaats toeneemt, zoo komen we tot den volgenden regel: **De temperatuur van eene plaats op aarde hangt af van hare geographische breedte.**

§ **17. Jaargetijden.** De aarde is in bijzondere positie tegenover de zon geplaatst. Door het hellen der aardas op ~~het aequatorialvlak~~ de ecliptica ontstaat eene verplaatsing van de zon voor de aardbewoners. Daaruit volgt voor eene zelfde plaats op aarde een verschil tusschen de lengten van den dag op de verschillende tijden des jaars en tevens een verschil in hoogtestand van de zon. Zoodoende ontstaat de afwisseling in temperatuur, die den grondslag vormt van onze verdeeling in jaargetijden. Het zuidelijk halfrond heeft uit den aard der zaak juist het tegenovergestelde jaargetijde als het noordelijk.

§ **18. Verlichtingsgordels.** Toen men nog in de meening verkeerde, dat de stand der zon de eenige factor was, die het temperatuursverschil tusschen de verschillende deelen der aarde bewerkte, heeft men zoowel het noordelijk als het zuidelijk halfrond in drie zoogenaamde klimaatgordels verdeeld. Daar echter thans gebleken is, dat de verdeeling van de temperatuur aan de aardoppervlakte een veel meer samengesteld verschijnsel is, zoo kunnen deze gordels niet meer als klimaatgordels gelden. Ze hebben evenwel nog waarde en verdienen daarom behouden te blijven, mits onder een anderen naam. In navolging van Supan noemen we ze verlichtingsgordels, omdat ze aanduiden, hoe de aarde door de zon wordt verlicht. De grenzen van deze gordels worden gevormd door de keerkringen en de poolcirkels. We krijgen dus 3 zulke gordels voor elk halfrond en wel

1e den tropischen gordel tusschen aequator en keerkring. Hier hebben de bewoners de zon minstens eenmaal in 't jaar in 't zenith.

2e den middelgordel tusschen keerkring en poolcirkel. Hier hebben de bewoners de zon nooit in top en heeft er elke 24 uur afwisseling van dag en nacht plaats.

3e den poolgordel. Hier duurt de dag of de nacht langer dan 24 uur. De duur van den nacht wordt door de schemering verkort: het minst in den eersten, het meest in den laatsten gordel.

§ **19.** Resumeeren we, dan vinden we: **De mededeeling van de zonnewarmte staat onder invloed**

1e **van de diathermaniteit van den dampkring,**

2e **van den afstand tusschen zon en aarde,**

3e **van den hoek, waaronder de zonnestralen de aardoppervlakte bereiken of van de geographische breedte,**

4e **van de wisseling der jaargetijden.**

§ **20. De invloed van de aardoppervlakte zelve.** Daar de onderste lagen van den atmospheer hare warmte, zooals we gezien hebben, voornamelijk door geleiding van den bodem ontvangen, moeten we thans nagaan, welken invloed de gesteldheid van dien bodem op de verwarming en verkoeling ervan uitoefent. In de eerste plaats noemen we het absorbeerend vermogen. Sommige stoffen nemen van de hoeveelheid warmte, die haar wordt medegedeeld een groot gedeelte op, en kaatsen een klein gedeelte terug; andere doen juist omgekeerd. Gladde oppervlakten kaatsen over 't algemeen veel terug, doffe daarentegen nemen veel op. Vandaar dat het bij stil weer en zonneschijn zoo warm op het water is. Tuinaarde neemt meer op dan zandgrond.

De soortelijke warmte. Door soortelijke warmte verstaat men de hoeveelheid warmte, die noodig is om 1 kilogram van zekere stof één graad in temperatuur te doen rijzen (zie v. d. Stadt I § 78). Nu is de soortelijke warmte van water

tweemaal zoo groot als die van de vaste aardkorst. Een zelfde hoeveelheid warmte zal dus de vaste aardkorst veel meer in temperatuur doen stijgen dan het water. Maar door uitstraling van eene zelfde hoeveelheid warmte zal het water ook minder in temperatuur dalen. De soortelijke warmte van zand is geringer dan die van bouwgrond; dus zal ook zand spoediger verwarmd en spoediger afgekoeld worden dan bouwgrond.

Het geleidingsvermogen. Hoe grooter het geleidingsvermogen van den bodem is, des te spoediger dringt de warmte er in; zij blijft dan niet tot de oppervlakte bepaald. Stoffen met gering geleidingsvermogen worden dus aan hare oppervlakte sterker verwarmd dan andere. Daardoor deelt de warmte der onderste lagen der lucht zich slechts langzaam aan de hoogere mede. Daardoor hebben ook alle stoffen, die veel lucht bevatten, een gering geleidingsvermogen. Sneeuw noemen we hier in de eerste plaats, daar dit hieraan juist de eigenschap ontleent, dat het de jonge plantjes, door haar bedekt, tegen de strenge vorst beschut. Ook het geleidingsvermogen van water is gering.

Welke redenen hebben we nu ontmoet, waardoor de onderste luchtlagen warmer zijn dan de bovenste?

De verdamping. Water gaat op alle temperaturen in damp over. Bij het verdampen wordt echter eene groote hoeveelheid warmte verbruikt, ongeveer 536 caloriën. (Zie voor de beteekenis van het woord calorie, v. d. Stadt I § 77). Door die verdamping wordt dus het overblijvende water aanmerkelijk afgekoeld. Vochtige gronden zijn daarom bij warm weder steeds koeler dan droge. Zandgronden, die doorgaans zeer weinig water bevatten, worden daarom spoediger door de zon verwarmd dan bouwgrond.

Het uitstralingsvermogen. Evenals de stoffen in verschillende mate de warmte opnemen, wanneer haar warmte toegevoegd wordt, stralen ze ook in verschillende mate de warmte uit. Het uitstralingsvermogen is afhankelijk van het verschil tusschen de temperatuur van het lichaam en die der omgeving; hoe grooter dit verschil, hoe grooter de uitstraling. Zij wordt verder bepaald door den aard van het oppervlak; over 't algemeen is zij groot bij gladde, kleiner bij doffe lichamen. Natuurlijk hangt de uitstraling ook af van het geleidingsvermogen. Is een stof goed geleidend, dan zal bij uitstraling de warmte, om zoo te zeggen, van het inwendige spoedig naar de oppervlakte terugkeeren, wanneer deze door uitstraling afgekoeld is. Gebeurde dit niet, dan zou het verschil tusschen lichaamsoppervlak en omgeving weldra te klein zijn om de uitstraling te onderhouden.

We zien dus, dat de gesteldheid van den aardbodem van grooten invloed is op de verwarming.

TEMPERATUUR VAN DEN DAMPKRING.

§ 21. Gemiddelde temperatuur. Onder de temperatuur van den dampkring, doorgaans kortweg de temperatuur genoemd, verstaat men de aanwijzing van den thermometer, welke vrij in de lucht hangt, buiten invloed van alle verwarmende of verkoelende omstandigheden. Om de temperaturen van de verschillende plaatsen te kunnen vergelijken, moeten de waarnemingen stelselmatig plaats hebben en om ze gemakkelijk te overzien, moet men ze in bepaalde groepen vereenigen. Neemt men den stand van den thermometer gedurende eenen geheelen dag van uur tot uur op en deelt de som van de uitkomsten der waarnemingen door 24, dan verkrijgt men een getal, dat de gemiddelde temperatuur van den dag aanwijst. Deelt men de som van de gemiddelde dag-temperaturen van een maand door hun aantal, dan verkrijgt men den gemiddelden temperatuur van die maand. Op gelijke wijze verkrijgt men de jaarlijksche gemiddelde temperatuur. Op deze wijze verkrijgt men temperatuurswaarden voor verschillende plaatsen van de aardoppervlakte en door deze met elkander te vergelijken komt men tot de kennis van de verdeeling der warmte.

Kon men echter geen andere getallen vertrouwen, dan die welke op bovenstaande wijze verkregen waren, dan zou het aantal te gering zijn om tot iets te besluiten. Men heeft echter opgemerkt, dat uit eene vereeniging van 2, 3 of meerdere waarnemingen per dag vrij goed de gemiddelde temperatuur van dien dag is af te leiden. Om een voorbeeld te geven, noemen wij het volgende. Als men om 7 uur 's morgens, 1 uur 's namiddags en 9 uur 's avonds den stand van den thermometer noteert, en men rekent de laatste waarneming dubbel, dan levert ¼ van de som der genoteerde getallen nauwkeurig de gemiddelde dagelijksche temperatuur. Ook uit de hoogste en de laagste temperatuur per dag kan men den gemiddelden thermometerstand afleiden.

§ 22. Normale temperatuur. Wanneer men achtereenvolgende jaren de temperaturen van een zelfden dag met elkander vergelijkt, dan ziet men, wat trouwens iedereen door ondervinding wel weet, dat zulk een dag niet in elk jaar dezelfde gemiddelde temperatuur bezit. Bepaalt men nu bijvoorbeeld 100 achtereenvolgende jaren de gemiddelde temperatuur van een bepaalden dag, b.v. den 1sten Januari, en neemt men het gemiddelde van al die waarnemingen door haar som door haar aantal te deelen, zoo verkrijgt men de normale temperatuur van den 1sten Januari. Op overeenkomstige wijze verkrijgt men de normale temperatuur van eene maand en een jaar.

De temperatuur op den eersten Januari zal in 't vervolg niet altijd gelijk zijn aan de gevonden normale; maar hoe grooter het verschil is, hoe minder vaak zal het voorkomen. Deze normale temperatuur kan dus beschouwd worden als de uitdruk-

king van den stelselmatigen warmtetoestand van den 1sten Januari voor de plaats van waarneming; de afwijkingen zijn van toevallige omstandigheden afhankelijk.

Die afwijkingen zijn over 't algemeen het geringst in de streken onder den aequator, zoodat daar gewoónlijk de gemiddelde temperatuur van een jaar ook de normale jaarlijksche temperatuur is. Hoe verder men zich echter poolwaarts begeeft, hoe grooter worden de afwijkingen en hoe meer waarnemingen moet men doen om de normale temperatuur van dag, maand en jaar met eenige zekerheid vast te stellen.

§ **23. Temperatuursslingering.** Door temperatuursslingering verstaat men de wisseling van temperatuur gedurende een dag of een jaar en onderscheidt daarom:

1e. Dagelijksche slingering. Deze is het gevolg van den schijnbaren omloop van de zon om de aarde en het daaruit voortspruitende verschijnen van dag en nacht. Gedurende den voormiddag is de opneming van warmte grooter dan het warmteverlies, gedurende het overige gedeelte van den dag is het juist omgekeerd. De laagste temperatuur heeft men doorgaans even voor zonsopgang; de hoogste wordt na den hoogsten stand van de zon waargenomen en wel te later, naarmate de dag langer is. In den winter valt de hoogste temperatuur bijna op den middag, in den zomer soms om half 4.

De afstand, die er tusschen de hoogste en de laagste temperatuur ligt, is niet op alle dagen en evenmin op alle plaatsen der aarde evengroot. In den winter is het verschil geringer dan in den zomer, onder den aequator grooter dan op hoogere breedte. Het kleinst is het in de poolstreken. Zie de temperatuurtabel in par. 43, waar de twee laatste kolommen de dagelijksche warmteslingering aangeven.

Van grooten invloed op de grootte der dagelijksche verschillen is natuurlijk de helderheid van den hemel: bij bewolkte lucht zijn ze niet zoo groot als bij heldere.

Hoe zou dit zoo komen?

2e. Jaarlijksche slingering. Deze is het gevolg van het onderscheid in lengte der dagen en de middaghoogte der zon in de verschillende jaargetijden. Zij is het grootste in de poolstreken, waar een dag van weken en maanden afwisselt met een evenzoo langen nacht. Ze is het kleinste onder den aequator, waar het verschil in middaghoogte der zon hoogstens $23\frac{1}{2}^{\circ}$ bedraagt en de dagen en nachten het geheele jaar door gelijk van lengte zijn. In de tropische gewesten is daarom de dagelijksche slingering grooter dan de jaarlijksche en men heeft op grond daarvan den nacht weleens den winter der tropen genoemd.

De hoogste temperatuur heeft men eenigen tijd na den hoogsten stand van de zon. De warmste maand is over 't algemeen op het noordelijk halfrond Juli, op het zuidelijk Januari, aan den aequator zijn het April en October; de koudste maanden zijn op het noordelijk halfrond Januari, op het zuidelijk Juli, aan den aequator Juli en Januari. De meteorologische jaargetijden zijn dus eenigszins verschillend van de astronomische en wel:

	Noordelijk halfrond.	Zuidelijk halfrond.
Winter	December, Januari, Februari.	Juni, Juli, Augustus.
Lente	Maart, April, Mei.	September, October, November.
Zomer	Juni, Juli, Augustus.	December, Januari, Februari.
Herfst	September, October, November.	Maart, April, Mei.

Natuurlijk is de toestand der lucht van invloed; bij doorgaans bewolkte lucht treedt de hoogste stand van den thermometer later in. Ook is het verschil dan geringer.

Resumeeren we het volgende onderscheid:

de dagelijksche slingering is het grootst aan den aequator;
is het geringst aan de polen.

de jaarlijksche slingering is het geringst aan den aequator;
is het grootst aan de polen.

AFNEMING DER TEMPERATUUR MET DE HOOGTE.

§ 24. Warmtebronnen voor de hoogere lagen des dampkrings.

Bij de verdeeling van de warmte in den atmospheer onderscheiden we eene verticale en eene horizontale verdeeling. De eerste leert ons, hoe het met de temperatuur der hoogere lagen gesteld is en hoe deze in verband staat met die aan den bodem van den luchtoceaan. De tweede doet ons zien, hoe de temperatuur, ofschoon onregelmatig, van den aequator naar de pool afneemt. Bij de beschouwing van de verticale verdeeling zullen we tevens zien, hoe men den invloed van de hoogte neutraliseert om tot eene juiste horizontale verdeeling te geraken.

De verwarmde aardoppervlakte deelt hare temperatuur door geleiding aan de onderste lagen van den atmospheer mede. De hoogere lagen hebben de volgende warmtebronnen:

1° de teruggehouden warmtestralen, die zich van de zon naar de aarde begeven (zie par. 14).

2° de teruggehouden warmtestralen, die door de aarde worden uitgestraald of teruggekaatst (zie par. 14).

3° de opstijgende luchtstroomen.

De beide eerste warmtebronnen verschaffen slechts eene geringe hoeveelheid warmte, daar de atmospheer spoedig zeer ijl wordt (zie par. 11). De laatste is van meer belang. Door de verwarming namelijk der onderste lagen zetten deze zich uit en stijgen omhoog, gedrongen door de niet verwarmde en dus soortelijk zwaardere lucht. Die verwarmde lucht brengt hare warmte gedeeltelijk tot in de hoogere lagen, terwijl de koudere lucht zinkt en op hare beurt verwarmd wordt. Door dit aanhoudend opstijgen van verwarmde en nederdalen van koudere massa's, heeft de verwarming der hoogere luchtlagen plaats en het werk van den eenen dag wordt, na eene afbreking gedurende den nacht, den volgenden dag weder voortgezet.

Volgens de leer der mechanische warmtetheorie koelt echter droge lucht, terwijl zij opstijgt, voor elke 100 meter 1° C. af. Deze afneming in temperatuur schijnt onafhankelijk te zijn van de warmte der onderste luchtlagen en van de hoogte, waarop men begint te stijgen. Door droge lucht worden dus de bovenste lagen weinig gebaat. Omgekeerd stijgt lucht 1° C. in temperatuur, wanneer zij 100 meter daalt. Maar geheel anders wordt het geval, wanneer we in plaats van droge lucht zoodanige nemen, die met waterdamp is verzadigd. Het verschil bestaat voornamelijk hierin, dat door het neerslaan van den waterdamp warmte vrij wordt, die de lucht ten goede komt, en ten tweede, dat de afneming in temperatuur geringer is, naarmate de hoogte, waarop de stijging plaats heeft, grooter is en naarmate de aanvangstemperatuur klimt. Volgende tabel geeft dit in cijfers te aanschouwen; de warmteafneming is voor elke 100 meter in graden Celsius.

Aanvangstemperatuur.	— 10°	— 5°	0°	5°	10°	15°	20°	25°
Afneming op 0 meter.	0.76	0.69	0.63	0.60	0.54	0.49	0.45	0.41
Afneming op 3400 meter.	—	0.62	0.55	0.52	0.46	0.41	0.38	0.34

Is de opstijgende lucht niet met waterdamp verzadigd, dan verhoudt ze zich als droge tot op het punt, waarop zij verzadigd wordt. Intusschen werkt echter de aanwezige waterdamp verwarmend (zie par. 14).

Onder alle omstandigheden is de aardoppervlakte de voornaamste warmtebron voor den atmospheer en het is dus zeer natuurlijk, dat de temperatuur afneemt, naarmate wij ons van de aardoppervlakte verwijderen, m. a. w. **de temperatuur der lucht neemt af met de hoogte.**

§ 25. Temperatuursvermindering in den vrijen atmospheer.

De afneming van temperatuur in den vrijen atmospheer, dat is buiten aanraking met de aardoppervlakte, kunnen we alleen leeren kennen uit de resultaten van de metingen door luchtreizigers in hunne ballons verricht. In dit opzicht heeft vooral Glaisher zich verdienstelijk gemaakt. Hij vond de volgende waarden:

Hoogte in meters.	Afneming voor 100 meters	
	in den zomer.	in de lente en den herfst.
8800—6700	0.17	—
6700—5500	0.21	0.18
5500—4570	0.36	0.34
4570—3660	0.47	0.44
3660—2700	0.42	0.43
2700—1800	0.49	0.43
1800—900	0.60	0.50
900—0	0.88	0.78

Uit deze en andere getallen kan men afleiden, dat de afneming in temperatuur

niet 1° C. voor 100 meter bedraagt, maar steeds minder is, wat uit het neerslaan van waterdamp te verklaren is.

Hoe dan?

en tevens, dat de afneming geringer wordt, naarmate men hooger stijgt. Ook dit is uit de condensatie van den waterdamp te verklaren.

Bovendien leeren ons de waarnemingen, dat de afneming niet in alle jaargetijden gelijk is. De grootste waarde bereikt zij in den zomer. Dit is geenszins tegennatuurlijk, want gedurende het warme jaargetijde is de lucht droger dan anders en heeft de condensatie van den waterdamp in grooter hoogte plaats, dan in het overige gedeelte van het jaar. Bovendien wordt de aardbodem in dat jaargetijde het sterkst verwarmd, welke warmte den ondersten lagen des atmospheers veel meer ten goede komt dan den bovensten. In den winter daarentegen werkt de aardbodem eer verkoelend dan verwarmend op de onderste luchtlagen en heeft de condensatie van den waterdamp in veel geringer hoogte plaats, zoodat dan de afneming langzamer plaats vindt.

Evenzoo is het gesteld met het dagelijksch onderscheid. Het snelst daalt de temperatuur in den middag en de eerste uren daarna. Ook is de bewolking van de lucht van grooten invloed, daar een wolkendek de snelle verhitting van den aardbodem en dus ook van de onderste luchtlagen verhindert en bovendien de uitstraling tegenhoudt.

Daar nu de afneming bij hooge temperatuur geringer is dan bij lage, heerscht er in de hoogere lagen des atmospheers een gelijkmatiger temperatuur dan aan de aardoppervlakte.

§ 26. Afneming in het gebergte. Langs de helling van het gebergte verkeert de lucht in eenigszins andere omstandigheden dan in den vrijen atmospheer; hier toch hebben we te doen met eene luchtlaag, die wel hoog is gelegen, maar toch in aanraking is met het vaste gedeelte der aardoppervlakte en door geleiding dus warmte kan ontvangen. Den invloed van deze laatste warmtebron schrijft men het toe, dat de afneming met de hoogte gelijkmatiger is. De volgende tabel wijst de afneming in temperatuur aan langs de berghelling voor elke 100 meter, die men verticaal is gestegen.

Plaatsen.	Winter	Lente	Zomer	Herfst	Jaar
Bij Christiania	0.05°	0.72°	0.91°	0.52°	0.55°
Harz	0.43	0.67	0.70	0.51	0.58
Ertsgebergte	0.47	0.67	0.67	0.56	0.59
Ruwe Alp	0.26	0.53	0.55	0.42	0.44
Zuidelijk Zwitserland	0.47	0.64	0.66	0.56	0.58
Schafberg bij Ischl	0.27	0.57	0.56	0.40	0.45
Kaukasus	0.29	0.48	0.54	0.36	0.47
Bengalen	0.56	0.52	0.47	0.57	0.52
Ceylon	0.57	0.58	0.62	0.59	0.59
Hongkong	0.54	0.76	0.94	0.63	0.72
Mont Washington (N. Hampshire)	0.40	0.59	0.67	0.52	0.55
Rotsgebergte	0.44	0.71	0.69	0.55	0.60
St. Helena	0.84	0.99	0.97	0.88	0.93

Uit deze tabel ziet men, dat de afneming niet overal gelijk is, maar tevens, dat zij niet zoo uiteenloopende verschillen vertoont. **Op grond van nog meerdere metingen wordt de gemiddelde afneming van de temperatuur langs de berghellingen gesteld op 0.54° C. of bij benadering op ½° C. voor elke 100 meter, die men verticaal stijgt.**

Van deze algemeene hoeveelheid van 0.54° wijken de opgaven van Hongkong en St. Helena nog al af. De oorzaak daarvan is te leerrijk om haar niet even mede te deelen. We hebben gezegd, dat bij droge lucht de warmtevermindering 1° C. voor elke 100 meter moest zijn. Het onderste station op St. Helena is in de lente en den zomer bijzonder droog, want dan valt er maar 6 en 22 mm. regen, zoodat het ons niet verwondert, dat de lucht aldaar bijna de wetten van volkomen droge lucht volgt. In den herfst valt er 49 mm. regen en in den winter 68 mm. In dit laatste jaargetijde bevat dus de lucht den meesten waterdamp, en dan is ook de vermindering van de temperatuur met de hoogte het geringst.

Verder blijkt uit bovenstaande tabel, dat ook langs de helling van het gebergte de vermindering in temperatuur het grootst is in den zomer en het geringst in den winter. Bengalen maakt hierop eene besliste uitzondering, welke wordt veroorzaakt door de grootere vochtigheid van den atmospheer gedurende het warme jaargetijde.

§ **27. Bergklimaat.** Door het verschil in warmteafneming gedurende de verschillende jaargetijden heeft het klimaat op het gebergte een ander karakter dan het klimaat in de vlakte. Wel neemt de temperatuur af, naarmate men hooger komt, en men zou dus meenen, dat het bergklimaat veel overeenkomst had met het klimaat op hooge breedte, het zoogenaamde poolklimaat. Volgende tabel wijst echter aan, dat er tusschen beide een groot onderscheid bestaat.

	Jaar.	Warmste maand.	Koudste maand.	Verschil.
Theodulpas in de Alpen. 45°56′ N.B. 3333 meter hoog.	—6.8°	1.7°	—14°	15.7°
Pikes Peak in 't Rotsgebergte. 38°48′ N.B. 4313 meter hoog.	—7.1	4.5	—16	20.5
Antisana in Peru. 4060 meter hoog.	4.9	6.2	3	3.2
Omenak. 64°10′ N.B. in West-Groenland.	—7	6.7	—21	27.7
Westerås. 59°37′ N.B. aan de Zweedsche kust.	4.9	16.3	—4.6	20.9

De drie eerste plaatsen hebben bergklimaat, de beide laatste poolklimaat. Vergelijken we de gemiddelde jaarlijksche temperatuur van de Theodulpas met die van Omenak, dan vinden we geen verschil, maar in den loop van de temperatuur is wel een groot onderscheid: de gemiddelde temperatuur van de koudste maand

verschilt met die van de warmste maand te Omenak 27,7° C. en in de Theodulpas maar 15.7° C. Even groot verschil in karakter van klimaat vinden we tusschen Antisana en Westeräs: de gemiddelde jaarlijksche temperatuur is gelijk, maar het verschil tusschen de warmste en de koudste maand is in de eerste plaats 3.2° C., in de laatste 20.9°. **Het bergklimaat is dus veel gelijkmatiger dan het poolklimaat.**

Een ander onderscheid tusschen pool- en bergklimaat bestaat hierin, dat de opgegeven temperaturen, als genomen in den schaduw, niet juist den indruk teruggeven, dien de mensch van het klimaat ontvangt. Het onderscheid tusschen de temperatuur in de zon en die in den schaduw, dat in den poolnacht geheel wegvalt, is op het gebergte juist groot (zie par. 14). In Davos (1650 meter hoog) steeg de lucht-temperatuur op 30 December 1873 niet boven — 12.8° C., maar in de zon wees de thermometer om 9 uur 's morgens reeds 25.5° C. en om half twee 's namiddags 38.5° C. Te Meran zijn daardoor de nachten van December tot Maart echte winternachten, maar over dag heerscht er gedurende dien tijd de aangename voorjaarswarmte. Ook in den zomer is het onderscheid tusschen den stand van den thermoter in de zon en van dien in den schaduw grooter in het gebergte dan in de vlakte. **In het bergklimaat is het onderscheid van de warmte in den zonneschijn en die in den schaduw grooter dan in de vlakte.** De ijlheid van de lucht en het mindere waterdampgehalte bewerken dit verschil.

§ **28. Klimaat der hoogvlakte.** Boven groote plateau's wordt de lucht op gelijke wijze verwarmd, als boven de lagere gedeelten der aardoppervlakte. Er is echter nog wel eenig onderscheid. De luchtlagen, die op de hoogvlakte rusten zijn veel ijler; daardoor worden de bodem en de onderste luchtlaag zeer snel verwarmd, maar staan de warmte ook spoedig weder af. Ten gevolge daarvan kan de temperatuur op den middag zoo hoog stijgen als weinige meters boven den zeespiegel, maar 's nachts daalt de temperatuur veel lager en dit verschil wordt grooter met de verheffing boven den zeespiegel.

Dat er verschil met het bergklimaat bestaat, volgt reeds daaruit, dat er hier van geen opstijgende luchtstroomen sprake kan zijn. Toch zijn plateau's, evenals de bergen, maar eilanden in den luchtoceaan omhoog geheven, en is het dus zeer goed mogelijk, dat de afneming op de hoogvlakte weinig verschilt van die langs de berghelling. De temperatuurswaarnemingen op de groote plateau's zijn nog te schaarsch om tot eenige vaste gegevens te voeren. Daarbij komt, dat hier vooral met groote voorzichtigheid moet te werk gegaan worden. De waarnemingsstations moeten namelijk geheel onder dezelfde klimatologische invloeden liggen. Is dit niet het geval, dan verkrijgt men soms de tegenstrijdigste uitkomsten.

Valparaïso ligt bijna 500 meter beneden Santiago en toch is het er gedurende de maanden van November tot Maart kouder, in Januari zelfs bijna 3°. Daaruit zou men afleiden, dat in den winter de warmte met de hoogte toenam.

We hebben hier echter te doen met twee stations, die niet te vergelijken zijn, daar het eene onder den verkoelenden invloed van een zeestroom ligt en het andere niet. Noordelijk van 27° Z.B. vertoont de Chileensche kust een dergelijke warmtevermeerdering met de hoogte. Deze heeft haar oorzaak in het ontbreken van den nevel en de uitstraling der onbegroeide rotsen.

Men meent, dat de temperatuursvermindering voor plateau's kleiner zal wezen, dan langs de hellingen der gebergten.

Intusschen bestaat er een groot verschil tusschen het bergklimaat en dat der hoogvlakte. Was het eerste gematigd, het tweede vertoont eene groote jaarlijksche slingering: het heeft koude winters en felle zomers.

§ **29. Afwijkingen.** Ofschoon het eene algemeene wet is, dat de temperatuur met de hoogte afneemt, zoo zijn er toch gevallen, waarbij juist het tegengestelde wordt opgemerkt. In de dalen tusschen hooge gebergten komt het voor, dat de koudere lucht den bodem bedekt, terwijl een warmere luchtlaag zich daarboven uitbreidt. Dit geschiedt echter alleen bij hoogen barometerstand, helderen hemel en doodstil weder. Men ontmoet dit verschijnsel het meest in den winter, vooral wanneer de sneeuw den bodem bedekt.

Men verklaart het op de volgende wijze. Door de uitstraling worden de onderste lagen van den dampkring afgekoeld. Deze lagen worden door de omringende bergen verhinderd weg te vloeien en blijven dus als een koude luchtmassa onder in het dal liggen. De lucht, die op de bergen wordt afgekoeld, daalt langs de helling naar omlaag; maar wordt al dalende warmer en is dus soortelijk lichter dan de lucht, die op den dalbodem rust. Zij verdringt deze dan ook niet, maar spreidt er zich over uit. Aldus verkrijgt de helling eene hoogere temperatuur dan de voet en de top.

Ook in de vlakte merkt men op, dat de temperatuur gedurende heldere, stille nachten met de hoogte toeneemt en wel het geheele jaar, maar toch voornamelijk gedurende den winter. Ook in dit geval is het een gevolg der krachtige uitstraling, terwijl het gebrek aan luchtbeweging de vermenging van warme en koude lagen belet. Deze temperatuursverhooging strekt zich minstens tot op 50 meter afstand van de aardoppervlakte uit en wel in dier voege, dat de vermeerdering in de onderste lagen grooter is dan in de hoogere. Soms bedraagt zij 1° per 10 meter; soms 0,7° voor de onderste 2 meter. Bij een boom van 6 meter kan zij een verschil van 2° geven tusschen boden. en top. Daaruit laat het zich verklaren, dat bij nachtvorsten de toppen der boomen soms verschoond blijven, terwijl de lagere takken en de struiken bevriezen. Op grooten schaal werd het verschijnsel waargenomen in December 1879. Midden-Europa had toen drie weken lang helder weer, de barometer stond er hoog, de bodem was met sneeuw bedekt en eene felle koude deed er zich gevoelen. Geheel anders was 't in de Zwitsersche en Oostenrijksche

Alpen, in Baden, in 't bekken van de Seine en op het hoogland van Centraal-Frankrijk. Daar heerschte een veel mildere temperatuur.

Zoolang nu een dergelijke afwijking slechts bij uitzondering voorkomt, heeft ze voor de Aardrijkskunde weinig waarde; alleen als zij zoo vaak optreedt, dat zij ook in de gemiddelde maandelijksche en jaarlijksche temperaturen is waar te nemen, en zij dus tot het karakter van het klimaat behoort, is zij voor ons van belang. In de Alpen is dit bijv. het geval met de lengtedalen van Inn en Drau. De volgende tabel van temperaturen in 't Draudal diene tot voorbeeld:

Hoogte in meters	4—600	8—900	12—1300	2040
Jaar-temperatuur in C.	7.5	6.6	4.5	1.1
Januari-temp.	—5.4	—3.6	—5.1	—6.6

Hoe zou het komen, dat Sils (1810 meter hoog, in 't Engadin) eene Januari-temp. heeft van —8.1°, even groot als de Januari-temp. van den Sint-Bernard (2478 meter)? Bevers in het Boven-Engadin (1715 m. hoog) heeft een Januari-temp. van —9.6° en de alleenstaande Rigi (1784 m.) maar eene van —5.1°. Wat kan daarvan de oorzaak zijn?

Dat we in de Alpendalen werkelijk te doen hebben met een kenmerkende eigenschap van het klimaat, kan men hieruit afleiden, dat de mensch aldaar bij het bouwen van zijne woningen den breeden, vruchtbaren dalbodem mijdt en zich bij voorkeur op de helling vestigt.

Ook in andere bergstreken merkt men des winters duidelijk eene verhooging van temperatuur langs de helling op; zoo wees de thermometer op het 2000 meter hooge Alibertgebergte 4° hooger dan in het nabijgelegen Irkoetsk.

§ 30. Herleiding van de temperatuur tot op het vlak van den zeespiegel. In § 16 hebben we gezien, dat de temperatuur van eene plaats afhing van de geographische breedte. We hebben nu een factor leeren kennen, die de regelmatige afneming der warmte van den aequator naar de pool zeer verstoort. Door de hoogte toch worden sneeuw- en ijsklimaat tot bij den evenaar gebracht en dat wel op eene zeer onregelmatige wijze. Om de horizontale verdeeling der temperatuur na te gaan, om de factoren te vinden, die nog meer storend op de regelmatige verdeeling der warmte over de aardoppervlakte inwerken, moet men dezen factor buiten rekening brengen. Men denkt zich dan de aarde als een volkomen effen bol en geeft elke plaats de temperatuur, die zij zou hebben, als ze gelijk lag met den zeespiegel.

De getallen, die men dan verkrijgt, zijn dus niet de directe uitkomsten van waarnemingen. Men herleidt de waargenomen waarde. Bij deze herleidingen stuit men echter hierop, dat de waarde van vermindering voor 100 meter niet overal op aarde gelijk is, zooals uit de tabellen in par. 26 is gebleken. **Men moet zich dus ook hier weder behelpen met eene gemiddelde waarde en neemt dan aan voor de gemiddelde jaarlijksche warmte een vermindering van 0.47°, voor de gemiddelde Januari-**

temperatuur eene van 0.36° en voor de gemiddelde Juli-temperatuur eene van 0.59°; alles per 100 meter.

Intusschen moet opgemerkt worden, dat men op die wijze wel de hoogte buiten rekening brengt, maar geenszins de overige gevolgen, die de wisseling van hoog en laag op de temperatuur hebben, zooals wijziging in de richting van den wind, enz. Niemand denke dus: als er geen hoogten en laagten op aarde waren, zou de verdeeling van de warmte zoo zijn, als ik ze vind, nu ik de hoogte buiten rekening breng.

HORIZONTALE VERDEELING DER TEMPERATUUR.

§ 31. Isothermen. Wanneer men de verschillende gemiddelde temperaturen van de plaatsen op aarde met elkander wil vergelijken, dan is het van het grootste belang ze zoo te groepeeren, dat overzicht mogelijk is. Daarom heeft men de plaatsen, die, na aftrek van den invloed der hoogte, eene gelijke temperatuur hadden door lijnen vereenigd. Deze lijnen noemt men **isothermen** (van isos = gelijk en thermê = warmte). Vaak voelde men bij eene dergelijke vereeniging, dat hier en daar noodzakelijk waarnemingsstations ontbraken en moest men de lijnen eigendunkelijk trekken. Vooral is dit het geval in de binnenlanden van Azië, Afrika en Australië. Daar waar de minste stations gevonden worden, zijn de lijnen het minst te vertrouwen, maar tegenwoordig zijn er genoeg waarnemingen gedaan, om ons in hoofdtrekken met de warmteverdeeling aan de aardoppervlakte, de horizontale dus, bekend te maken.

De lijn, die de plaatsen vereenigt, welke gelijke gemiddelde jaarlijksche temperatuur hebben, heet men jaar-isotherme; vereenigt zij de plaatsen, die gelijke Januari-temperatuur hebben, dan heet zij Januari-isotherme, en voor Juli dan Juli-isotherme. Zoo kan men twaalf verschillende maand-isothermen trekken. Vroeger sprak men van zomer-isothermen en winter-isothermen.

Wat zou men daardoor wel verstaan hebben? De eerste noemde men ook wel isotheren (theros = zomer), de laatste isochimenen (cheimon = winter), maar deze namen raken in onbruik.

§ 32. Onregelmatige loop der isothermen. Beschouwen wij nu het eerste blad van den bij dit werk behoorenden atlas. Daarop worden de jaar-isothermen voorgesteld. Laten we elkander vooraf even herinneren, dat we in § 16 hebben geleerd, dat de warmte, aan eene plaats medegedeeld, afhankelijk is van hare geographische breedte. We kunnen dus verwachten, dat de jaar-isothermen evenwijdig zouden loopen aan de parallellen.

Hoe beredeneert zij, dat we dit verwachten konden?

En wat zien we nu. Dat alleen in het zuidelijk halfrond op hooger breedte dan 40°, iets te zien is, dat we als eene dergelijke evenwijdigheid kunnen aannemen,

maar **dat** overigens **de isothermen een zeer onregelmatig verloop hebben**. We zien bochten naar den aequator en bochten naar de pool. De beteekenis van zoodanige bocht dient goed gevat te worden. Boven den Noordelijken Atlantischen Oceaan bevindt zich een bocht naar de pool; op 20° N.B. zien we in denzelfden oceaan een bocht naar den aequator. De noordelijke punt van Noorwegen heeft volgens het kaartje eene gemiddelde jaarlijksche temperatuur van 0°; Midden-Azië en het zuiden van de Hudsonsbaai hebben diezelfde temperatuur, maar de noordpunt van Noorwegen ligt veel dichter bij de pool: **een bocht naar de pool geeft dus eene meerdere verwarming van de lucht, eene verhooging der temperatuur te kennen. Eene bocht naar den aequator duidt verlaging van temperatuur aan.**

Op het tweede kaartje, dat de isothermen van de maand Januari voorstelt, zijn de bochten nog grooter; op het derde, dat ons de isothermen van Juli te aanschouwen geeft, is het verloop geheel anders, maar daarom niet minder onregelmatig.

Er moeten dus redenen zijn, waardoor dat onregelmatig verloop ontstaat. We willen de hoofdfactoren, die dit bewerken in de eerste plaats beschouwen, om daarna het verloop van enkele isothermen nog wat nauwkeuriger na te gaan.

De isothermen loopen niet evenwijdig met de parallellen, omdat de warmteverdeeling over de aardoppervlakte ook afhankelijk is:

1° **van den bodem, waarop de atmospheer rust,**
2° **van de zeestroomen,**
3° **van de richting van den wind en**
4° **van andere invloeden van minder belang.**

§ 33. **Land en water.** De bodem, waarop de atmospheer rust, kan bestaan uit land en uit water. Deze twee gedragen zich ten opzichte van de opneming en uitstraling der warmte geheel verschillend, worden daarom door dezelfde hoeveelheid niet gelijk verwarmd en doen de op hen liggende dampkringslucht ook ongelijk in temperatuur stijgen. (Zie par. 20).

In de eerste plaats stijgt de temperatuur der landmassa veel sneller dan die van eene watervlakte en wel om reden de soortelijke warmte van water grooter is en bij stijgende temperatuur het water aan de oppervlakte verdampt en dus warmte verbruikt. Het kan ons dus geen verwondering baren, dat de hoogste waargenomen temperatuur van den bodem aanmerkelijk hooger is dan die van de bovenste waterlaag (de bodem van de Sahara 70° C., de bodem bij Bagdad 78° C., de zeeoppervlakte aan den aequator 30° C.). Bij de opneming komt dus het land en daarmede de lucht boven het land het water en daarmede de lucht boven het water in warmtegraad vooruit.

In de tweede plaats daalt de temperatuur van het water langzamer. Door het verschil in soortelijke warmte zal het verlies van dezelfde hoeveelheid bij het land een grooter vermindering in temperatuur tengevolge hebben, dan

bij het water. Daarenboven dalen boven 4° C. de afgekoelde waterdeeltjes naar omlaag en worden vervangen door andere, die eene hoogere temperatuur bezitten. De landmassa en de boven haar hangende lucht daalt dus sneller in temperatuur dan de waterspiegel en de atmospheer daarboven.

In de derde plaats zinkt beneden 4° C. het verwarmde water naar omlaag en maakt plaats voor koeler. Daardoor dringt de warmte in het water dieper door; maar stijgt de oppervlakte minder in temperatuur, Bij afkoeling heeft eene omgekeerde strooming plaats.

In de vierde plaats is de lucht boven den oceaan met waterdamp bezwangerd en we hebben reeds in par. 14 gezien, dat dit van grooten invloed is op de mededeeling der warmte aan de lucht.

Ga dat nog eens na.

In de vijfde plaats komen er boven den oceaan doorgaans bewolkte hemels voor. Wolken bestaan uit gecondenseerden waterdamp en laten nagenoeg geen warmte door. Een wolkendek belet dus in den zomer de opneming van de zonnewarmte en in den winter de uitstraling; in het algemeen dus vermindert het de hoogste en verhoogt de laagste temperatuur. Deze vijf redenen hebben echter alle hetzelfde gevolg en vandaar dan ook, dat **men boven de oceanen een gelijkmatiger klimaat vindt, dan boven de vaste landmassa. Het klimaat, dat aldus in zijn uitersten** (de grootste warmte en de grootste koude) **is getemperd, noemt men een zeeklimaat; waar die uitersten zich met nadruk doen gelden, heerscht een vaste-landsklimaat of kortweg landklimaat.**

Uit het aangevoerde volgt tevens, dat de temperatuur bij het zeeklimaat in het voorjaar langzamer stijgt en in het najaar langzamer daalt, dan bij het landklimaat.

Is er ook verschil in beide klimaten, wat betreft de dagelijksche temperatuursslingering?

Intusschen moeten we nog op een verschil tusschen beide klimaten opmerkzaam maken. Bij het zeeklimaat treedt de hoogste temperatuur later in dan bij het landklimaat. We zullen dit duidelijk maken. Zoolang de opneming van warmte het warmteverlies door uitstraling, geleiding, enz. overtreft, stijgt de temperatuur. Maar de uitstraling vermeerdert, als de warmtegraad hooger is. Beide, land en water, staan in de lente onder invloed van de zon, die meer warmte zendt, dan afgegeven wordt en dus zoowel land en water in temperatuur verhoogt. Op den tijd, dat de zon haar hoogsten stand bereikt en dus haar stralen den grootst mogelijken hoek met het aardrijk maken (het meest loodrecht vallen, zegt men doorgaans; duidelijk, ofschoon zeer onjuist) geeft zij de grootst mogelijke hoeveelheid warmte; daarna vermindert haar kracht. Het land is nu veel warmer dan het water en straalt dus veel meer uit dan dit. Zoo komen we aan een tijdstip, dat het land evenveel van de zon ontvangt, als het door uitstraling verliest; van dit

tijdstip af, daalt de temperatuur van het land. Het water ontvangt dan nog meer dan het uitstraalt en stijgt dus nog eenigen tijd in temperatuur. Zoo is bijv. op Madera de maand September nog even warm als Augustus.

Stellen we tot vergelijking het volgende schema:

Bij het zeeklimaat heeft men	**Bij het landklimaat heeft men**
1. koele zomers;	**heete zomers;**
2. zachte winters;	**strenge winters;**
3. kleine dagelijksche slingering;	**groote dagelijksche slingering;**
4. langzaam stijgende voorjaarstemperatuur;	**snel stijgende voorjaarstemperatuur;**
5. langzaam dalende najaarstemperatuur;	**snel dalende najaarstemperatuur;**
6. de hoogste temperatuur geruimen tijd na den hoogsten zonnestand.	**de hoogste temperatuur spoedig na den hoogsten zonnestand.**

Later zullen we nog een onderscheid leeren kennen tusschen beide klimaten.

Moeielijk gaat het natuurlijk een grens te trekken tusschen de streken, welke land- en die, welke zeeklimaat hebben. Kaart VI geeft de verdeeling aan. Om al te scherpe begrenzing te vermijden zijn er nog twee overgangsgebieden aangenomen, zoodat we komen tot de volgende vier klimaten:

1e **Zeeklimaat**, waar de uitersten van temperatuur minder dan 15° verschillen. Daar we dergelijke verschillen ook vinden in de landen aan den aequator (Hoe komt dat zoo?) kunnen we het ook het a e q u a t o r i a a l k l i m a a t noemen.

2e **Overgangsklimaat**, waar het verschil 15°—20° bedraagt.

3e **Landklimaat**, waar dit 20°—40° is, en eindelijk

4e **Beslist landklimaat**, waar de hoogste en laagste temperaturen meer dan 40° uit elkander liggen.

We laten aan den lezer over uit de beschouwing van de kaart zich een antwoord te verschaffen op de volgende vragen:

Is er met betrekking tot de landmassa nog regelmatigheid te ontdekken in de verdeeling der klimaten? Hebben alle kusten zeeklimaat? Hebben alle landen in het midden landklimaat? Misschien zal uit het verdere hem ook duidelijk worden, wat de oorzaak van deze schijnbare tegenstrijdigheid is.

't Bergklimaat heeft veel overeenkomst met het zeeklimaat; op de plateau's heeft het klimaat meer overeenkomst met het landklimaat.

Ga dit na (zie par. 27 en 28).

Land en water nu zijn zeer onregelmatig over de aardoppervlakte verspreid, hunne invloed zal dus reeds tot een zeer onregelmatig verloop der isothermen aanleiding geven.

§ 34. **Zeestroomen.** We zullen later zien, dat warme zeestroomen zich van den aequator in de richting naar de pool begeven. Daardoor brengen zij eene groote hoeveelheid warmte naar koudere streken. 1 kilogram water toch geeft, wanneer het één graad in temperatuur daalt, 1 calorie af. De soortelijke warmte

van lucht is 0.237. 1 kilogram lucht behoeft dus om 1° in temperatuur te stijgen 0.237 calorie. Daalt dus 1 K.G. water 1° in temperatuur, dan is er genoeg warmte afgestaan om 1 : 0.237 K.G. lucht 1° in temperatuur te doen stijgen. 1 liter lucht weegt 1.293 gram of 0.001293 K.G. Er zal dus (1 : 0.237) : 0.001293 × 1 L. = 3263 liter lucht 1° in temperatuur stijgen, tegen 1 liter water 1° graad in temperatuur daalt.

Het gebeurt echter ook, dat een koude zeestroom zich naar warmer streken begeeft. In dat geval zal natuurlijk de afkoeling even groot zijn. Om 1 liter water 1° in temperatuur te verhoogen zal 3263 liter lucht 1° in temperatuur verlaagd worden. **Zeestroomen zijn dus mede oorzaak van het onregelmatig verloop der isothermen.**

§ **35. Luchtbeweging.** Even als de beweging van het water is ook de beweging van de lucht van invloed op de temperatuur, maar in veel minder mate. De wind verplaatst warmere of koudere lucht naar koudere of warmere streken; maar 1 K.G. lucht is bij daling van 1° in temperatuur ook maar in staat om 1 K.G. andere lucht 1° warmer te maken. De invloed van een zeestroom is dus noodwendig, onder overigens gelijke omstandigheden, ruim 3000 maal zoo groot, als de invloed van een luchtstroom.

We willen nog de aandacht vestigen op het volgende verschijnsel. In het algemeen moeten de kusten een zeeklimaat hebben. De wind kan hier echter groote wijziging in brengen. Waait hij bestendig of nagenoeg bestendig van de kust naar de zee, dan zal hij deze beletten haar invloed op gene uit te oefenen. Waait daarentegen onophoudelijk een zeewind en is de verticale vorm er geschikt voor, dan drijft de luchtstroom de voordeelen van het zeeklimaat ver het land in. (Zie verder par. 56). **Luchtstroomen veroorzaken dus ook een onregelmatig verloop der isothermen.**

§ **36. Andere invloeden.** Behalve de genoemde oorzaken, die men meer beslist op de kaart kan nagaan, vermelden we nog eenige andere, die ontegenzeggelijk ook van invloed zijn; maar waarvan men de uitwerking niet zoo in 't verloop van de isothermen kan waarnemen. We bedoelen:

1° den invoed van den bodem. (Zie par. 20).

2° den invloed van den neerslag. Als waterdamp condenseert komt de verdampingswarmte, (Zie v. d. Stadt I, § 74) weder vrij en verwarmt den dampkring. Na een regen zal dus de lucht daar, waar de condensatie plaats had, in temperatuur zijn gestegen. Natuurlijk zal daar, waar de regen neergevallen is, de warmte zijn gedaald; want van het gevallen water verdampt oogenblikkelijk weder een groot gedeelte en daartoe wordt warmte verbruikt. Regen verfrischt dus voor ons den atmospheer en verwarmt de hoogere lagen.

Warme zeestroomen brengen veel waterdamp mede en danken daaraan een aanmerkelijk deel van hun verwarmenden invloed.

Welke invloed van zeestroomen is straks vermeld? Hoeveel calorieën komen er vrij, als 1 kilogram waterdamp in water van dezelfde temperatuur overgaat (Zie par. 20)? Hoeveel K.G. lucht kan daarmede 1° in temperatuur verhoogd worden? Hoeveel liter lucht is dat wel?

Spec. warmte van lucht 0.237. Spec. gew. van lucht $\frac{1}{1}\frac{2}{0}\frac{9}{0}\frac{3}{0}$

Evenzoo komt bij 't bevriezen van water de smeltingswarmte vrij; maar van elke K.G. slechts 79 calorieën. Door het bevriezen van water wordt dus verdere verlaging van temperatuur tegengewerkt. Dit komt natuurlijk het zeeklimaat het meest ten goede.

3° den invloed van den plantengroei. De invloed door den plantengroei op de temperatuur uitgeoefend is tweeërlei. In de eerste plaats wordt er door de planten veel water verdampt en daarvoor veel warmte verbruikt. Men meent zelfs, dat in den groeitijd een met gras bedekte vlakte 2 à 3maal zooveel water verdampt als een even groote waterspiegel.

Dat het verdampen van water verkoelend werkt, kan men zeer goed bemerken, als men in zalen komt, waar zich een fontein of iets dergelijks bevindt. Wijn en bier kan men koel houden door natte doeken om de flesschen te wikkelen. De inwoners van Bengalen hangen op eenigen afstand van hunne huizen aan de windzijde groote, natte matten op; de verschroeiende wind heeft dan veel van zijn warmte verloren, als hij door de matten gewaaid is en hunne woningen bereikt.

Waaraan hebben we nu het onregelmatige verloop der isothermen te danken?

In de tweede plaats wordt er door de planten warmte verbruikt bij de chemische omzettingen. Men zou kunnen zeggen: warmte wordt hier veranderd in groeikracht.

§ **37. Januari-isothermen.** Werpen we nu weder een blik op het kaartje der Januari-isothermen. Januari is de koudste maand van het noordelijk en de warmste van het zuidelijk halfrond. Daar de zon in December hare grootste zuidelijke declinatie heeft bereikt, wordt het zuidelijk halfrond meer verwarmd dan het noordelijk. Dit zuidelijke bestaat echter grootendeels uit eene watervlakte, die niet zulk eene hooge temperatuur bereikt en de warmte langzaam opneemt; van daar dan ook, dat de lijn, die de hoogste temperaturen op elken meridiaan vereenigt, de zoogenaamde thermische aequator, zich ten zuiden van den mathematischen bevindt en wel gemiddeld 3° à 4°.

De grootste warmte heerscht in de binnenlanden der drie zuidelijke werelddeelen; in Zuid-Amerika en Australië tot 28° C., in Afrika zelfs tot 30° C. De streek tusschen de isothermen van 25° C. is boven den oceaan smaller dan boven de landmassa. Boven de zee treffen we aequatoriale bochten aan. Zuidelijker dan 40° Z.B., wordt de landmassa gering en ontmoeten we dan ook een meer gelijkmatige afneming in temperatuur, zoodat de isothermen bijna evenwijdig loopen met de breedtecirkels. Eerst op 60° Z.B. daalt de temperatuur tot onder 't vriespunt.

Geheel anders is het beeld op het noordelijk halfrond. Het onderscheid tusschen land en water doet zich buiten de keerkringen duidelijk gelden: we vinden poolwaartsche bochten boven den oceaan, boven de landmassa daarentegen zijn de

bochten naar den aequator gericht. **In Januari werkt dus de zee op gemiddelde breedte temperatuurverhoogend, op lage breedte temperatuurverlagend.**

Opmerkenswaard is het onderscheid tusschen de oosten de westkusten der continenten. De isotherme van 0° op het noordelijk halfrond snijdt de westkust van Amerika op 55° en die van Europa op 63°, de oostkusten van de landmassa's echter op 40° en 37°; dit is een gevolg van wind en van zeestroom, waarover we later zullen spreken, maar waarop we hier toch moeten wijzen. Langs de oostkusten gaan koude, langs de westkusten warme stroomen; aan de oostkusten vindt men landwinden, die den verwarmenden invloeden der zee beletten zich op het land te laten gelden, aan de westkusten treffen we zeewinden aan (Zie kaart VII en VIII). Op lager breedte is de verhouding juist omgekeerd, daar zijn de westkusten aanmerkelijk koeler dan de oostkusten.

Zoek eens op de kaart van de zeestroomen of ge daar de reden ook van kunt vinden.

Ook zijn de westkusten op gemiddelde breedte regenrijker dan de oostkusten, de door condensatie vrij geworden verdampingswarmte verhoogt hier dus de temperatuur.

De loop van de isothermen wijst er op, dat de koudste plaatsen niet gelegen zijn aan de noordpool. Het middelpunt van den kring, waarvan de isotherme van —35° C. in Amerika een deel uitmaakt, kennen we niet. Wel kennen we de koudste plaatsen in Azië. Deze middelpunten van koude noemt men koudepolen. We onderscheiden dus de Amerikaansche van de Siberische koudepool. De Antarctische koudepool valt waarschijnlijk nagenoeg met de zuidpool der aarde samen.

De Amerikaansche koudepool bevindt zich waarschijnlijk in Noord-Groenland; maar of ze boven de zee of boven de landmassa te zoeken is, kan niet uitgemaakt worden, daar een ijsvlakte zich tegenover de warmteuitstraling haast evenzoo gedraagt als eene landmassa (beider spec. warmte = 0.5). De Discovery-baai in Groenland heeft eene gemiddelde Januari-temperatuur van —40° C.

De Siberische koudepool ligt in Oost-Siberie, op eene breedte, waarop boven den Atlantischen Oceaan de temperatuur der lucht nog boven het vriespunt blijft en niet lager daalt dan te New-York, te Peking of aan de noordkust der Zwarte Zee. In Jakoetsk bedraagt de gem. Januari-temperatuur —42.8° C., in Werchojansk —49° C. In Siberië komen de laagste temperaturen voor, die op den aardbodem waargenomen zijn: in Irkoetsk —62°; in Werchojansk op 30 Dec. 1871 —63,2°; op 25 Januari 1883 nam men op de Varna en de Dymphna eene temperatuur van —65° waar. In Amerika was de laagst waargenomen temp. —58,7° (te Floeberg Beach op 82°27' N.B. en 61°22' W.L.). De zuidgrens van het gebied, waar de temperatuur soms onder —40° daalt en dus wijngeestthermometers in gebruik zijn (Zie van de Stadt, I § 58) loopt van Lapland dwars door Finland over St. Petersburg, langs Smolensk en Koersk naar Lugan; vandaar naar Oremburg, daalt bij

't Balkansch-meer tot 47° N.B. en aan de oostkust van Azië tot 40° N.B. (dat is de breedte van Zuid-Italië!).

De groote koude van Midden-Azië is het gevolg van het landklimaat met zijn helderen hemel; maar wordt nog vergroot door het sneeuwdek, dat de verbinding tusschen atmospheer en bodem verbreekt en een groot uitstralingsvermogen bezit, terwijl het Stanawoi-geb. het wegvloeien van de koudere lagen naar den oceaan verhindert.

De Januari-isothermen in Europa wijken wel het meest van de parallelrichting af; zij loopen bijna evenwijdig met de meridianen. Straatsburg, Bergen en de Lofodden hebben denzelfden thermometerstand. Het onderscheid, dat men in de richting van zuid naar noord dacht te vinden, heerscht in de richting van west naar oost. Tusschen Tarifa en Hammerfest bedraagt de afneming in warmte voor elke 100 kilometer slechts 0,44° C., tusschen West-Europa en West-Siberië voor een gelijken afstand langs den breedtecirkel van 56° N.B. 0,51° C. en op 63° N.B. zelfs 0,82° C.

Een zelfde meridionaal verloop van isothermen vinden we bij de westkusten van Zuid-Amerika en Zuid-Afrika, tengevolge van de richting van 't gebergte.

Het voorkomen van twee koudepolen heeft tengevolge, dat op sommige plaatsen de temperatuur met de breedte toeneemt. Eene dergelijke totale omkeering in de horizontale warmteverdeeling heeft men ook in Lapland en Armenië opgemerkt, en ze komt waarschijnlijk nog wel op andere plaatsen voor. Ter onderscheiding van de koudepolen noemt men meer locale gebieden, waaromheen de warmte aan alle zijden toeneemt, koudecentra of koude-eilanden.

Over 't algemeen neemt echter, zooals we gezien hebben, de koude in de richting naar de pool af, dus **de geographische breedte heeft den grootsten invloed op de horizontale warmteverdeeling.**

§ **38. De Juli-isothermen.** Juli is over 't algemeen de warmste maand voor 't noordelijk halfrond, de koudste voor 't zuidelijk. De thermische aequator vinden we dan nu ook ten noorden van den aequator en wel gemiddeld van 16°—18° N.B.; dus aanmerkelijk verder dan op 't zuidelijk halfrond in Januari, wat een eenvoudig gevolg is van het voorkomen van groote landmassa's op het noordelijk halfrond. Temperaturen van 30° C. en daarboven vinden we alleen boven de landmassa's (Zie kaart III); maar in Amerika en Azië zelfs verder dan 40° N.B. Het heetst zijn de streken, welke den plantengroei missen. Wat het verloop der isothermen aangaat, valt het iedereen bij de beschouwing der kaart oogenblikkelijk op, dat de poolwaartsche bochten op het noordelijk halfrond zich thans boven de continenten bevinden en deze dus warmer zijn dan de oceaan; maar de tegenstellingen zijn niet zoo groot als bij de Januari-isothermen en de jaar-isothermen zullen dus meer met deze dan met de Juli-isothermen overeenkomen.

De meridionale richting der isothermen aan de westzijde van Noord-Amerika is te wijten aan den kouden stroom en de snelle toeneming van de warmte naar het binnenland. In hoogere breedte zijn de westkusten der continenten nog iets warmer dan de oostkusten. Naar het zuiden toe wordt eindelijk de oostkust warmer dan de westkust even als dit in den winter het geval was; maar nu wordt de westkust in de Oude wereld reeds kouder op 40° N.B., in de Nieuwe op 50°. N.B.

Op hoeveel graden breedte geschiedde dit in Januari?

Temperaturen beneden 't vriespunt geeft ons kaartje voor 't noordelijk halfrond niet te zien.

De Siberische koudepool is verdwenen; de grootste koude op het noordelijk halfrond wordt in Juli waargenomen boven de Kara-zee en boven het oostelijk gedeelte van den Arctischen archipel van Noord-Amerika.

Reist men van het westen van Europa naar het oosten, zoo ontmoet men op denzelfden breedtegraad telkens hoogere temperaturen. Lissabon op 38° N.B. is weinig warmer dan Weenen op 48° N.B. en dit weer weinig warmer dan Tobolsk op 58° N.B.

De toeneming in warmte is echter lang zoo groot niet, als de afneming in Januari; zij bedraagt voor elke 10 lengtegraden of nagenoeg 7500 kilometer op 52° N.B. slechts 0.7° C.

Op het zuidelijk halfrond daalt de temperatuur op 55° B. onder 't vriespunt. De bochten naar den aequator bevinden zich nu boven de landmassa even als in Januari op 't noordelijk halfrond, maar van het halfrond strekt zich weinig land in den middelgordel (Zie par. 18) uit. De bochten aan de west- en oostkusten der vastlanden zijn in dit halfrond op dezelfde plaats als in Januari, maar het temperatuursverschil is niet zoo groot. Het grootst is het onderscheid tusschen de Braziliaansche en Peruaansche kust. Het westen heeft onder 15° Z.B. eene temp. van 15°, die in het oosten eerst onder 28° Z.B. bereikt wordt. Nergens komt de isotherme van 15° zoo dicht bij den aequator.

§ **39. Jaar-isothermen.** Deze gelijken meer op de Januari- dan op de Juli-isothermen. Onder 33.4° breedte weegt de invloed van het zeeklimaat tegen dien van 't landklimaat op. Op hooger breedte werkt het water meer verwarmend dan het land verkoelend; op lager breedte werkt het land meer verwarmend dan de zee verkoelend. Dit stemt overeen met den regel, dat het water in den winter verwarmend, in den zomer verkoelend werkt. De thermische aequator ligt op ongeveer 10° N.B. Boven Soedan heerscht de hoogste temperatuur. De isothermen, die eene hoogere temperatuur, dan ongeveer 20° C. aanwijzen, maken een poolwaartsche bocht boven de continenten; die, welke eene lagere temperatuur aanwijzen, boven de oceanen.

Hoe is het met het verschil tusschen de oost- en westkusten der continenten in den middelgordel? Hoe in den tropischen gordel?

De koudepool in Azië is thans ook verdwenen. In den archipel ten noorden van Amerika zijn de temperaturen laag (Discovery-baai —20°). Gedurende den winter is deze archipel een ijsveld (wat gelijk staat met een vastland); de temperatuur was er gedurende den winter dan ook zeer laag. Gedurende den zomer is hij een watervlak, wat eveneens de temperatuur op deze breedte verlaagt. Daarenboven wordt er nu veel warmte verbruikt voor 't smelten der ijsmassa's. Een koude winter en een koude zomer doen natuurlijk de gem. jaarlijksche temperatuur zeer dalen.

Resumeeren we eenige wetten, die we hebben leeren kennen:

1e **Op enkele uitzonderingen na neemt de warmte langs den meridiaan naar de pool af of: de zon is de hoofdfactor voor de warmteverdeeling.**

2e **Op lage breedte zijn de landmassa's warmer dan de zee.**

3e **Op hooge breedte is de oceaan warmer dan 't land.**

4e **Op lage breedte zijn de westkusten kouder dan de oostkusten.**

5e **Op hooge breedte zijn de westkusten warmer dan de oostkusten.**

6e **De warmteverdeeling wijkt van de verlichtingsgordels af** (§ 18).

§ **40. Warmtezonen.** We hebben de waarheid van deze laatste wet duidelijk gezien en daarom volgen wij een der tegenwoordige aardrijkskundigen geheel, als hij naast de verlichtingsgordels van § 18 zuivere warmtegordels plaatst. De grenzen van deze gordels moeten natuurlijk isothermen zijn. Daartoe heeft hij de jaarisothermen van 20° en de isothermen van 10° der warmste maand gekozen. De eerste is de grens van de palmen, de tweede de grens van den boomgroei, zie kaart XVI. We krijgen dus:

1e de tropische of warme zone tusschen de beide jaarisothermen van 20° C. Deze is het smalst boven de zee, het breedst boven de landmassa.

2e de gematigde zonen, tusschen de jaarisothermen van 20° C en de Januari-isoth. van 10° C, wat het zuidelijk halfrond aangaat; wat het noordelijk halfrond aangaat moet de Juli-isoth. van 10° C de poolgrens zijn.

3e de koude zonen van genoemde 10° isothermen tot de polen.

Het is van zeer veel belang te zien, in hoeverre ons land bevoordeeld is ten opzichte van zijn klimaat.

Daartoe ga men de jaarisotherme van 10° eens goed na en noteere door welke landen zij loopt. Daarna ga men den breedtecirkel van 50° N.B. na en noteere, door welke jaarisothermen hij gesneden wordt en waar. Hetzelfde doe men met de Januari- en Juli-isothermen. Eerst moet men nagaan, die, welke nagenoeg door ons land gaat, en dan zoeken en noteeren, welke isothermen onzen breedtecirkel snijden en waar.

§ **41. Normaaltemperaturen der breedtegraden.** Wanneer men het gemiddelde neemt van alle temperaturen, die op denzelfden breedtegraad heerschen, verkrijgt men de normaaltemperatuur van die breedte. Door verge-

lijking kan men dan vinden, waar eene te hooge, waar eene te lage temperatuur heerscht. Dove heeft de normaaltemperaturen voor het noordelijk halfrond geheel en voor het zuidelijk tot 40° Z.B. uitgerekend. Later zijn zijne uitkomsten eenigszins verbeterd. Wij geven dienaangaande de volgende tabel.

Breedte.	Norm. temp. Noord. halfr.	Norm. temp. Zuid. halfr.	Verschil.
90	— 16,5°		
80	— 14°		
70	— 8,9°		
60	— 1,2°	0,3°	— 1,5°
50	5,8°	6,5°	— 0,7°
40	13,6°	13°	+ 0,6°
30	21°	19,4°	+ 1,6°
20	25,3°	23,4°	+ 1,9°
10	26,6°	25,5°	+ 1,1°
0	26,5°	26,5°	0°

Uit deze tabel blijkt, dat het noordelijk halfrond tot tusschen 40 en 50° breedte kouder is dan het zuidelijk, daarna echter warmer.

Kan men hierin de verkoelende werking van de landmassa op hoogere breedte ook zien?

§ **42. Anomalie.** Door anomalie (van anomalia = afwijking) verstaat men het verschil, dat er tusschen de temperatuur van een plaats en de normaaltemperatuur van hare breedte bestaat. Madrid ligt op 40° N. B. De gemiddelde jaarlijksche temp. bedraagt 14,3°. De plaats ligt op 630 meter hoogte. We moeten dus 6,3 × 0,47° of bijna 3° bij de gem. jaarl. temperatuur voegen (zie § 26) en krijgen dan voor Madrid een gem. jaarl. temp. van 17,3°, als het gelijk met den zeespiegel lag. De normaaltemperatuur van 40° breedte is op het N. H. 13,6°, dus is de anomalie van Madrid 3,7° en wel te warm of zooals men zegt positief. Is een plaats te koud, dan heeft zij eene negatieve anomalie.

Nu zijn er op aarde vele plaatsen, die gelijke anomalie hebben. Deze heeft men door lijnen vereenigt. Zulke lijnen noemt men isanomalen. Op de kaartjes IV en V vindt men de isanomalen voor Januari en Juli. De isanomalen zijn over 't algemeen van 5 tot 5 graden getrokken. De roode geven de positieve; de blauwe de negatieve anomalie aan. De zwarte lijn vereenigt die plaatsen, welker temperatuur juist gelijk is aan de normale van de breedte, waarop zij liggen. Met een enkelen oogopslag kan men nu zien, welke streken betrekkelijk te warm, welke betrekkelijk te koud zijn.

In Januari is het noordelijk gedeelte van den Atlantischen en dat van den Grooten Oceaan te warm. De westkust van Noord-Amerika en bijna geheel Europa zijn eveneens te warm.

Kunt ge hier ook eene verklaring voor vinden?

Het binnenland van Noord-Amerika en Azië is te koud, even als de oostkusten van die landen.

Hoe is 't met de zuidelijke werelddeelen? hoe met hunne kusten?

Beschouwen we nu de isanomalen in Juli.

Beantwoord de volgende vragen: Hoe is het gesteld met de oceanen van 't noordelijk halfrond, hoe met de landmassa's, hoe met de kusten?

Hoe met de werelddeelen van 't zuidelijk halfrond, met hunne kusten, met de oceanen?

Maak een tabel, waarin ge de verschillen naast elkander schrijft. Kunt ge ook de redenen voor deze verschillen opgeven?

§ **43**. Aan het slot van deze hoofdstukken over temperatuur geven we de volgende

Temperatuurtafel.

PLAATSEN.	Geogr. breedte.	Hoogte in Meters	Gemidd. temperatuur in Celsius graden			Verschil.	Gemiddelde dagelijksche warmteteling.
			Jaarl.	Koudste maand.	Warmste maand.		
Renselaarshaven.	78½° N.	—	—19.5	— 38 Maart	3.4 Juli	41.4	2.3
Jakoetsk.	62° N.	87	—11	— 41 Jan.	17.4 "	58.2	6.7
Nova-Zembla.	73½° N.	—	—7.8	— 17.4 Febr.	5.9 "	23.3	2.5
Theodulpas (Walliser Alpen)	46° N.	3333	—6.6	— 13.4 Jan.	1 "	14.4	3.8
Nain.	57° N.	—	—4	— 20.6 "	10 Aug.	30.5	—
Nicolajewsk a/d Amoer.	53° N.	—	—3	— 24.5 "	16 Juli	41	—
Sint-Bernard.	46° N.	2478	—2	— 9 "	6 "	15	5
Jeniseisk.	58½° N.	—	—2	— 23 "	20 "	44	—
Irkoetsk.	52° N.	382	—½	— 21 "	18½ "	39½	10
Barnaul.	53° N.	122	0	— 20 "	19 "	39	8
Simplon.	46° N.	2008	1	— 7½ "	9 "	16½	—
Archangel.	64½° N.	—	1	— 15½ "	16 "	29½	—
Winipeg.	50° N.	230	1	— 17 "	18.6 "	35½	—
Rigi.	47° N.	1784	2	— 5½ "	9½ Aug.	15	—
Hammerfest.	70½° N.	—	2	— 5 "	11 Juli	16	1
St. Petersburg.	60° N.	—	3½	— 9½ "	17½ "	27	4½
Moskau.	56° N.	168	4	— 11 "	19 "	30	—
Reykiavik.	64° N.	—	4	— 2 Febr.	13½ "	15½	5
Quebec a/d St. Laurens.	47° N.	31	4½	— 12 Jan.	19 "	31½	10
Antisana (Zuid-Amerika).	0° N.	4000	5	3 Juli	6 Febr.	3	—
Christiania.	60° N.	—	5	— 6 Jan.	16 Juli	22	7
Leh in de Himalaja.	34° N.	3500	6	— 6 "	17 "	23	15
Sitka.	57° N.	—	6	0 "	13 Aug.	13	4
Koningsbergen.	54½° N.	—	7	— 4 "	17 Juli	21	—
Bergen in Noorwegen.	60½° N.	—	7	0 Febr.	14½ "	14½	2½
Klagenfurt.	46½° N.	450	7½	— 6 Jan.	19 "	25	8
Warschau.	52° N.	130	7½	— 4½ "	18 "	22½	—
München.	48° N.	525	7½	— 3 "	17 "	20	7
Lemberg.	50° N.	300	8	— 4 "	19½ "	23	6
Innsbrück.	47° N.	574	8	— 3 "	17½ "	20	8
Leipzig.	51° N.	100	8½	— 1 "	18 "	19	8
Hermanstadt.	46° N.	400	9	— 4 "	19½ "	23½	8½
Berlijn.	52½° N.	40	9	— 1 "	18½ "	19½	7
Grätz.	47° N.	375	9	— 2½ "	20 "	22	6
Geneve.	46° N.	400	9	0 "	18½ "	19	9

PLAATSEN.	Geogr. breedte.	Hoogte in Meters.	Gemidd. temperatuur in Celsius graden.			Verschil.	Gemiddelde dagelijksche warmtesling.
			Jaarl.	Koudste maand.	Warmste maand.		
Boston.	42° N.	—	9	— 3 Jan.	22 Juli	25	—
Praag.	50° N.	200	9½	— 1½ „	20 „	21½	5½
Groningen.	53°15′ N.	—	9.4	0.8 „	18.1 „	17.3	—
Astrakan.	46° N.	—	9½	— 6½ „	24½ „	31	—
Greenwich.	51° N.	50	9½	3 „	16½ „	14	6
Weenen.	48° N.	200	9½	— 1½ „	20½ „	22	6
Utrecht.	52°5′ N.	—	9.9	1.5 „	18.4 „	16.9	—
Keulen	51° N.	50	10	1½ „	18½ „	17	—
Dublin.	53° N.	—	10	5 „	16½ „	11	5½
Straatsburg	48½° N.	150	10	1 „	20 „	19	—
Parijs.	49° N	—	11	2 „	19 „	17	7
Ofen.	47½° N.	125	11	— 1½ „	22½ „	24	6
Peking.	40° N.	40	12	— 4½ „	26 „	30½	9
Milaan.	45° N.	150	12	½ „	23½ „	23	7
Washington.	39° N.	25	12	½ „	24 „	23½	8½
Sebastopol.	44½° N.	50	12½	2 „	24 „	22	—
Tiflis.	41½° N.	450	12½	— ½ „	24½ „	25	7½
San Francisco.	38° N.	50	12½	10 „	14½ Sept.	5	—
Bordeaux.	45° N.	—	13	5½ „	20½ Juli	15	8½
Sint Louis.	38½° N.	150	13	0 „	26 „	26	8
Tokio.	35½° N.	25	13½	2 „	26 Aug.	24	—
Konstantinopel.	41° N	20	14	5 Febr.	23½ „	18½	10
Triëst.	45½° N.	—	14	4 Jan.	24 Juli	20	4
Madrid.	40½° N.	600	14	7 „	25 Aug.	18	13
Melbourne.	38° Z.	40	14½	8½ Juli	20 Jan.	11½	10
Valparaiso.	33° Z.	—	14½	12 Aug.	17 Febr.	5	4½
Auckland op N. Zeeland.	37° Z.	—	15	11 Juli	19½ „	8½	10
Rome.	42° N.	50	15½	7 Jan.	25 Juli	18	9
Quito.	0°	2900	15½	15 Juli	16 Maart	1	—
Lissabon.	39° N.	100	15½	10 Jan.	21½ Juli	11½	6
Sint-Helena.	16° Z.	500	16	14 Sept.	19 Maart	5	3
Mejico.	19½° N.	2300	16½	12 Jan.	19½ Juni	7½	—
Kaapstad.	34° Z.	—	16½	12½ Juli	21 Jan.	8½	6
Sydney.	34° Z.	50	17	11 „	22 „	11	8
Buenos Ayres.	34½° Z.	25	17	10½ „	24½ „	14	—
Palermo	38° N.	—	17½	11 Jan.	25 Juli	14	7
Jeruzalem.	32° N.	750	17½	8½ „	24½ Aug.	16	10½
Athene.	38° N.	100	18	8½ „	28 Juli	19½	9
Madera.	32½° N.	—	19	16 Maart	22½ Aug.	6½	5
Algiers.	36½° N.	—	19½	14 Jan.	26½ „	12½	—
Nieuw-Orleans.	30° N.	—	20	12½ „	27 Juli	14½	—
Suez.	30° N.	—	21	13 Febr.	28½ „	15½	12
Kairo.	30° N.	25	21	12 Jan.	29 „	17	10
Lima.	12° Z.	150	23	17½ Juli	29½ Febr.	12	4
Hongkong.	23° N.	—	23	15½ Febr.	28½ Juli	13	4
Bagdad.	33½° N.	—	23	10 Jan.	35 „	25	13
Rio Janeiro.	23° Z.	50	24	19½ Juli	26½ Febr.	7	3
Tahiti.	17½° Z.	—	25	23½ Aug.	26 Maart	2½	7
Havanna.	23° N.	—	25	22 Jan.	27½ Aug.	5½	6
Multan (Voor-Indie).	31° N.	—	25	12½ „	36 Juli	23½	17

PLAATSEN.	Geogr. breedte.	Hoogte in Meters.	Gemidd. temperatuur in Celsius graden.			Verschil	Gemiddelde dagelijksche warmteteling.
			Jaarl.	Koudste maand.	Warmste maand.		
San Thomé (eiland).	0°	—	25	24 Juli	25½ Febr.	1½	6½
Batavia.	6°11′ Z.	—	25.9	25,3 Jan.	26.4 Mei, Oct.	1,1	5.9
Manila.	14½° N.	—	26	24 „	28 Mei	4	—
Cayenne.	5° N.	—	26	25½ „	26½ Sept.	1	5½
Calcutta.	22½° N.	—	26	20 „	30 Mei	10	7
Kaap York.	11° Z.	—	26½	24½ Aug.	27½ Dec.	3	5
Gondokoro.	5° N.	450	26½	24 „	30 Febr.	6	6
Paramaribo.	5°44′ N.	—	26.7	25.7 Jan.	27.6 Sept.	1,9	—
Colombo.	8° N.	—	27	26 „	28 April	2	4
Singapore.	1° N.	—	27	26 „	28 Juli	2	7
Koeka.	13° N.	300	28½	22 Dec.	33½ April	11	—

Tabellen dienen alleen ter vergelijking.

Vergelijk: Renselaarshaven en Jakoetsk.
Winipeg en Archangel.
St. Petersburg, Moskau en Reykiavik.
Nicolajewsk en St. Bernard.
Astrakan en Greenwich.
San Francisco en Sint Louis.
Lissabon en Quito.
Multan en Jeruzalem.

Maak rijen van steden, die nagenoeg op dezelfde breedte liggen en zie of het verschil in land- en zeeklimaat in het oog springt.

Bereken uit de tabel met behulp van § 26 onder welke isotherme Quito moet liggen, onder welke Antisana, onder welke St. Helena, onder welke Leh, enz. Welke plaats heeft de grootste gemiddelde dagelijksche slingering en hoe kunt ge dat verklaren?

LUCHTSTROOMEN.

§ **44. Luchtdruk.** Reeds hebben we hier en daar kennis gemaakt met den invloed, dien de luchtstroomen uitoefenen op de temperatuur.

Ga nog eens na, in welke gevallen de bochten van de isothermen gedeeltelijk ook aan den wind te wijten waren.

Bij de behandeling van den neerslag zullen we zien, dat de luchtstroomen ook daarop van grooten invloed zijn. De lucht draagt zoowel de warmte als het water van de eene plaats naar de andere; zoo werkt zij op de ontwikkeling van planten en dieren en daardoor tevens op die van den mensch.

Voor we ons echter met de luchtstroomen zelf bezig houden, wijden we onze aandacht aan den luchtdruk, daar het verschil, dat er te zijnen opzichte op de verschillende plaatsen der aarde bestaat, de naaste aanleiding tot het ontstaan

van den wind is. De luchtdruk wordt ons aangegeven door millimeters van den barometer. Wij meten dus de lengte van de kwikkolom, die even zwaar is als eene luchtkolom van dezelfde doorsnede. De normale druk is ongeveer 760 mm., maar zooals we reeds vroeger gezien hebben —

bij welke gelegenheid (par. 11) —

neemt de druk met de hoogte af, en wel te langzamer naarmate men hooger stijgt. Nemen we om de eenvoudigheid eene gelijkmatige temperatuur van 0° door den geheelen atmospheer aan, en stellen we, dat de barometer aan de oppervlakte op 762 mm. staat, dan vinden we de volgende standen op de daarbij staande hoogten.

Luchtdruk.	Hoogte in meters.	Hoogte-verschil voor 1 mm.	Luchtdruk.	Hoogte in meters.	Hoogte-verschil voor 1 mm.
760	21	10.5	610	1777	13.1
730	342	10.9	580	2180	13.8
700	678	11.4	550	2604	14.5
670	1027	11.9	520	3052	15.4
640	1393	12.5	490	3527	16.3

Ware de atmospheer homogeen d. i. overal even dicht, dan zou zij 7991 meter hoog moeten wezen. Dit geeft ons het middel aan de hand om bij benadering voor elken luchtdruk te weten, hoeveel meter men stijgen moet om den barometer 1 mm. te doen dalen. Staat b.v. dit werktuig op 520 mm. dan zal men 7991 meter : 520 = 15.4 meter stijgen moeten, eer men een luchtdruk van 519 mm. bereikt. Voor groote hoogte-intervallen is de berekening meer samengesteld.

Kunt ge uit uw natuurkunde die 7991 meter ook berekenen?

§ **45. Dagelijksche slingering.** De luchtdruk vertoont eene dagelijksche slingering. Hij is het grootst om 10 uur des voormiddags en 10 uur des avonds; het geringst om 4 uur des morgens en 4 uur des avonds. De slingering schijnt nagenoeg buiten invloed van locale omstandigheden te staan; want deze uren blijven over de geheele aardoppervlakte dezelfde; alleen op gebergten valt de hoogste barometerstand in den voormiddag later en verdwijnt soms de laagste stand in den namiddag. Op den Faulhorn, op eene hoogte van 2670 meter, valt het voormiddagsmaximum in den zomer om 1 uur 's namiddags.

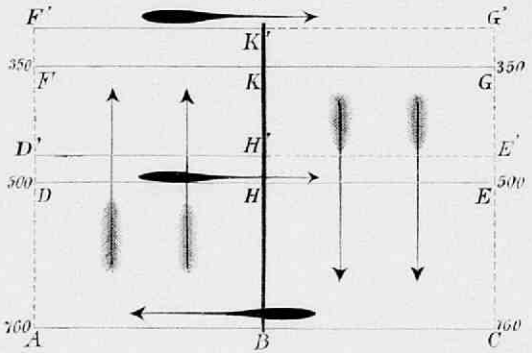
Het onderscheid tusschen den hoogsten en den laagsten stand m. a. w. tusschen het maximum en het minimum is niet overal even groot. Onder den aequator bedraagt het 2 à 3 mm., onder 30° breedte 1,6 mm., onder 48° breedte ongeveer 1 mm., onder 60° breedte slechts 0,13 mm. Eene voldoende verklaring van de dagelijksche slingering van den barometerstand is er nog niet gegeven; wel is het natuur-

lijk, dat de dagelijksche warmteslingering er eenigen invloed op uitoefent; hoe, dat zal u in het vervolg blijken.

§ **46. Ongelijke verwarming van de luchtlagen.** Werd de atmospheer aan de oppervlakte der aarde gelijkmatig verwarmd en nam de warmte in zijne lagen overal in dezelfde verhouding af, dan zou men hem in een aantal horizontale lagen (we laten buiten rekening, dat de aarde een bol is, anders moesten we zeggen: een aantal concentrische lagen) kunnen verdeelen, zoodanig dat de temperatuur van dezelfde laag in al hare deelen even groot was. Nu echter aan deze beide voorwaarden niet voldaan wordt, hebben we ook eene dergelijke gelijkmatige verdeeling der warmtelagen niet te zoeken.

Figuur 2 geeft ons eene voorstelling van hetgeen er gebeurt, wanneer eene zelfde laag in den dampkring in haar verschillende deelen ongelijke temperaturen bezit.

Fig. 2.



Zij ABC de aardoppervlakte en $ACGF$ de onderste lagen uit den dampkring tot waar de barometer 350 mm. aanwijst. Nemen we verder aan, dat op de hoogte, waarop DE getrokken is, de stand van den barometer 500 mm. is. Denken we ons nu, dat de kolom boven het grondvlak AB wordt verwarmd, terwijl die boven BC de oorspronkelijke warmte blijft behouden; de lijn $K'KH'HB$ scheidt dan de beide kolommen. Door de verwarming zet de lucht boven AB uit. Het gedeelte, dat zich zoo even tot DH uitstrekte, zal zich nu uitstrekken tot $D'H'$; dat hetwelk zich uitstrekte tot FK nu tot $F'K'$. Op de hoogte van $D'H'$ zal dus de luchtdruk nu 500 mm. zijn, op de hoogte van $F'K'$ 350 mm. De vlakken van 500 en 350 mm. hebben zich dus naar boven verplaatst; er is dus eene beweging naar boven ontstaan. Gebeurde er niets anders dan dat, zoo zou de druk op AB niet verminderen, want deze is alleen afhankelijk van de geheele massa, die op haar rust; en niet van de hoogte van die massa. Doch bij eene eenvoudige verschuiving naar

omhoog blijft het niet; dat zal ons duidelijk zijn, als we den druk beschouwen, die er ter weerszijden van de denkbeeldige scheiding $K'B$ op verschillende hoogten, wordt uitgeoefend. Op de hoogte van H wordt boven BC een druk van 500 mm. uitgeoefend; boven AB wordt er meer uitgeoefend, want bij H' bedraagt die 500 mm. Bij H' ligt op de hoogte van $D'E'$ boven AB eene laag, waarvan de drukking 500 mm. bedraagt, boven BC eene, waarvan die minder is. Bij K ligt boven AB eene laag van meer dan 350 mm. druk, boven BC eene van 350 mm. Bij K' ligt boven AB eene laag van 350 mm. druk, boven BC eene van minder dan 350 mm. Door de verwarming liggen dus boven AB de lagen, die gelijken druk uitoefenen als boven BC, hooger, en op gelijke hoogte oefenen de lagen boven AB grooter druk uit dan die boven BC.

Daar de drukking zich ook zijdelings voortplant, zoo hebben we hiermede tegelijkertijd de zijdelingsche drukkingen op $K'B$ met elkaar vergeleken. Is de drukking van de laag $D'H'$ grooter dan die van $H'E'$, dan oefent de eerste meer kracht uit tegen de scheiding in H' dan de laatste. We komen dus tot de slotsom, dat door verwarming van de luchtkolom boven AB in de eerste plaats verschuiving van den bepaalden luchtdruk naar boven ontstaat; en in de tweede plaats, dat aan alle punten van de scheiding BK' de zijdelingsche druk hooger is aan den kant boven AB, dan aan den kant boven BC. Hadden we dien wand van buigzame stof gemaakt, dan zou hij naar de zijde boven BC bol gaan staan. Nu hij echter niet dan in de verbeelding bestaat, blijft de lucht niet in rust, maar beweegt zich van de ruimte AK' naar de ruimte $K'C$, zooals door de beide bovenste horizontale pijltjes is aangewezen.

Daardoor wordt nu echter ook de stand van den barometer boven AC gewijzigd. Zoolang geen lucht in de richting van de beide bovenste pijltjes vloeide, bleef de stand daar onveranderd 760 mm. Nu dat echter wel gebeurt, wordt de luchtdruk boven AB minder en boven BC meer. Evenzoo verandert de zijdelingsche druk, die even boven B aan de zijde van BC nu grooter is dan aan de zijde van AB en een luchtbeweging ontstaan doet van BC naar AB, zooals het onderste pijltje aanwijst.

Resumeeren we het verschijnsel, dan vinden we:

1° **Door verwarming van eene kolom lucht schuiven de vlakken van bepaalden druk omhoog.**

2° **Daardoor ontstaat in de hoogere lagen van den dampkring een luchtstroom, uitgaande van de verwarmde kolom.**

3° **Dit heeft verlaging van den barometerstand op den bodem onder de verwarmde kolom en verhooging daarvan in de omgeving ten gevolge, waaruit**

4° **een luchtstroom geboren wordt, uitgaande van de onderste laag der niet-verwarmde kolom.**

5° **De hoogere luchtstroom ontstaat eerst en is de oorzaak van den lageren.**

6° **In de niet-verwarmde kolom begeeft de lucht zich naar omlaag.**

7° **De horizontale luchtstroom gaat steeds van de streek, waar hoogere luchtdruk heerscht, naar eene streek, waar de barometer lager staat.**

8° **Boven een luchtstroom aan den bodem is er altijd een in de hoogte in tegenovergestelde richting.**

We hebben hier dus gezien, hoe de warmte op de verdeeling van den luchtdruk in de hoogere lagen werkt. Het volgende tabelletje diene om de waarheid te doen zien van de onder n° 1 genoemde wet. Het geeft den luchtdruk in de Alpen aan op verschillende hoogte in den zomer en in den winter.

Plaats.	Hoogte in meters.	Luchtdruk in mm.		Verschil.
		Januari	Juli	
Genève	408	727,5	727,5	0
St. Bernard	2478	561,1	569	7,9
Theodulpas	3333	502	511,9	9,9

Op zeer aanschouwelijke wijze kan men het bestaan van twee dergelijke luchtstroomen, een onderste van de koudere naar de warmere luchtmassa en een bovenste van de warmere naar de koudere luchtmaisa waarnemen, door in den winter de deur van eene verwarmde kamer even te openen en de vlam van eene kaars aan het boven- en aan het benedeneinde van de opening te houden.

Door deze verhooging der lagen van gelijken druk zal de atmospheer in warmere streken, dus aan den aequator, hooger zijn, dan in de koelere op hooger breedte.

§ 47. Ongelijk gehalte aan waterdamp. Hebben we gezien, dat door verwarming luchtbeweging ontstaat, zoo was die verwarming toch niet de naaste aanleiding. Deze was de ongelijke drukking en alles, wat dus de gelijkheid van den luchtdruk verbreekt, zal aanleiding geven, al is het dan ook in mindere mate dan de warmte, tot beweging der lucht.

De aanwezigheid van waterdamp in de lucht doet den barometer dalen. Slechts schijnbaar is dit in strijd met de wet van Dalton (Zie v. d. Stadt I, § 121), die zegt: als twee dampen zich in dezelfde ruimte bevinden, dan is de spanning van het mengsel gelijk aan de som der spanningen, die elke damp zou hebben, als hij zich alleen in die ruimte verspreidde. We hebben in den atmospheer namelijk niet te doen met eene begrensde maar met eene onbegrensde ruimte. Ontstaat er nu plotseling boven het kwik in den bak van den barometer eene hoeveelheid waterdamp, dan zal de spanning van het mengsel daar grooter worden dan die van de omringende lucht, waarin zich niet zulk eene hoeveelheid waterdamp gevormd heeft. Daardoor zet het mengsel zich uit en waar vroeger alleen een zeker volume lucht was, verkrijgt men nu dezelfde volume van lucht met waterdamp, terwijl door de uitzetting een deel der lucht is uitgedreven. Daar nu lucht zwaarder is dan water-

damp, zal de druk verminderd zijn. Opneming van waterdamp doet dus de barometer rijzen, terwijl het aanwezig zijn van waterdamp den stand verlaagt; omgekeerd doet het neerslaan van den waterdamp den barometer dalen, terwijl het ontbreken van waterdamp in de lucht den stand verhoogt.

We kennen dus twee oorzaken, waardoor verschil in barometerstand op den aardbodem ontstaat, en wel de ongelijke verwarming van en de ongelijke verspreiding van waterdamp in den atmospheer.

Ga eens na wat het verloop der verschijnselen is, als plotseling al de waterdamp uit een luchtkolom neerslaat.

§ **48. Wind.** Elke luchtbeweging, die in horizontale richting langs de oppervlakte der aarde strijkt, noemen we in het algemeen w i n d. Hij ontleent zijnen naam aan het punt van den horizon, waar hij vandaan komt, in dier voege dat de waarnemer zich de beweging als rechtlijnig voorstelt. De wind, die uit het noorden komt, heet dus noordenwind.

Ook de horizontale luchtstroomen in de hoogere lagen van den dampkring dragen den naam van w i n d e n. We kunnen hunne richting ontdekken aan het drijven der wolken en aan den rook der vulkanen. We hebben gezien, dat ook beweging ontstaat naar omhoog en naar omlaag; deze stroomen worden niet met den naam wind aangeduid, maar heeten s t i j g e n d e en d a l e n d e l u c h t s t r o o m e n.

Behalve de richting onderscheidt men bij den wind de snelheid en de daarmede in verband staande drukking per □ meter. In de onderstaande tabel vindt men de in het dagelijksch leven gebruikelijke namen der winden met de snelheid per seconde en den druk op den □ meter.

NAMEN.	Snelheid in meters per sec.	Drukking in KG. op 1 M².	Uitwerking.
Stilte.	1	0,1	Stil. De rook stijgt bijna recht omhoog.
Koeltje.	3	1	De bladeren der boomen bewegen.
Zwakke wind.	5	2,5	De dunne takjes worden bewogen.
Frissche koelte.	8	6,4	Dikkere takjes worden bewogen.
Matige wind.	11	12	Groote takken bewegen.
Harde wind.	15	22,5	
Zeer harde wind.	19	36	Groote boomen schudden heen en weder.
Storm	24	57,6	Takken worden afgebroken.
Hevige storm.	29—34	84—116	Dikke takken worden afgebroken, boomen ontworteld.
Orkaan.	40	160	De sterkste boomen worden ontworteld, daken weggeslingerd.

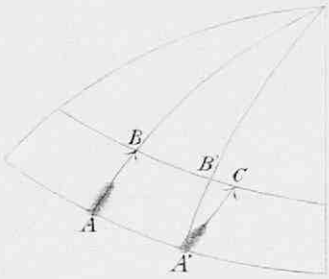
Bij ons komen drukkingen van meer dan 100 KG. op den vierk. meter zelden voor.

De kracht van den wind is op het vastland over 't algemeen geringer dan op den oceaan, aangezien de oneffenheden van het oppervlak aan de luchtbeweging een

niet geringen tegenstand bieden. Op den oceaan is die tegenstand zeer gering en hij vervalt geheel in de bovenste luchtlagen.

§ 49. Afwijking in richting tengevolge van de aswenteling. In par. 46 hebben we als punt 7 gezien, dat de luchtstroom zich van een plaats, waar de barometer het hoogst staat, naar een plaats begeeft, waar de barometer lager staat. Een maximum-gebied of een pressie is eene streek, waar hoogere luchtdruk heerscht, dan in de omgeving; een minimum-gebied of depressie is zulk eene, waar lagere luchtdruk heerscht dan in de omgeving. Wij kunnen dus ook zeggen: **de lucht stroomt van de pressie naar de depressie.** Was de aarde in rust, dan zou elk luchtdeeltje zich langs den kortst mogelijken weg, dus langs eene rechte lijn, daarheen spoeden. Dit is echter niet het geval: onze planeet draait in 24 uur om hare as. Alle punten leggen daarom in dien tijd een weg af, gelijk aan den breedte-cirkel, waaronder zij zich bevinden. Daar echter de parallellen niet even groot zijn, maar naar de pool kleiner worden, is de snelheid, waarmede de punten van de aardoppervlakte, zich tengevolge van de aswenteling bewegen, aan den aequator het grootst en wordt kleiner naarmate men de pool nadert.

Fig. 3.



Laat fig. 3 een gedeelte van het noordelijk halfrond voorstellen. Het punt A zal dan bij de aswenteling een weg AA' afleggen in denzelfden tijd, dat het punt B het punt B' heeft bereikt. Denken we nu, dat een luchtdeeltje uit A zich naar B spoedt, in de richting door het pijltje aangewezen. We nemen aan, dat het luchtdeeltje in denzelfden tijd van A naar B kan gaan, als de aarde noodig heeft, om van AB naar $A'B'$ te wentelen. Het luchtdeeltje zal echter onafhankelijk van de beweging der aarde, zich voortspoeden in de richting door het pijltje uit A aangewezen. Is A nu in A' gekomen, dan bevindt het zich op den breedtecirkel van B, maar niet in B'; integendeel het heeft den weg $A'C$ afgelegd, die evenwijdig is aan AB; het heeft dus grooter weg afgelegd dan BB' en is in vergelijking van B of B' naar het oosten voortgeschoven. Voor den waarnemer in B of B', die van zijne plaatsverandering niets bemerkt, heeft het dus eene beweging naar het noorden en naar het oosten. De wind, die hij bemerkt, is dus gedeeltelijk zuid, gedeeltelijk west, zeggen we een zuidwestenwind. Staat die waarnemer met den rug in den wind, dan is de richting naar rechts afgeleid.

Ter verduidelijking geven we nog de volgende redeneeringen:

1. Bij de wenteling der aarde om hare as legt een punt aan den aequator per seconde 463 meter af in de richting van het westen naar het oosten; een punt op 45° N.B. slechts 327 meter.

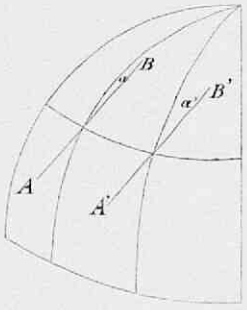
Begeeft zich nu een luchtdeeltje van een punt van den aequator op 0° lengte naar hooger breedte, dan zal het naar het noorden gaan, maar tevens zijne snelheid van 463 meter per sec. behouden (alle beletselen als wrijving, gebergten, enz. laten we buiten rekening). Stel, dat dat luchtdeeltje 50000 seconden noodig heeft om op 45° N.B. te komen, dan zal het 50000 × (463 m. — 327 m.) = 6800 kilometer ten oosten van den meridiaan van 0° op die breedte aankomen. In werkelijkheid heeft het langer tijd noodig en zal dus het verschil nog grooter zijn, maar de hoofdzaak blijft gelijk: de zuidenwind is door de aswenteling veranderd in een zuidwestenwind. Voor 't gemak zijn we nu van den aequator uitgegaan. We hadden evengoed eene beweging van 40° naar 50° breedte kunnen nemen.

2. Alle luchtdeeltjes op hooger breedte hebben een geringere draaiingssnelheid dan die op lager breedte. Is een waarnemer zelf met al de hem omringende voorwerpen in beweging, dan meent hij stil te staan. Een luchtdeeltje, dat een beweging heeft in denzelfden zin als hij maar met grooter snelheid, zal door hem waargenomen worden, alsof het eene snelheid heeft, die gelijk is aan het verschil tusschen zijne snelheid en die van het deeltje. In bovenstaand geval heeft het luchtdeeltje dus 2 snelheden: één naar het noorden en één naar het oosten en deze laatste ter grootte van 463 meter — 327 meter = 136 meter. Die beide bewegingen zullen een resultante geven naar 't noordoosten.

Er is nog een tweede oorzaak, die eene afwijking ten gevolge heeft, n.l. de bolvorm der aarde.

In de wiskundige aardrijkskunde wordt onder de bewijzen van de aswenteling der aarde ook genoemd de proef van Foucault. Wanneer men een slinger gedurende eenigen tijd laat slingeren, dan zal het slingervlak, althans schijnbaar, niet steeds dezelfde richting behouden, maar afwijken. Bevinden we ons op het noordelijk halfrond en slingert ~~het vlak~~ de slinger in de richting AB (Zie fig. 4), dan maakt ~~het~~ slingervlak met den meridiaan den hoek a. Na eenigen tijd heeft het slingervlak door de aswenteling de plaats $A'B'$ ingenomen en maakt nu met den meridiaan den hoek a', die blijkbaar grooter is dan hoek a. De richting van het slingervlak is gelijk gebleven; maar wij merken op, dat ze voor de plaatsen op aarde meer oostelijk is geworden. Evenzoo is het met de richting van den wind. Bleef ze in werkelijkheid dezelfde, dan zou ze achtervolgens verschillende meridianen onder steeds grooter wordende hoeken snijden en wij zouden waarnemen, dat op het noordelijk halfrond de poolwaartsche richting hoe langer hoe meer oostelijk werd.

Fig. 4.



We komen dus tot de slotsom, dat om twee redenen een luchtstroom, die op het noordelijk halfrond van den aequator naar de pool gaat, naar rechts moet afwijken, n.l. door de aswenteling en door den bolvorm der aarde.

Het blijft voor ons nu nog de vraag, hoe gedragen zich luchtstroomen van

andere richting. Nemen we in de eerste plaats op het noordelijk halfrond een stroom, die zich in de richting van de pool naar den aequator wendt. Deze gaat dus van B naar A (Zie fig. 3) en zal dus na de wenteling van B tot B' niet in A' aangekomen zijn, maar zooveel ten westen er van als BB' korter is dan AA'. De noordenwind is dus veranderd in een noordoosten. Om de tweede reden zal iets dergelijks geschieden. De richting van B naar A (Zie fig. 4) verandert in eene van B' naar A'; deze maakt grooter hoek met den meridiaan, gaat dus meer naar 't westen of komt meer uit het oosten dan de richting BA.

De afwijking wordt altijd genoemd naar den rechter- of linkerkant van een persoon, die met den rug in den wind staat. Zij is dus hier ook weder naar rechts.

Beredeneer dit ook op de twee andere wijzen.

§ **50. De afwijking op het zuidelijk halfrond.** We laten aan den lezer over deze afwijking te vinden. Daartoe keere hij de figuur onderst boven, zoodat ze dienst kan doen voor 't zuidelijk halfrond, en bedenke daarbij, dat de aarde zich nu van AB beweegt naar AB. Het pijltje uit A' valt dan langs de meridiaan; dat uit A komt ten oosten van B. De afwijking is dus voor een luchtdeeltje, van den aequator uitgaande, naar het oosten. Plaatst men nu een waarnemer met den rug in den wind, dan is de afwijking naar links. Keeren we nu eens fig. 4 om en nemen we een luchtdeeltje, dat naar den aequator toegaat in de richting van BA, dan zal het (de aarde draait van A' naar A) later in de richting BA gaan en deze maakt met den meridiaan kleiner hoek; het is dus ook naar links afgeweken.

Tot goed inzicht is het van belang de andere redeneeringen ook te beproeven.

Wij komen dus tot de volgende wet, die naar den ontdekker **de wet van Buys Ballot** heet:

De lucht stroomt van de pressie naar de depressie en wordt daarbij op het noordelijk halfrond naar rechts, op het zuidelijk naar links afgeleid.

De afwijking geschiedt dus in den zin der pijlen:

Noordelijk halfrond.



N. — N.O. — O. — Z.O. — Z. — Z.W. — W. — NW. — N.



Zuidelijk halfrond.

Een zuidenwind wordt op het noordelijk halfrond dus een zuidwestelijke, op het zuidelijk een zuidoostelijke, enz. Echter moet opgemerkt worden, dat de wrijving en de richting van gebergten eene aanmerkelijke wijziging kunnen teweegbrengen. Op den oceaan is daarom de afwijking altijd grooter dan op het vaste land.

§ **51. Gradiënt.** We hebben gezien, dat het verschil in luchtdruk de naaste

aanleiding tot de beweging was. Het is dus zeer natuurlijk, dat de sterkte van den wind afhangt van de meerdere of mindere grootte van dat verschil. Trekt men eene rechte lijn van eene plaats met hoogeren barometerstand naar eene, waar dit werktuig niet zoo hoog staat, dan zal men den barometer zien dalen, naarmate men deze plaats langs deze lijn nadert. Van het meer of minder snel dalen hangt de sterkte van den wind af. De afneming in luchtdruk voor elken 111 kilometer (d. i. 1° aan den aequator of 15 geogr. mijl) langs eene rechte lijn aan de oppervlakte der aarde noemt men de gradiënt. Er is tusschen gradiënt en windkracht hetzelfde verband als tusschen de stroomsnelheid eener rivier en haar verval.

Welk verband?

Hebben we dus 2 plaatsen, die $7\frac{1}{2}$ geogr. mijl van elkander liggen en 2 mm. in luchtdruk verschillen, dan is de gradiënt 2×2 mm. $= 4$ mm. Bedraagt de gradiënt meer dan 5 mm., dan stormt het; vandaar dat men hoogere gradiënten ook wel stormgradiënten noemt. Bij den storm, die den 1sten October op het eiland Nassau (Bahama-eilanden) woedde, bedroeg de gradiënt 12 mm.

§ 52. Luchtbeweging om eene pressie. Laat ons nu nagaan, hoe eene beweging van den atmospheer om eene pressie plaats heeft. Daar de omgeving naar alle zijden geringeren luchtdruk heeft, moet de lucht naar alle zijden wegstroomen. Stond de aarde stil en had zij den vorm van een cylinder, was er dus geen afwijking, dan verwijderde elk deeltje zich rechtlijnig uit het middelpunt naar den omtrek. Op het noordelijk halfrond wordt die beweging echter naar rechts afgeleid en dus zullen we om de pressie heen op het noordelijk halfrond eene luchtbeweging hebben, zooals in fig. 5 is aangeduid. In het midden van de pressie daalt de lucht en deze verticale stroom wordt door toevoer in de hoogere lagen onderhouden. We hebben dus in verticale doorsnede eene luchtbeweging, zooals door de pijltjes onder de horizontale doorsnede van de pressie wordt aangegeven. Dat er in het centrum werkelijk eene nederdaling plaats vindt, kan men hieruit afleiden, dat anders het wegstroomen der lucht spoedig moest ophouden. Maar bovendien wordt het ons duidelijk aangetoond door de richting, waarin de wolken drijven.

Hoe zouden die dan wel drijven?

Aangezien de lucht aan de oppervlakte van de pressie naar de omliggende streken gaat, kan geen luchtstroom van andere plaatsen er verandering van weer brengen en is de pressie dan ook over 't algemeen gekenmerkt door rust en onveranderlijkheid. Daarenboven is de lucht doorgaans helder en bevat weinig waterdamp. Midden in de pressie is het kalm; zoo er wind heerscht, is deze zeer zwak.

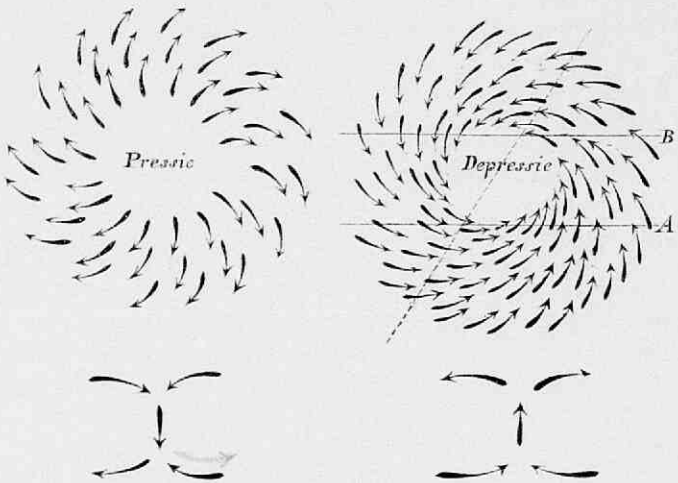
Voor het zuidelijk halfrond blijft de verticale doorsnede gelijk; de horizontale verandert in zooverre de pijltjes niet naar rechts, maar naar links moeten ombuigen.

Teeken nu de luchtbeweging om eene pressie op het zuidelijk halfrond.

Eene pressie met de luchtbeweging om haar heen noemt men een **anticyclone.**

§ **53. De luchtbeweging om eene depressie.** In de depressie is de luchtdruk geringer dan in hare omgeving. Van alle zijden stroomt de lucht langs de oppervlakte dus toe. Had er geene afwijking plaats, dan was de richting, waarin elk luchtdeeltje zich bewoog, die van een straal uit eenig punt van den omtrek naar het middelpunt getrokken. Door de aswenteling en den bolvorm wordt zulk een deeltje echter onophoudelijk naar rechts (we denken ons op het noordelijk halfrond) afgeleid en kan dus niet in het middelpunt van de depressie komen. Daar het echter juist zijne beweging ontleende aan de zuiging, om het zoo eens uit te drukken, die het naar het middelpunt ondervond, zal diezelfde zuiging ook de richting zoo wijzigen, dat het wel in het centrum geraakt. Daartoe zal om de depressie eene luchtbeweging moeten ontstaan, zooals de pijltjes van fig. 5 aanduiden, juist in tegengestelden zin als om de pressie. Daar de toegestroomde lucht de depressie niet spoedig op-

Fig. 5.



Luchtbeweging op het noordelijk halfrond.

heft, komen we weer tot het besluit, dat er in het centrum een opstijgende luchtstroom te vinden is en dat tengevolge daarvan in de hoogere lagen des dampkrings de lucht weer naar de zijden moet wegvloeien. De richting, waarin de wolken boven eene depressie drijven, komt hiermede volkomen overeen.

We hebben dus in fig. 5 ook de horizontale en de verticale doorsnede van de

luchtbeweging om eene depressie of van eene **cyclone** in 't noordelijk halfrond. Voor 't zuidelijk halfrond is de beweging andersom.

Teeken een cyclone voor 't zuidelijk halfrond.

Eene anticyclone aan de oppervlakte geeft dus eene cyclone in de hoogere lagen, terwijl eene cyclone aan de oppervlakte gevoed wordt door eene anticyclone daarboven. We hebben in par. 46 gezien, dat de bovenste luchtbeweging het eerst ontstaat. Is eenmaal een cyclone in het leven geroepen, dan wordt de luchtdruk in de luchtdraaikolk hoe langer hoe geringer. Hoe meer de barometer daalt, hoe sneller wordt de beweging en hoe lager weder de luchtdruk. Eene cyclone vergroot dus de oorzaken van haar ontstaan. Daarenboven heeft er doorgaans neerslag van waterdamp plaats en de daardoor vrij geworden verdampingswarmte verhoogt de temperatuur en doet de lucht stijgen. Houdt de opstijgende stroom op, dan eindigt ook het afvloeien van boven en langzamerhand wordt de depressie opgeheven.

Het groote onderscheid tusschen anticyclonen en cyclonen komt vooral uit in haar verschillend karakter.

Hoe was dat van de anticyclone?

De cyclone heeft aan de verschillende zijden van haar gebied zeer onderscheiden eigenschappen. Deelen we haar in twee deelen, zooals in fig. 5 door eene stippellijn is aangewezen. Op het noordelijk halfrond loopt die lijn van N.N.O. naar Z.Z.W.; op het zuidelijk van N.N.W. naar Z.Z.O. De oostzijde noemt men de voorzijde, de westzijde de achterzijde van de cyclone. Deze verschillen veel, zooals de volgende tabel aanwijst.

	Achterzijde	Voorzijde
Windrichting	O. — N.O. — N. — N.W. — W.	W. — Z.W. — Z. — Z.O — O.
Barometer	stijgt,	daalt,
Thermometer	daalt,	stijgt,
Bewolking	neemt af.	neemt toe,
Vochtigheid	daalt,	stijgt,
Neerslag	weinig,	overvloedig.

Aan de voorzijde waaien de winden, alsof ze van den aequator kwamen; zij brengen warmte en regen. Aan de achterzijde doen zulke zich gelden, die over 't algemeen eene noordelijke richting hebben. Vandaar dat men de voorzijde ook wel de aequatoriale zijde, de achterzijde de poolzijde noemt.

Evenzoo spreekt men van aequatoriale winden, die in de richting van den aequator naar de pool gaan (zij behoeven geenszins aan den aequator te beginnen, noch aan de pool te eindigen), en van poolwinden, die dus eenvoudig uit eene noordelijke streek komen.

§ 54. Het passaatgebied. In de beide voorgaande paragraven hebben we slechts het oog gehad op pressie's en depressie's, die eenigszins den vorm van cirkels hadden, en zich of geheel op het noordelijk of geheel op het zuidelijk halfrond bevonden. Onder den thermischen aequator (Zie § 37, 38 en 39) bevindt zich echter eene depressie, die zich voornamelijk in twee opzichten van de bedoelde depressie's onderscheidt en wel:

1e haar vorm is lang gerekt en

2e zij strekt haar gebied over een gedeelte van het noordelijk en van het zuidelijk halfrond uit.

Door het eerste verschil kan er eigenlijk van geen ronddraaiende beweging sprake zijn, aan de poolzijde zou de wind oost, aan de aequatoriaalzijde west zijn.

Hoe waren die richtingen bij eene depressie op 't noordelijk en op 't zuidelijk halfrond?

Door het tweede wordt de luchtstroom aan beide zijden naar het westen afgeleid.

Deze depressie met haar beweging noemt men **het passaatgebied.**

We hebben dus drie soorten van windbeweging: de anticyclone, de cyclone en den passaat.

Werpen we een blik op de geografische verbreiding, dan komen we tot het besluit, dat men de aardoppervlakte kan verdeelen in drie gebieden:

1e het gebied, waar altijd de passaat heerscht,

2e het gebied, waar cyclonen en anticyclonen naast elkander voorkomen en

3e het gebied, dat nu eens tot het eerste dan weer tot het tweede behoort.

Om dit duidelijk te zien, moeten we een blik op de isobarenkaart werpen.

§ 55. Isobaren. Wanneer men evenals van den thermoter op gezette, met oordeel gekozen tijden, den stand van den barometer opteekent, dan kan men daaruit den gemiddelden barometerstand voor eene bepaalde plaats vinden, zoowel voor een dag, voor een maand als voor een jaar. Om de verschillende uitkomsten op verschillende plaatsen met elkander te kunnen vergelijken moet men in de eerste plaats de warmte buiten rekening brengen.

Het kwikzilver is tamelijk gevoelig voor de warmte en zal bij gelijken luchtdruk dus hooger staan in den zomer dan in den winter. De stand van den barometer moet dus ook tot een zekere normaaltemperatuur herleid worden. Daarvoor heeft men de temperatuur van 0° C. aangenomen. In de tweede plaats moet men de hoogte van de waarnemingsplaats in aanmerking nemen. De herleiding tot op den zeespiegel is aan zeer veel bezwaar onderhevig, maar indien de grootste nauwkeurigheid — en dit is zelden het geval — niet vereischt wordt en de hoogte van de plaats van waarneming niet al te groot is, kan men de reductie naar eenvoudige voorschriften uitvoeren. De volgende tabel kan hiertoe dienen. Zij bevat voor verschillende barometerstanden en temperaturen de hoogteverschillen in meters, die

bij den barometer een verschil van 1 mm. te weeg brengen. Nemen wij aan, dat een barometer geplaatst is op eene hoogte van 150 meter en 762 mm. aanwijst bij een temperatuur van 15°, dan wijst zij ongeveer 760 mm. bij eene temperatuur van 0°. Om nu dezen stand tot op den zeespiegel te reduceeren, zoekt men in de tabel, hoeveel meters men bij eene temperatuur van 15° C., moet stijgen om den barometer 1 mm. te doen dalen: men vindt dan 11.1 meter. Dit is op 150 meter ongeveer 14 maal begrepen en we moeten dus den barometerstand 14 mm. hooger nemen en komen dan tot 774 mm.

Tabel voor de herleiding van den barometerstand tot op den zeespiegel.

Temperatuur in C.	Waargenomen barometerstand, herleid tot 0° C.						
	760	750	740	730	720	710	700
	Hoogte-verschil in meters voor 1 mm. verschil in barometerstand.						
— 5	10,3	10,4	10,6	10,7	10,9	11,0	11,2
0	10,5	10,7	10,8	10,9	11,1	11.3	11,4
+ 5	10,7	10,9	11,0	11,2	11,3	11,5	11,6
10	10,9	11,1	11,2	11,4	11,5	11,7	11,9
15	11,1	11,3	11,4	11,6	11,8	11,9	12,1
20	11,4	11,5	11,7	11,8	12,0	12,2	12,3
25	11,6	11,7	11,9	12,0	12,2	12,4	12,5
30	11,8	11,9	12,1	12,2	12,4	12,6	12,8
35	11,9	12,1	12,3	12,4	12,6	12,8	13,3

Eigenlijk moest nu de gevonden barometerstand nog herleid worden tot op eene bepaalde breedte (doorgaans 45°), aangezien de zwaarte van alle lichamen, en dus ook van lucht en van kwik van den aequator naar de pool toeneemt. Wanneer de nauwkeurigheid niet zeer groot moet zijn, laat men dit achterwege.

De herleiding van den stand van 762 mm. bij 15° C tot nagenoeg 760 mm. bij 0° is verkregen, door de uitzettingscoëfficiënt van kwik in rekening te brengen. Men heeft echter ook tabellen voor dit doel vervaardigd.

Hoe geschiedt die herleiding met de uitzetting-coëfficiënt van kwik?

Wat is eenvoudiger de herleiding van de temperatuur of die van den luchtdruk?

Men heeft nu, even als bij de temperatuur, de plaatsen, die een gelijken gemiddelden luchtdruk hadden, door lijnen vereenigd en aan die lijnen den naam van **isobaren** gegeven.

Even als bij de temperatuur dient men ook hier het woord *gemiddelde* niet uit het oog te verliezen. Eene plaats op onze breedte komt nu eens onder den invloed van eene pressie, dan weer onder dien van eene depressie; nu eens bevindt ze zich aan de poolzijde, dan aan de aequatoriaalzijde —

beteekent dit hetzelfde als de noord- en de zuidzijde —

van eene cyclone. Wij hebben hier slechts te doen met de middelwaarde van den luchtdruk. Wij moeten ons de volgende vraag stellen: Hoe is de gemiddelde stand van den barometer en in hoeverre hangen daarvan de overheerschende winden af? Deze overheerschende winden toch zijn de eigenlijke dragers van het klimaat.

De ongelijkheid van druk in den dampkring is even onstandvastig als de warmteverdeeling. De isobaren der verschillende maanden stellen den gemiddelden luchtdruk voor, maar geven geen blijvenden toestand. Kaart VII toont ons een minimum-gebied ten zuidwesten van IJsland. Dit beteekent niet, dat dat minimum daar in de maand Januari altijd te vinden is, want dan moesten wij die geheele maand in ons land zuidwestenwind hebben en we weten wel beter. Maar het toont ons, dat daar dan voornamelijk cyclonen te vinden zijn; op het land in dezelfde breedte komen dan anticyclonen voor. De bocht boven de Davisstraat en de Baffinsbaai zegt ons, dat ook daar cyclonen het overwicht hebben. De vermindering in luchtdruk van 't vasteland naar den Noordelijken Atlantischen oceaan is de normale toestand en overeenkomstig daarmede komen in West-Europa aequatoriale winden, in Oost-Amerika poolwinden het meest voor.

Spreken we dus van een cyclonengebied, dan bedoelen we daarmede een gebied, waar cyclonen meer dan anticyclonen voorkomen en omgekeerd.

§ **56. Isobaren en winden in Januari.** Beschouwen we nu kaart VII wat nauwkeuriger. Zij stelt de verdeeling van den luchtdruk voor gedurende het hartje van den noordelijken winter. Zoeken we de plaatsen, waar de barometer het hoogst staat, dus de maximumgebieden. We zien een breeden band van hoogen luchtdruk, die den oceaan gedeeltelijk, het vaste land nagenoeg geheel bedekt. Op het vasteland beslaat die band vrijwel de gebieden, waar de grootste negatieve anomalie heerscht.

Wat verstaat men door anomalie (zie § 42)? Vergelijk kaart VII met kaart IV.

Hij is in twee deelen gescheiden: een Aziatisch en een Amerikaansch.

Boven Azië is het maximumgebied veel grooter en heeft veel hooger luchtdruk, evenals daar de negatieve anomalie veel grooter is. Dat van het westelijk halfrond strekt zich over den Atlantischen Oceaan tot in Zuidwest-Europa en Noordelijk Afrika uit en reikt aan de andere zijde tot over de Sandwichs-eilanden. Deze gedeelten boven den oceaan zijn ten opzichte van de overige gedeelten van de zee op zich zelf maxima en daar ze op de grenzen van de tropische zone (Zie § 40) gelegen zijn, kunnen we ze Subtropische centra noemen. Dat van den Atlantischen Oceaan bevindt zich ten zuiden van de Azoren, dat van den Grooten Oceaan ten noorden van de Sandwichs-eilanden.

Het Aziatische centrum verlengt zich in het zuiden eveneens naar 't oosten en 't westen, maar niet zoo ver. In het oosten reikt het daardoor tot dicht bij het Subtropisch maximum-gebied in den Grooten Oceaan, zoodat we hier een westelijk en een oostelijk Subtropisch centrum hebben.

De lijn, die de plaatsen van hoogsten luchtdruk op elken meridiaan vereenigt, noemt men de hoofdwindscheiding, aangezien deze lijn de aequatoriale van de poolwinden scheidt. Zij is op onze kaart aangegeven voor 't noordelijk halfrond.

Onder den aequator vinden we het minimum-gebied, waarvan in § 54 gesproken is. Op de oceanen met negatieve anomalie ligt het centrum van dit gebied ten noorden van den aequator, terwijl het op de betrekkelijk te warme zeeën zuidelijker te vinden is.

Op het zuidelijk halfrond vinden we meer poolwaarts boven de oceanen pressie's, die echter niet tot eenen band vereenigd zijn, maar gescheiden worden door de minima boven de vastlanden. Daardoor verkrijgen we op het zuidelijk halfrond drie centra van hoogen luchtdruk: een Atlantisch, een Indisch en een Zuid-Pacifisch.

Aan de poolzijde van de Subtropische centra op den Atlantischen en den Grooten Oceaan neemt de luchtdruk naar het noorden af; het laagst is hij ten zuidwesten van IJsland en ten zuiden van de Aleöeten. Ook hier blijkt weer, op de meest tastbare wijze, het verband tusschen anomalie en luchtdruk: op dezelfde breedte ongeveer vinden we de grootste positieve anomalie: in de omgeving van IJsland de anomalie van 20°, bij de Aleöeten die van 10°. De te warme gebieden zijn juist de luchtdrukminima. Ja zelfs de buigingen van de isanomalen over de Baffinsbaai zijn in de isobaren terug te vinden. Aan de poolzijde van de drie pressie's op het zuidelijk halfrond daalt de barometer in de richting naar de pool. De isobaren loopen evenals de isothermen nagenoeg evenwijdig aan de parallellen, waarom het vermoeden gewettigd is, dat zich bij de zuidpool een minimum-gebied bevindt. Van dit gebied weten we echter nagenoeg niets af; we noemen het het Zuidpoolgebied.

Op het noordelijk halfrond vinden we dus in Januari op onze breedte 4 verschillende windgebieden naast elkander en wel

1e het Atlantisch cyclonegebied,
2e het Siberisch anticyclonegebied,
3e het Pacifisch cyclonegebied,
4e het Amerikaansch anticyclonegebied.

Daarop volgen ook in de richting van west naar oost op lager breedte

5e het Noord-Atlantisch passaatgebied,
6e het gebied van de Middellandsche Zee (waarover later),
7e het Noord-Indisch passaatgebied,
8e het Noord-Pacifisch passaatgebied.

Hierop volgen op het zuidelijk halfrond:

9e het Zuid-Atlantisch passaatgebied,
10e het Zuid-Afrikaansch cyclonegebied,

11e het Zuid-Indisch passaatgebied,

12e het Australisch cyclonegebied,

13e het Pacifisch passaatgebied.

En eindelijk aan de poolzijde der zuidelijke pressie's:

14e het Zuidpoolgebied.

§ 57. **Nadere beschouwing der windgebieden in Januari.** Voor we ons naar de isobarenkaart van Juli wenden, nemen we enkele gebieden tot nadere beschouwing onder handen.

De Noord-Atlantische cyclone is voor ons de gewichtigste, daar wij onder haren invloed liggen; daarenboven is zij het nauwkeurigst onderzocht. De lijn, die van de Bermudas naar IJsland wordt getrokken, verdeelt haar in een aequatoriaal en een poolgedeelte. In het eerste komen dus aequatoriale winden het meest voor, dat zijn zuidelijke en westelijke.

Vergelijk het noorden van den Atlantischen Oceaan op kaart VII met fig. 5.

Die winden brengen de hooge temperatuur van den Golfstroom (Zie § 140), benevens groote vochtigheid en overvloedigen neerslag tot in West- en Noord-Europa en zelfs tot in Siberië; natuurlijk het meest aan de westkust van ons werelddeel en te minder naarmate men zich verder van die kust verwijdert.

De isobarenkaart gaf maar den gemiddelden toestand en er komen dus aan de poolzijde ook wel aequatoriale winden, aan de aequatoriale zijde van de cyclone ook wel poolwinden voor. Echter hebben aan de poolzijde de poolwinden het overwicht. Drukt men in procenten uit het aantal malen, dat er een poolwind waait, en ook het aantal malen, dat er een aequatoriale wind waait, en trekt men deze procenten van elkaar af, dan geeft het verschil een getal dat tot vergelijking kan dienen. In de volgende tabel zijn die verschillen opgenomen. Het teeken — duidt overwicht der poolstroomen, + overwicht der aequatoriaalstroomen aan.

Poolzijde.		Aequatoriaalzijde.	
Nieuw-Engeland	— 31	Ierland	+ 20
Kust van New-York tot Chesapeakbaai	— 21	Schotland	+ 27
		Engeland	+ 7
Kust van de Chesapeakbaai tot Savannah	— 9	West-Noorwegen	+ 34
		Zuid-Zweden	+ 9
Hudsondal	— 9	België	+ 22
Canadasche meren	+ 5	Nederland	+ 26
Ohio en Tenessee	+ 11	West-Frankrijk	+ 8
Boven-Mississippidal	— 4	Zwitserland	+ 21
		Bohemen	+ 15
		Noord-Rusland	+ 21
		Centraal-Rusland	+ 23
		West-Siberië	+ 20

Waarom Engeland en Zuid-Zweden zulk eenen vreemden indruk maken in dezen rij, verklaren wij later (Zie § 71).

In Noord-Amerika neemt het overwicht der poolwinden naar 't zuiden snel af; en daarmede stijgt de temperatuur even snel.

Waarom loopen de Januari-isothermen in Europa bijna evenwijdig met de meridianen? Waarom is West-Europa in Januari betrekkelijk te warm, en Noord-Amerika betrekkelijk te koud?

De Noord-Pacifische cyclone. Deze is door eene lijn van de Bonin-eilanden naar Aljaska in de twee deelen te verdeelen. Aan de aequatoriale zijde ligt de westkust van Noord-Amerika, echter slechts de smalle strook tusschen het gebergte en de kust. Vonden we hier een gunstiger verticalen vorm, dan zou het verschil met West-Europa niet zoo groot zijn. De poolzijde strekt zich uit van het schiereiland Aljaska tot aan de hoofdwindscheiding, dat is tot aan den keerkring. In de Beringsstraat heerschen doorgaans poolwinden en het middelpunt dezer cyclone ligt dan ook 10° zuidelijker dan dat van de Atlantische.

Volgende windtabel dient ter vergelijking met de voorgaande.

Poolzijde.		Aequatoriaalzijde.	
Ochotskische kust en Kamtsjatka	— 41	Kust van Noord-Amerika	+ 16
Sachalin, Japan en China	— 47	Boven-Columbia	+18

Oostelijk-Azië is er dus veel slechter aan toe, dan Oostelijk-Amerika. Het anticyclone-gebied in Azië is dus veel standvastiger dan dat in Noord-Amerika. Dit is een gevolg van de hooge gebergten, waarop we terugkomen, als we de oorzaken van het ontstaan der gebieden nagaan. (Zie § 58).

Kunt ge nu de oorzaak wel noemen, waarom de Januari-isothermen aan de oostkust van Azië hunne bocht naar den aequator veel dieper maken, dan die aan de oostkust van Amerika? Vergelijk de beide cyclonen.

Was er ook verschil in den luchtdruk in de Noord-Atlantische cyclone en in de Noord-Pacifische cyclone? Heeft dit iets met de sterkte van den wind te maken? Waar zal de wind dan het sterkst zijn?

In de beide anticyclonen is de luchtbeweging gering en de hemel doorgaans helder.

Is er ook verschil in luchtdruk tusschen de Noord-Amerikaansche en de Siberische anticyclone?

De Siberische is daardoor veel beslister dan de Amerikaansche, waartoe ook de richting der gebergten veel bijdraagt.

§ 58. Ontstaan der pressie's en depressie's op hooger breedte.

De vraag doet zich nu aan ons voor: Is het natuurlijk, dat zich op hooger breedte boven de oceanen depressie's, boven de vastelanden pressie's bevinden?

Ofschoon alles nog niet opgehelderd is aangaande het ontstaan der luchtdrukverschillen, kunnen we, met hetgeen te voren is gezegd, toch een heel eind ter verklaring komen.

We hebben toch gezien, dat de warmte de aanleiding is tot het verhoogen van de lagen van gelijken luchtdruk en daardoor in de hoogere lagen luchtbeweging bewerkt, uitgaande van de verwarmde lucht. Boven den oceaan is de lucht in Januari aanmerkelijk warmer, dan boven de landmassa; dus is het natuurlijk, dat daar in de bovenste lagen des dampkrings afstrooming naar de verschillende zijden plaats heeft. Bovendien is de lucht er met waterdamp verzadigd, wat den barometer doet dalen (Zie § 47) en daarenboven veroorzaakt, dat de temperatuur met de hoogte langzamer dan anders afneemt (Zie § 24). Boven de landmassa is dus in de hoogere lagen toevoer van lucht; de dampkring bevat geen of weinig waterdamp, zoodat èn de lucht zwaarder is èn de temperatuur met de hoogte sneller afneemt; terwijl ten laatste de temperatuur boven de vastlanden op die breedte in Januari zeer laag is.

Vergelijken we nu de Siberische en de Noord-Amerikaansche anticyclone, dan vinden we, dat het groote verschil in luchtdruk te verklaren is uit de volgende oorzaken:

1e De temperatuur in Azië is in Januari veel lager dan in Noord-Amerika (Zie de isothermenkaart). Het verschil bedraagt op 50° N.B. 10° C., op 70° N.B. zelfs 15° C.

2e De vorm van het land is zeer verschillend. Achter-Azië is een hoogland door randgebergten omgeven. De onderste zware, koude luchtlagen kunnen over die randgebergten niet wegvloeien. Amerika daarentegen mist eene zoo uitgestrekte hooglandsvorming en de onderste, koude lagen kunnen aan de oostzijde naar den Atlantischen Oceaan wegstroomen. Aan de westzijde van Amerika strekt zich het Rotsgebergte met de Sierra Nevada uit en belet de wegvloeiing van de lucht naar de westzijde.

§ **59. De passaat.** Aan de hoofdwindscheiding op het noordelijk halfrond is de windrichting zeer weinig constant, wat zeer natuurlijk is, als men de bewegelijkheid van den dampkring in aanmerking neemt. Zuidelijker komen we in het gebied van den passaat. Het ontstaan ervan kan men op de volgende wijze verklaren. Boven den thermischen aequator wordt de lucht zeer verwarmd en stijgt daardoor omhoog, terwijl koudere lucht toestroomt, om daar op haar beurt warmte van de aardoppervlakte op te nemen en omhoog te stijgen. Door dit onophoudelijk verwisselen van warmere en koudere lagen, wordt den geheelen dampkring een hoogere temperatuur medegedeeld, waardoor in de bovenste lagen een zijdelingsche druk en dus ook een afvloeien naar het noorden, zoowel als naar het zuiden ontstaat. De oppervlakte van den luchtoceaan moet daar dan ook aanmerkelijk hooger zijn. De poolwaartsche afvloeiing veroorzaakt een langgerekt minimumgebied in de nabijheid van den thermischen aequator: den zoogenaamden g o r d e l d e r w i n d s t i l t e n.

Den luchtstroom in de bovenste lagen des dampkrings noemt men d e n a n t i p a s s a a t. De omtrek van de aarde is onder den aequator het grootst; hoe meer men naar de pool gaat, hoe geringer wordt de lengte van de parallellen. De anti-

passaat wordt dus hoe langer hoe meer in de breedte saamgedrukt; hij tracht natuurlijk aan diepte te winnen, wat hij aan breedte moet verliezen en is daardoor oorzaak, dat er op ongeveer 30° breedte maxima ontstaan, die we hebben leeren kennen onder den naam van Subtropische maxima op het noordelijk, van Zuid-Atlantisch, Indisch en Zuid-Pacifisch maximum op het zuidelijk halfrond (Zie § 56). Alleen boven de oceanen zijn deze gebieden ontwikkeld.

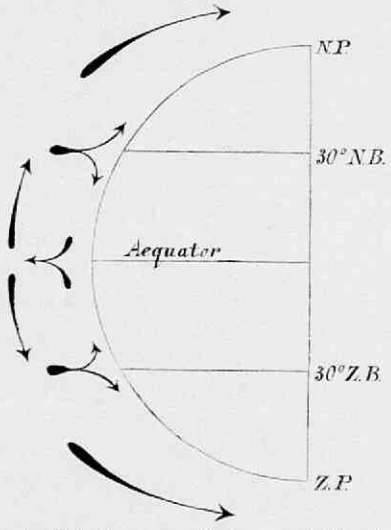
We krijgen daardoor aan de oppervlakte der aarde onder den aequator een minimum, op omstreeks 30° breedte een maximum en tusschen deze beide een luchtstroom, die op het noordelijk halfrond noordoost, op het zuidelijk halfrond zuidoost is, en den naam van passaat draagt.

Daar het minimum wel een langgerekte, maar geen eenigszins ronden vorm heeft, kan er geen cirkelvormige luchtbeweging om de depressie ontstaan. De maximumgebieden op het zuidelijk halfrond naderen meer den cirkelvorm en vertoonen zich dan ook werkelijk als anticyclonen.

Welk verschil is er tusschen de windrichting ten noorden en ten zuiden van het passaatminimumgebied en die bij een gewone cyclone aan de noord- en zuidzijde? Waarom wordt de antipassaat op het noordelijk halfrond een zuidwesten- op het zuidelijk een noordwestenwind; waarom de passaat een noordoost- en zuidoostpassaat, in plaats van eenvoudig een noorden- en zuidenwind?

Maken we nu eene verticale doorsnede van den atmospheer, van den aequator tot de pool, en laten we daarbij de zoo verschillende toestanden aan de poolzijde van 30° breedte buiten rekening, dan krijgen we de luchtbeweging zooals de pijltjes van nevensstaande figuur die voorstellen. Boven den aequator (daar de thermische aequator zich nu eens ten zuiden dan weer ten noorden van den astronomischen bevindt, plaatsen we voor den eerste gemakshalve den laatste) stijgt de lucht omhoog, wendt zich als antipassaat in de hoogere lagen poolwaarts, daalt op ongeveer 30° breedte gedeeltelijk naar omlaag en stroomt dan deels naar den aequator terug, deels naar de cyclonen, die op hoogere breedte boven de oceanen liggen.

Fig. 6.



Boven de vastlanden stroomt in de hoogere lagen de antipassaat verder poolwaarts, welke beweging boven de oceanen natuurlijk door eene in tegengestelde richting vervangen wordt.

Denk aan de beweging in de hoogere lagen boven eene depressie.

Hoe hoog de passaat zich wel in den dampkring uitstrekt, weet men niet nauwkeurig; maar door de beweging der wolken, door de richting van de rookkolom der vulkanen heeft men onomstootelijke bewijzen, dat in de hoogere lagen van den dampkring de antipassaat waait. De rook uit den 3700 meter hoogen Piek van Teneriffe gaat steeds naar het westen.

Hoe groot is het verschil in luchtdruk, waardoor de passaat ontstaat? Vergelijk dit verschil met de verschillen van de cyclonen en anticyclonen op het noordelijk halfrond. Is daaruit ook iets af te leiden aangaande de snelheid en de kracht van den passaat? Hoe dichter de isobaren bij elkander liggen, hoe grooter de kracht en de snelheid van den wind.

De grenzen van den passaat liggen niet overal op gelijke breedte, trouwens de passaatgordel behoort eigenlijk slechts boven den oceaan te huis. Hoe verder we van de hoofdwindscheiding naar het zuiden gaan, hoe duidelijker wordt de passaat. De poolgrens van dit windgebied op het noordelijk halfrond ligt in het oosten van den Atlantischen Oceaan op bijna 40° N.B., in het westen op ongeveer 30°; maar de eigenlijke passaat doet zich in het westen eerst op 30°, in het oosten eerst op 25° N.B. met kracht gevoelen. De westelijke Sahara, Centraal-Amerika en het noorden van Zuid-Amerika behooren nog tot het Atlantisch gebied van den noordoostpassaat. In den Grooten Oceaan treffen we den duidelijken passaat in het oosten aan op 30° N.B, in het westen op 21°—25°. In de oostelijke Sahara, in Arabië en Mesopotamië gaat een noordwestelijke wind naar den Indischen Oceaan. In Centraal-Azië begint de eigenlijke passaat eerst ten zuiden van den Himalaja. Dit gebergte verheft zijne toppen ver boven zijn gebied en de zuidwestelijke winden doen zich op de zuidelijke helling dan ook met kracht gevoelen. Hier wordt dus de passaatgrens door den verticalen vorm der aarde bepaald. Aan de poolzijde van dit reusachtig gebergte ligt tot 50° N.B. een overgangs gebied, waarin echter poolwinden het meest voorkomen.

Waarom heerschen hier poolwinden meer dan aequatorinaalwinden?

In Noord-Afrika is het niet de verticale maar de horizontale vorm, die de hoofdwindscheiding naar 't noorden buigt. De Middellandsche Zee draagt een gebied van minderen luchtdruk, zooals aan de buiging van een isobaar van 765 mm. duidelijk te zien is. Noordenwinden heerschen daarom vooral aan de noordkust. Aan de zuidkust komen ook veel zuidenwinden voor, wat trouwens geen verwondering kan baren, daar de Middellandsche Zee reeds op de breedte ligt, waarop de watermassa verwarmend werkt en dus eene depressie doet ontstaan. Echter is het gebied van Zuid-Europa en Noord-Afrika door zijnen zeer samengestelden horizontalen en verticalen vorm ook wat het klimaat aangaat te samengesteld, om in een leerboek als dit eenigszins nauwkeurig besproken te worden.

Aan de aequatoriale zijde van den Himalaja vloeit de lucht door de dalen van

Indus, Ganges en Bramapoetra naar den Indischen Oceaan en neemt eerst daarna de eigenlijke passaatrichting aan.

Overal waar de thermische aequator ten zuiden van den astronomischen ligt (Zie § 38) en dus ook de gordel der windstilten zich op het zuidelijk halfrond bevindt, vertoont de noordoostpassaat zich op dat halfrond, maar verandert dan zijne richting van noordoost in noordwest. Het verst dringt die noordwestenwind door in Australië, waar hij onder bereik der daar heerschende cyclone komt. Dezen afgeleiden passaatwind noemt men moesson; vandaar dat men op het zuidelijk halfrond niet spreekt van een noordwestpassaat, maar een noordwestmoesson.

In het zuidelijk halfrond vinden we op de oceanen tot 30° breedte den passaatwind, die echter door den kringvorm der anticyclonen aan de oostzijde der continenten steeds naar het zuiden wordt afgeleid. Boven de werelddeelen van het zuidelijk halfrond ontstaat door de werking der landmassa (Januari is hier het hartje van den zomer) een luchtverwarming, die cyclonen veroorzaakt, en wel duidelijk boven Australië, minder boven Afrika en nog minder boven Zuid-Amerika.

In het Zuidpoolgebied treffen we westelijke winden aan.

§ 60. Isobaren en winden in Juli. Nemen we nu de isobarenkaart voor Juli (de zomer van 't noordelijk, de winter van 't zuidelijk halfrond) ter hand.

Beschouwen we weer eerst het noordelijk halfrond. Hoe geheel anders ziet het er nu uit.

Vergelijk de isobarenkaarten van Januari en Juli.

De zuidoostpassaat treedt ten westen van Middel-Amerika ruim 10° op het noordelijk halfrond, evenzoo op den Atlantischen, den Indischen en den Grooten Oceaan. In de nabijheid van de westzijde der continenten wijzigt hij zijne richting tot eene zuidwestelijke. Ook de gebieden van hoogen luchtdruk van Januari zijn naar het noorden voortgeschoven, aan de westzijde van Noord-Amerika zelfs tot 60° N.B.; evenzoo op den Atlantischen Oceaan, waar de isobaar van 760 mm. merkwaardig samenvalt met de grens tusschen positieve en negatieve anomalie (Zie de kaart). De centra daarvan, omsloten door den isobaar van 765 mm., onze Subtropische maxima, liggen eveneens noordelijker dan in Januari.

Vergelijk de ligging op de kaart.

Thans strekt het Atlantische zich tot 45°, het Noord-Pacifische zich tot 50° N.B. uit. De hoofdwindscheiding ligt dus ook noordelijker. Maar ofschoon deze maxima nu noordelijker liggen dan in Januari, zij bestaan toch en we komen dus tot de overtuiging, dat de Atlantische en Pacifische Subtropische maxima op het noordelijk halfrond constant zijn.

Zij vormen echter geen aaneensluitend geheel, want de maxima boven de landmassa waren niet constant. Azië

en Noord-Amerika zijn in warmtetoestand geheel gewijzigd: van te koude streken zijn ze te warme geworden.

Zie de kaart van de isanomalen in Juli en vergelijk die met die van Januari.

De isobaren buigen naar 't zuiden en een depressie doet zijn invloed op beide vastlanden gelden. Daardoor vindt men de hoofdwindscheiding in Mejico nu onder den keerkring, terwijl ze in Azië geheel verdwenen is. **Er is dus een groot onderscheid tusschen de oceanische en de continentale maxima: de eerste zijn constant, de laatste periodiek.**

Daardoor is de passaatzone op het noordelijk halfrond voor de helft verdwenen. We vinden haar nog van de westkust van de Sahara over den Atlantischen Oceaan, Middel-Amerika en den Grooten Oceaan tot den meridiaan van Sachalin. De poolgrens ligt op den oceaan hoogstens tot 30° N.B.

Boven de landmassa op ongeveer 40° N.B., boven de oceanen meer poolwaarts, vinden we dus vier cyclonegebieden:

1e de Noord-Atlantische cyclone om IJsland,
2e de Aziatische cyclone, die zeer groot is en het passaatgebied in het zuidoosten van Azië vernietigt,
3e de Noord-Pacifische cyclone en
4e de Noord-Amerikaansche cyclone.

De grenzen van de beide oceanische zijn zeer onduidelijk, daar op hoogere breedte de vorming van anticyclonen ontbreekt.

Ook het zuidelijk halfrond is zeer gewijzigd. Nu vinden we hier een band van hoogen luchtdruk. De depressie's boven de continenten zijn opgeheven en een doorloopend gebied strekt zich op omstreeks 30° Z.B. om den geheelen aardbol uit.

Is dat gebied overal even breed?

Boven den Atlantischen Oceaan hangt het samen met het gebied op het noordelijk halfrond; daar toch daalt de barometer nergens onder 760 mm. Een blik op de isanomalen doet ons zien, dat die oceaan daar ook te koud is. Doch de plaatsen, waar de luchtdruk het grootst is, liggen ook op het zuidelijk halfrond iets noordelijker.

De drie maxima boven de zuidelijke oceanen zijn blijven bestaan, de minima boven de continenten zijn opgeheven. We komen dus tot dezelfde slotsom als op het noordelijk halfrond: **de maxima boven de oceanen zijn constant, die boven de continenten periodiek.**

Heeft de indeeling van de landmassa nu ook een grooten invloed op de windrichting?

De verschillende passaatgebieden zijn in Juli nog wel te onderscheiden maar minder beslist. De anticyclonische beweging is duidelijk herkenbaar en reikt tot 5° en misschien nog hooger. Tegen de westkust van Zuid-Afrika wordt de richting van den passaat afgeleid. De oorzaak ligt in de koude van den Benguelastroom (Zie § 142), waardoor

het vastland van Afrika, waarover zich de Aziatische cyclone zelfs nog uitstrekt, zich als aantrekkingspunt der luchtbeweging doet gelden.

De poolgrens van den duidelijken passaat ligt op ongeveer 25° breedte, in den Atlantischen Oceaan gaat zij bij de westkust van Afrika tot 30° Z.B. Daarbuiten vindt men steeds westelijke winden.

§ 61. Nadere beschouwing der windrichting in Juli. Het Noord-Atlantisch cyclonegebied heeft zijn minimum waarschijnlijk tusschen IJsland en de Faroër. Het gebied strekt zich uit over Amerika ten oosten van de Mississippi, den Atlantischen Oceaan tot Florida, Frankrijk, Groot-Brittanje, Ierland en westelijk Duitschland. Eene lijn van de James-baai naar IJsland deelt het in een pool- en een aequatoriaal gedeelte. De oostgrens is echter weinig constant, daar zich nu boven Azië eene cyclone bevindt, die in Europa noordenwind tracht te verwekken. Poolstroomen heerschen dan ook in ons werelddeel meer in den zomer dan in den winter.

De Noord-Pacifische cyclone is tegen de Aziatische nagenoeg onbegrensd; haar middelpunt is onbekend.

De Noord-Amerikaansche cyclone trekt de lucht uit de Golf van Mejico als zuiden- en zuidoostenwind en van den Pacifischen Oceaan als noordwestenwind.

De Aziatische cyclone is verreweg de meest ontwikkelde; van China strekt zij zich uit tot het midden der Sahara, van de Noordelijke IJszee tot den evenaar. Haar minimum ligt waarschijnlijk in Centraal-Azië, maar de buigingen van den isobaar van 755 mm. doen zien, dat West-Siberië, China en de Sahara ook als depressie's tegenover hunne omgeving staan. Trouwens de verhitte bodem kan overal aanleiding geven tot het vormen van minima. Zond de landmassa dus in den winter naar alle kanten lucht uit, thans trekt de lucht van rondom op het continent los. Zelfs het passaatgebied wordt geheel en al vernietigd en de zuidoostpassaat als zuidwestenwind over den aequator geleid. Daar echter hooge gebergten het minimum tot in de lagen van den antipassaat afsluiten, moeten andere minima ten zuiden van den Himalaja daar de oorzaak van zijn, gelijk we later zullen zien. De aequatoriale winden, die hier in de plaats treden van den passaat, heeten moessons. Langs de oostkust van Azië hebben ze hun ontstaan te danken aan het opheffen van de Aziatische anticyclone en hare verwisseling met eene cyclone; dat gebied noemt men daarom het Oost-Aziatisch moessongebied. Over het Indisch moessongebied spreken we later.

De kleine Europeesche hoogvlakten in Scandinavië en Spanje hebben eveneens een cyclone, maar eene locale, doen ontstaan;

Kunt gij aantoonen, hoe dit natuurlijk is? Is het aan de windrichting op het kaartje ook te zien?

evenzoo heeft de noordkust van Afrika nu beslist noordenwinden.

§ **62.** Tot verduidelijking geven wij nog het volgende

Overzicht der windgebieden.

Januari					
Noord-Pacifische cyclone	Noord-Amerikaansche anticyclone	*Noord-Atlantische cyclone*		Siberische anticyclone	
Noord-Pacifische passaat		*Noord-Atlantische passaat*	(Gebied van de Middellandsche Zee)	Noord-Indische passaat	
Pacifische passaat	Zuid-Amerikaansche cyclone	*Zuid-Atlantische passaat*	Zuid-Afrikaansche cyclone	*Zuid-Indische passaat*	Australische cyclone
Zuidpoolgebied					
Juli					
Noord-Pacifische cyclone	Noord-Amerikaansche cyclone	*Noord-Atlantische cyclone*	Aziatische cyclone		
Noord-Pacifische passaat		*Noord-Atlantische passaat*			
Zuid-Pacifische passaat		*Zuid-Atlantische passaat*		*Zuid-Indische passaat*	
Zuidpoolgebied					

De standvastige gebieden zijn cursief gedrukt.

§ **63. Oceanisch windsysteem.** Uit het voorgaande blijkt, dat we op den oceaan gedurende den winter zoowel als gedurende den zomer van het noorden naar het zuiden de volgende rij van windgebieden hebben:

1° een gebied van westenwinden tot ongeveer 35° N.B.;

2° een gebied van hoogen luchtdruk, waar de windrichting onbepaald is en waaraan men den naam van noordelijke paardenbreedte geeft;

3° het noordelijk passaatgebied;

4° een gebied van lagen druk bij den thermischen aequator, waar windstilten en stormen elkander afwisselen en dat men het gebied der windstilten of den stiltegordel noemt;

5° het zuidelijk passaatgebied;

6° een gebied van hoogen luchtdruk, waar de windrichting onbepaald is en waaraan men den naam van zuidelijke paardenbreedte geeft;

7° het gebied der westenwinden.

We moeten echter opmerken, dat in het gebied der westenwinden niet altijd westenwinden voorkomen maar er den boventoon hebben, terwijl daarentegen in de passaatgebieden altijd de passaat heerscht. Men zou het passaatgebied dus ook het gebied der bestendige winden en dat der westenwinden het gebied der veranderlijke winden kunnen noemen.

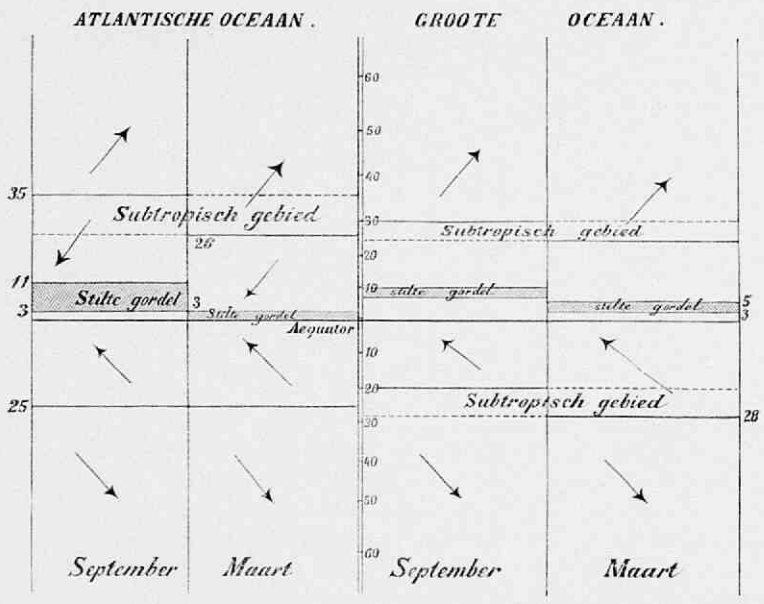
§ **64. Verschuiving der passaten.** Het gebied der windstilten ligt vrijwel onder den thermischen aequator. Maar deze verschuift naar gelang van den

stand der zon. Bevindt dit hemellichaam zich ten noorden van den astronomischen evenaar, heeft het noorderdeclinatie, dan ligt hij op het noordelijk halfrond; heeft het zuiderdeclinatie, dan ligt hij op het zuidelijk. Daarnaar verschuift ook het gebied der windstilten, maar volgt in zijne verplaatsing den thermischen aequator slechts van verre, zoodat zijne verschuiving niet zoo groot is en het altijd op het noordelijk halfrond blijft. Zijne ligging geeft de volgende tabel.

Atlantische Oceaan.		Groote Oceaan.	
Maart	September	Maart	September
3°—0° N.B.	11°—3° N.B.	5°—3° N.B.	10°—7° N.B.

Dit gebied vormt de aequatoriaalgrens van den passaat. De poolgrens der passaten ligt ook niet altijd op dezelfde breedte, zooals we bij de vergelijking van de Januari- en Juli-isobaren gezien hebben. Vandaar dus eene geheele verschuiving van het gebied van den passaat, waarvan fig. 7 eene voorstelling geeft.

Fig. 7.



Verschuiving van den passaat.

Door de beschouwing der figuur zien we duidelijk, dat aan de poolgrenzen der

passaten zich een gebied bevindt, dat in den zomer onder den invloed van den passaat ligt, maar in den winter onder dien van de aequatoriale winden. Aangezien nu de passaat een droge wind is en de aequatoriale luchtstroomen regen aanbrengen, hebben die streken in den winter regen, terwijl in den zomer de neerslag zeer gering is of geheel ontbreekt. Dat gebied noemt men het gebied van den nterregen of de Subtropische zone.

Maak uit de figuur een tabel van de breedte, tot welke zich de passaatgrenzen in Maart en September in den Atlantischen Oceaan en in den Grooten Oceaan uitstrekken.

De Subtropische zone komt niet alleen op zee voor, maar ook over de westkusten van de werelddeelen strekt zij zich uit. Een deel van Californië, van Chili, van Zuid-Afrika en bijna geheel Zuid-Europa behooren er toe.

Dat de streek der windstilten den thermischen aequator slechts van verre volgt, wordt hierdoor veroorzaakt, dat deze laatste de hoogste temperatuur aangeeft van de onderste luchtlagen, terwijl de eerste daar is gelegen, waar de gemiddelde temperatuur van den geheelen atmospheer het hoogst en het spec. gewicht dus het geringst is

Wanneer schuift de zuidelijke passaat naar 't noordelijk halfrond over?

§ 65. **Moessons.** De verwisseling van de zomer-cyclone boven 't vastland van Azië met een winter-anticyclone was oorzaak, dat men aan de oostzijde van dit werelddeel eene halfjaarlijksche verandering van windrichting had: gedurende den zomer woei daar een zuiden- of zuidoostenwind, gedurende den winter een noorden- of noordwestenwind. **Winden, die om het half jaar van richting veranderen, noemt men moessons.**

Het woord is afgeleid van het Arabische «mausim», dat jaargetijde beteekent: want eigenlijk heet het jaargetijde, waarin de wind voorkomt, moesson en is de naam later overgegaan op de winden, die den bijzonderen toestand van elk jaargetijde veroorzaken.

Daar ze op bepaalde tijden van richting veranderen zijn ze periodieke winden.

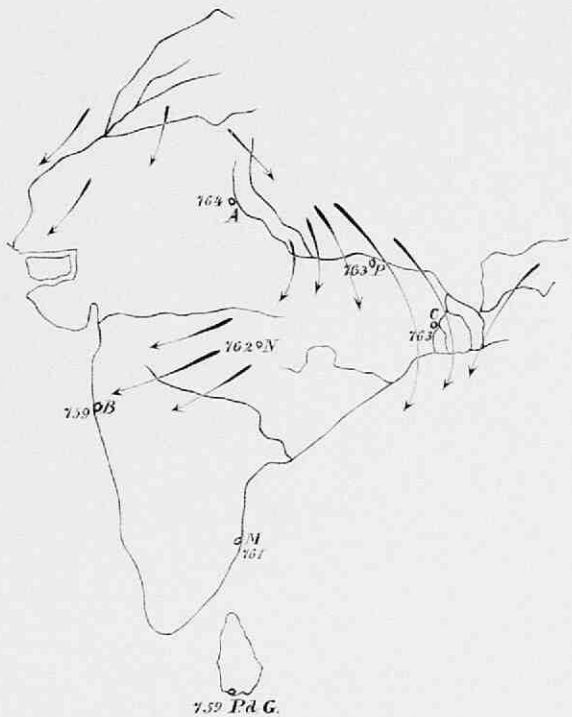
Ga nog eens na, hoe de verwisseling van winden aan de oostzijde van Azië ontstond.

De Himalaja staat echter als een onoverschrijdbare muur aan de zuidgrens van Centraal-Azië; hoog verheft hij zich boven de stroomen in de onderste luchtlagen en isoleert Zuid-Azië in het oosten geheel. Toch komen ook in Indië moessons voor. Deze moeten hunne oorzaak dus in een andere luchtdrukverdeeling vinden. Het best is in dit opzicht Voor-Indië bekend. Beschouwen we naar aanleiding van onderstaand kaartje den luchtdruk van Voor-Indië in Januari.

Zooals daaruit blijkt, neemt de barometerstand van het zuiden naar het noorden toe: Point de Galle 759, Madras 761, Nagpoer 762, Calcutta 763, Patna 763, Agra 764 mm. Noordelijker in de Pendsjab stijgt de barometer nog hooger. Daar ligt dus het middelpunt van de pressie, waardoor de luchtstroom ontstaat. Deze pressie leunt tegen het gebergte en de lucht heeft dus geen gelegenheid

om naar de noordzijde weg te vloeien. Aan de zuidzijde wordt zij door het plateau van Malva en de hoogvlakte van Dekan daarin verhinderd. Er blijft

Fig. 8.



Luchtdruk en winden in Voor-Indië in Januari.

haar dus geen anderen uitweg over dan door de dalen van Indus en Ganges. De pijltjes in onze figuur duiden aan, dat zij ook werkelijk deze richting neemt. Aan den mond van den Ganges buigt de wind zich naar het zuidwesten, wat geheel in overeenstemming is met de wet van afwijking (Zie § 49). De luchtdrukverschillen tusschen het noorden en het zuiden van Voor-Indië zijn echter niet groot (ongeveer 5 mm.); de gradiënt is dus gering en de sterkte van den wind evenzeer; vandaar dat in Bombay de zeewind doorgaans de bovenhand behoudt over den moesson. Ook strekt de wind zich niet hooger dan 2000 meter in den dampkring uit. De weinige kracht en de geringe ver-

ticale uitbreiding zijn deugdelijke bewijzen, dat de noordmoesson in Voor-Indië de eigenlijke noordoostpassaat niet is.

Beschouwen we nu den luchtdruk in dit gebied gedurende Juli, waarvan fig. 9 ons een beeld geeft.

Fig. 9.



Luchtdruk en winden in Voor-Indië in Juli.

Thans staat de barometer in Point de Galle op 758 mm., in Madras op 755 mm., in Nagpoer op 751 mm., in Calcutta op 751 mm., in Patna op 750 mm. en in Agra op 749 mm. We hebben dus eene vermindering naar het noorden en de Pendsjab is het middelpunt van eene depressie. Ook thans kan zich echter de ronddraaiende luchtbeweging niet ontwikkelen door den verticalen vorm van het terrein, maar stroomt de lucht uit de Golf van Bengalen en de Arabische Zee naar de hoogvlakte en dalopwaarts langs Indus en Ganges, zooals door de pijltjes wordt

aangegeven. Het verschil in luchtdruk is grooter dan in Januari n.l. ongeveer 9 mm.: de zuidenwind is dus sterker. De verticale uitbreiding is niet bekend.

We hebben hier van een zuidenwind in Juli en een noordenwind in Januari gesproken, omdat we anders tot een zeer samengestelde aanduiding zouden geraken. De zuidenwind toch is zuidoost of zuidwest naar gelang van het dal, waarin hij zich opwaarts beweegt. Evenzoo is de noordenwind noordoost of noordwest. Ga dit na.

Men kan deze moessons dan ook zeer goed *opwaartsche* en *afwaartsche* winden noemen.

Waarschijnlijk bestaat in Achter-Indië een dergelijke wisseling in de dalen van Irawaddi, Saloeën, Menam en Mekong.

De overgang tusschen den noordmoesson en den zuidmoesson heeft zonder windstilten en stormen plaats: het minimumgebied schuift langzaam naar het noorden. De zuidmoesson heerscht tot September. Het intreden van den noordmoesson geschiedt met groote evenwichtsverstoringen.

Resumeeren we de moessongebieden aan de zuidoostzijde van het oostelijk halfrond dan vinden we:

1° het Indisch moessongebied, ontstaan door de wisseling van pressie's en depressie's in het noorden van Voor- en waarschijnlijk ook van Achter-Indië;

2° het Oost-Aziatisch moessongebied, ontstaan door de wisseling van de Aziatische cyclone en anticyclone en

3° het Australisch moessongebied, ontstaan door de wisseling van de Australische cyclone en anticyclone.

In de nabijheid van den aequator gaan de beide laatste in elkander over: ons Insulinde behoort dus zoowel tot het eene als tot het andere.

Ga de windrichting in onze Indische bezittingen na. Hoe is de wind ten noorden en ten zuiden van den aequator (denk aan de afwijking naar rechts op het noordelijk, aan die naar links op het zuidelijk halfrond) in den zomer, hoe in den winter?

De moesson, die van lager naar hooger breedte trekt, brengt regen aan.

Welke is dus de regentijd in Voor-Indië, in Oost-Azië, in Insulinde?

§ 66. Gebied der veranderlijke winden. Reeds meermalen is er op gewezen, dat de isobarenkaart slechts een beeld geeft van den gemiddelden winddruk en dat we er dus niet anders dan den overheerschenden wind in een bepaald gebied uit kunnen afleiden. Daar waar we een meer constante verhouding tusschen pressie's en depressie's aantreffen, komt het beeld van de isobarenkaart nader bij de werkelijke luchtdruksverhoudingen, dan in die streken, waar de barometer zeer veranderlijke standen aanwijst.

Het moesson- en het passaatgebied behooren tot de eerste streken, het gebied der westenwinden aan de poolzijde van 40° N.B. en van 40° Z.B. tot de laatste. Vandaar de naam: gebied der veranderlijke winden.

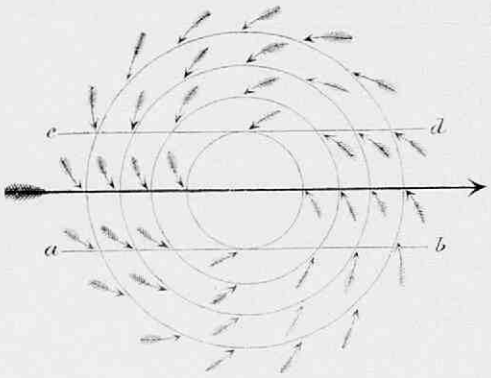
Zie voor deze veranderlijkheid nog eens de tabel in § 57.

De veranderlijkheid van de windrichting in deze streken is het gevolg van het ontstaan van tijdelijke pressie's en depressie's, die zich overigens geheel verhouden als de grootere, meer standvastige en waarop dus ten volle van toepassing is wat in § 52 en § 53 dienaangaande is gezegd.

Ga dat nog eens na.

Daar de pressie of anticyclone meer standvastig is, geeft zij bestendiger weer dan de depressie of cyclone. Deze laatste geeft vaak aanleiding tot stormen en vandaar noemt men eene depressie of cyclone ook wel een stormveld.

Fig. 10.



Een stormveld.

§ 67. Nadere beschouwing van een stormveld.

Zulk een stormveld geeft ons nevensstaande figuur nog eens te aanschouwen.

Vergelijk haar met fig. 5. Is het een stormveld voor het noordelijk of voor het zuidelijk halfrond?

De verschillende concentrische cirkels stellen de isobaren voor, terwijl de pijltjes de windrichting aangeven. In het middelpunt ligt het minimum van luchtdruk.

Duidelijk kunnen we den cirkelvormigen kringloop van den wind om dat middelpunt waarnemen, en tevens kunnen we iets afleiden aangaande de richting van den wind en de richting, waarin de luchtdruk geringer wordt. Deze laatste wordt aangeduid door elken straal van den omtrek naar het middelpunt getrokken. Genoemde richtingen staan dus nagenoeg loodrecht op elkaar, en we komen tot de volgende stellingen:

Wanneer een waarnemer met den rug in den wind gaat staan, ligt het middelpunt der depressie aan zijne linkerhand. Wanneer de waarnemer het aangezicht wendt in de richting, waarin de barometer daalt, dan komt de wind voor hem van links.

Deze beide stellingen zijn gevolgen van de wet van Buijs Ballot.

Ga deze wet nog eens na.

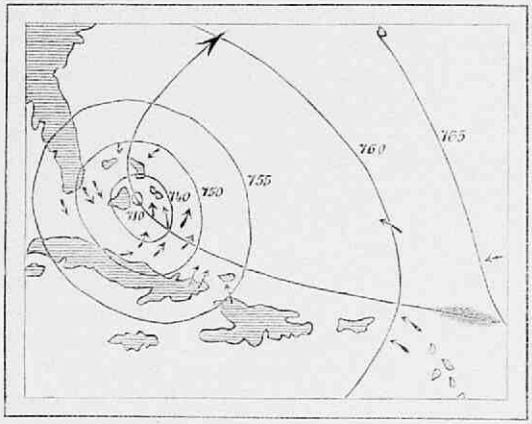
Onze figuur diende echter alleen voor het noordelijk halfrond. Op het zuidelijk halfrond geschiedt de draaiing eenigszins anders, daar gaat zij van het noorden door het oosten en zuiden naar het westen.

Teeken zelf nu een stormveld voor het gebied der veranderlijke winden op het zuidelijk halfrond.

Daar moeten de stellingen aldus luiden: Wanneer een waarnemer met den rug in den wind gaat staan, ligt het middelpunt der depressie aan zijne rechterhand; wendt hij het aangezicht in de richting, waarin de barometer daalt, dan komt de wind voor hem van rechts.

§ **68. Wervelstormen.** Al de winden, behalve de passaten, zouden, indien de oneffenheid der aardoppervlakte daarvoor geen beletsel ware, wervelwinden zijn. Door wervelstormen verstaat men die luchtbeweging, waarvan het stormveld klein in uitgebreidheid en de gradiënt, dus ook de kracht van den wind, zeer groot is. Deze stormen dragen verschillende namen naar gelang van de streek, waar ze voorkomen: in West-Indië heet men ze eenvoudig orkanen; in de Chineesche Zee typhons; in den Indischen Oceaan, waar ze ten oosten van Madagaskar veel voorkomen, tornado's. In het algemeen noemt men ze ook wel cyclonen in engeren zin.

Fig. 11.



Orkaan in de Bahama-eilanden op 1 October 1866.

Nevensstaande figuur geeft eene afbeelding van den luchtdruk en de winden in de West-Indische eilanden op den eersten October van het jaar 1866. Bij het eiland Nassau (Bahama-eil.) stond de barometer toen op 710 mm. In de omgeving nam de luchtdruk echter snel toe, zooals uit de isobaren in de figuur blijkt. Op een afstand van ongeveer 65 geogr. mijlen stond de barometer op 755 mm. De gradiënt bedroeg over dien afstand ongeveer 10 mm.

Wat verstaat men ook weer door een gradiënt? Wat is een stormgradiënt?

In één uur daalde de luchtdruk 18 mm. Somtijds neemt men een nog sneller dalen daarvan waar. De kracht van de draaiende beweging is bij de wervelstormen zoo groot, dat wij er ons geen denkbeeld van kunnen vormen. Bij den afgebeelden storm bedroeg de snelheid dikwijls meer dan 36 meter, soms zelfs ruim 50 meter per sec. De druk is eveneens zeer groot. Bij den Calcutta-orkaan in 1864 ongeveer 200 K.G. op den vierkanten meter. Deze orkaan veroorzaakte een opstuwing van het water van de Hugly, waardoor 48000 menschen van het leven beroofd werden.

In 1876 gingen door een wervelstorm in de delta van de Bramapoetra 200 000 menschenlevens verloren.

Beschouwen we nog even onze fig. 11, dan kunnen we aan de pijltjes de wervelbeweging duidelijk bemerken. In het centrum, omsloten door de isobaar van 706 (de laagste stand van den barometer teekende 703 mm.) heerschte evenals bij alle wervelstormen doodelijke stilte. Dit is het verschrikkelijkste oogenblik van het geheele verschijnsel en wordt den schepeling daarom zoo gevaarlijk, omdat eenige oogenblikken later de wind met verwoede kracht uit den tegengestelden hoek losbarst. Echter heeft de zeeman middelen om dit centrum te ontvlieden, daar hij doorgaans de richting kan weten, waarin het zich bevindt (Zie § 67). De middellijn van dit centrum is doorgaans klein; bij den door ons afgebeelden cycloon bedroeg het ruim 35 kilometer, bij dien van 15 October 1874 aan den mond van de Bramapoetra 80 kilometer.

De verwoesting door een dergelijken storm aangericht is onbeschrijfelijk; de hechtste gebouwen worden vernield en alle plantengroei wordt vernietigd; alleen de uitwerking van een aardbeving of een vulkanische uitbarsting is er mede te vergelijken. Ontzettende regens vergezellen de wervelstormen.

In onze figuur is verder nog een grootere pijl geteekend. Deze duidt den weg aan, dien het centrum van den cycloon heeft afgelegd. Men heeft namelijk opgemerkt, dat het centrum van een wervelstorm een baan beschrijft. Op de oorzaken van deze voortgaande beweging komen we later terug; in fig. 10 hebben we die baan ook door een grooteren pijl aangegeven.

In West-Indië strijken de centra aanvankelijk in de richting van zuidoost naar noordwest voort, maar buigen zich bij het verlaten der passaatzone plotseling naar het noorden om den Floridastroom te volgen. Dergelijke ombuigingen neemt men ook waar bij de tornado's van den Indischen Oceaan, de zoogenaamde Mauritius-orkanen, die eerst van noordoost naar zuidwest en daarna, bij het verlaten der tropische zone, naar het zuidoosten ombuigen. De typhons van de Chineesche Zee bewegen zich van oost naar west, de stormen van de Golf van Bengalen van zuidoost naar noordwest. De beide eerste volgen dus den loop der warme zeestroomen. De Floridastroom is vooral berucht wegens de vele stormen, die er heerschen en heeft daardoor den naam van stormkoning verworven.

Ook aan de westkust van Middel-Amerika en Californië komen wervelstormen voor.

Over 't algemeen komen ze slechts in weinige maanden van het jaar voor, ofschoon ze in andere niet geheel wegblijven. De typhons komen het meest in September en October voor; de cyclonen in West-Indië in de maand October, terwijl Augustus, September en November er ook rijk aan zijn. Onze water- en landhoozen zijn kleine wervelstormen. Op zee wordt het water in het centrum

omhoog gezogen, in de woestijn het zand. Zulke hoozen kunnen ook ontzettende verwoestingen aanrichten.

Dat water, waterdamp en zand omhoog worden geroerd, is een gevolg van den naar boven gerichten luchtstroom in het centrum (Zie § 53). Bij een cyclone, waarvan de luchtdruk in het midden 50 mm. beneden dien van de omgeving staat, zal het water ongeveer 7 dM. boven het gewone niveau staan, wat gemakkelijk uit de verhouding van de spec. gew. van kwik en water kan berekend worden.

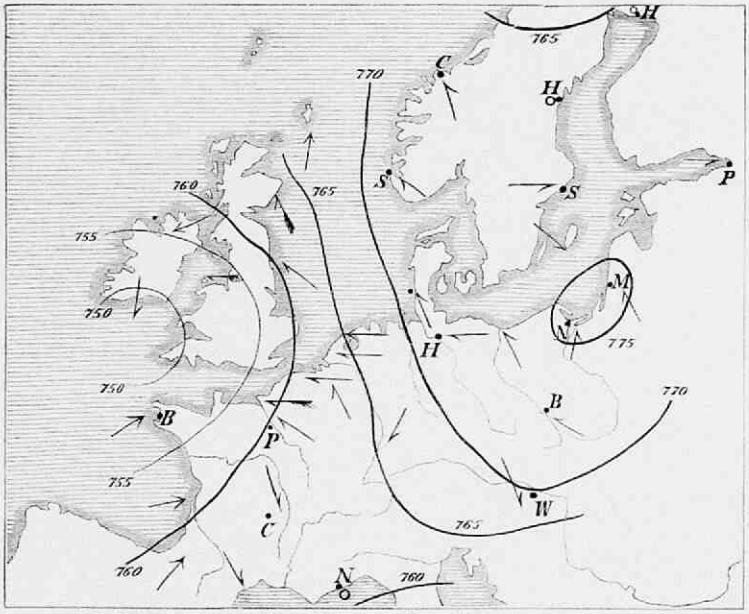
§ **69. Stormen in het gebied der veranderlijke winden.** De stormen in het gebied der veranderlijke winden onderscheiden zich van de wervelstormen der tropen in de volgende opzichten:

1° het stormveld is grooter;

2° de cyclonen-vorm is niet zoo volkomen;

3° de stormgradiënt is geringer.

Fig. 12.



Luchtdruk en winden in West-Europa, 1 Maart 1886, 's morgens om 8 uur.

We zullen met deze stormen nader kennis maken door de beschouwing van eene reeks figuren, waarvan fig. 12 den luchtdruk en de winden aangeeft, zooals die in West-Europa voorkwamen op den 1sten Maart 1886, 's morgens om 8 uur. De

isobaren van 760 mm. en daarboven zijn door dikkere, die beneden 760 door dunnere lijnen aangegeven. Aangaande de verschillende teekening der pijltjes diene het volgende:

Zonder vlag en met halve punt	geeft aan eene windsnelheid van	3— 4	meter per sec.
Zonder vlag en met heele punt	" " " " "	4— 7	" " "
Met halve vlag en halve punt	" " " " "	7—11	" " "
Met halve vlag en heele punt	" " " " "	11—17	" " "
Met heele vlag en halve punt	" " " " "	17—25	" " "
Met heele vlag en heele punt	" " " " "	25—35	" " "

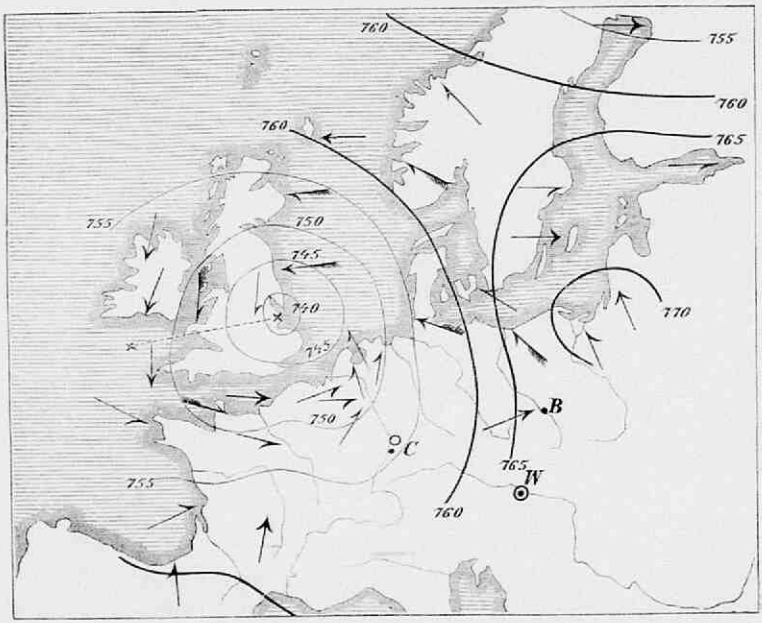
Windstilten zijn door eenen open kring aangeduid.

Dit geldt ook voor de volgende figuren.

We zien dus ten zuiden van Ierland een depressie, tusschen Memel en Neufahrwasser eene pressie. Om de depressie hebben we de cirkelvormige beweging. Hier en daar heeft afwijking plaats, die nog niet verklaard kan worden, ofschoon de windrichting op de landmassa natuurlijk ook van den verticalen vorm moet afhangen.

Merk vooral op, dat een wind niet in dezelfde richting voortgaat: de luchtdeeltjes, die zich bij Bordeaux naar het oosten begeven, komen niet in Clermont terecht maar waarschijnlijk te Parijs.

Fig. 13.



Luchtdruk en winden in West-Europa, 2 Maart 1886, 's morgens 8 uur.

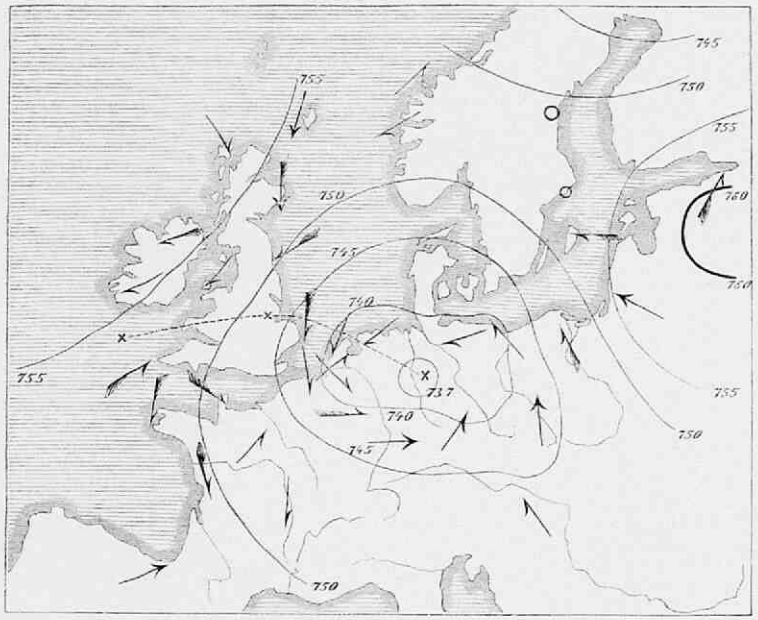
Fig. 13 geeft eene afbeelding van de verhouding op den 2^den Maart 1886. Het minimum ligt nu niet meer ten zuiden van Ierland, maar aan de oostkust van Engeland, ten noorden van de Washbaai. Het verloop ervan is door een stippellijn aangewezen. De pressie is nagenoeg op dezelfde plaats gelegen, maar in luchtdruk, dus ook in invloed of, zooals men gewoonlijk zegt, *in beteekenis*, afgenomen. De depressie is in beteekenis toegenomen. De zuidoostenwind van New-Castle is veranderd in een oostenwind, de oostenwind van de Iersche Zee in een noorden.

Zoek nog meer wijzigingen op, die de windrichting onderging, tengevolge van de verplaatsing van de depressie.

Locale windstilten komen voor te Weenen en te Carlsruhe.

Pas de in § 67 genoemde stellingen op deze figuur toe en besluit daaruit of de windrichting al dan niet een bloot gevolg is van de ligging van de depressie.

Fig. 14.



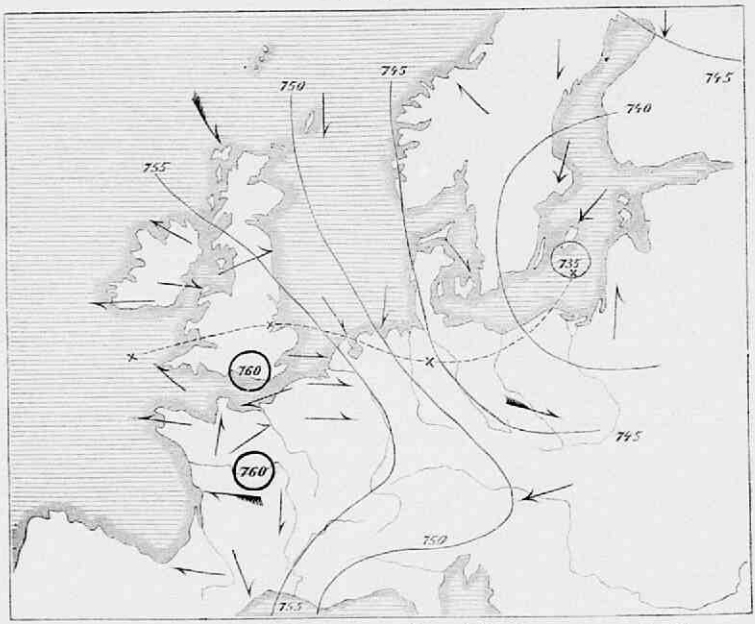
Luchtdruk en winden in West-Europa, 3 Maart 1886, 's morgens om 8 uur.

Fig. 14 geeft den luchtdruk en de windverdeeling weder 24 uur later. De pressie is verder naar 't oosten geschoven en 10 mm. in luchtdruk afgenomen, zoodat de barometer er nu nog op 760 staat en men dus eigenlijk van eene pressie niet meer

kan spreken, daar 760 mm. ongeveer de normale luchtdruk is. Geheel Midden-Europa verkeert onder den invloed van de depressie, waarvan het middelpunt thans gelegen is in den middenloop van de Wezer. De depressie is in beteekenis toegenomen, de barometer staat daar op 737 mm. De cyclonische luchtbeweging strekt zich van Zuid-Zweden tot over Midden-Frankrijk uit. De Alpen verhinderen de volkomen uitbreiding naar het zuiden. De stippellijn geeft den weg aan, dien de depressie heeft afgelegd. De oostkust van Engeland en de westkust van Frankrijk hebben storm, daar bedraagt de snelheid van de luchtbeweging meer dan 7 meter per seconde; de oostkust van Zweden heeft storm in Gothland en windstilte bij Stokholm en Haparanda.

Ga weder de windrichting na en vergelijk haar met die van de vorige dagen. Noteer welke veranderingen in de windrichting noodzakelijk moesten voortvloeien uit de verschuiving van het centrum der depressie.

Fig. 15.



Luchtdruk en winden in West-Europa, 4 Maart 1886, 's morgens om 8 uur.

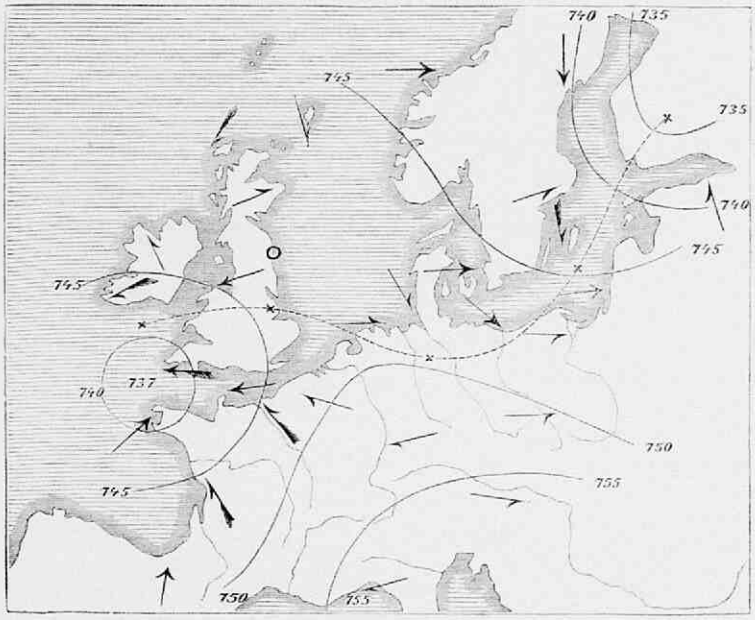
Fig. 15 geeft aan, dat de depressie den volgenden dag nog verder was voortgeschoven en in beteekenis vermeerderd: de barometer staat er nu op 735 mm. Echter neemt zij voor Midden-Europa in beteekenis af, omdat dit op de grens van

haar gebied komt te liggen. Op de westkust van ons werelddeel is haar invloed nog geringer en de barometer stijgt daar dan ook op twee plaatsen weder boven 760 mm. Hieruit volgt een zeer samengestelde windrichting in Frankrijk. Midden-Europa heeft nu noorden- en westenwinden.

Hoe waren die richtingen over 't algemeen in fig. 13, waar Midden-Europa voornamelijk aan de oostzijde van de depressie gelegen was?

Fig. 16 duidt ons een nog verder verloop van de depressie aan. De luchtdruk is over geheel Europa gering. Aan de westzijde van het Kanaal is eene nieuwe depressie in aantocht, de door ons gevolgde wijkt naar het noorden van Finland. De westkust van Europa tusschen Dublin en Bordeaux ligt geheel onder den invloed van de nieuwe depressie.

Fig. 16.

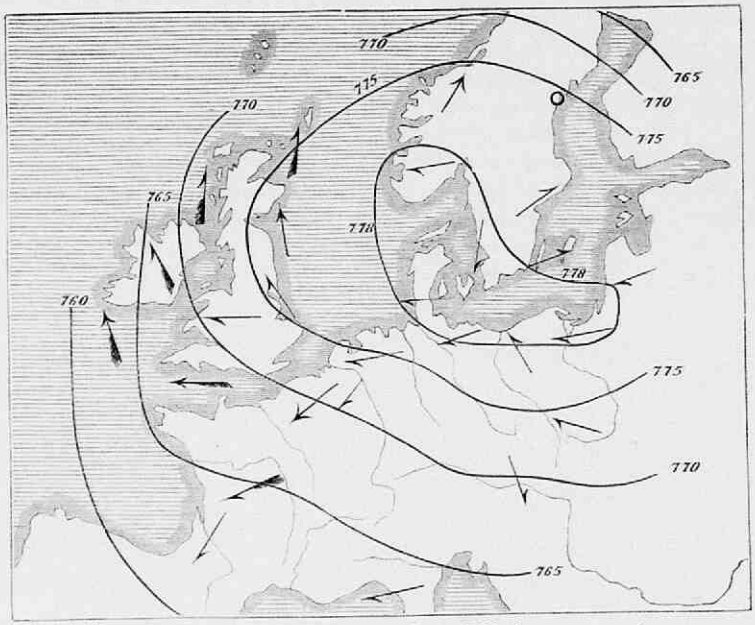


Luchtdruk en winden in West-Europa, 5 Maart 1886, 's morgens om 8 uur.

Hoe geheel anders is het beeld van den luchtdruk en de winden boven Europa in den morgen van den 10den Maart. Toen lag ons werelddeel onder den invloed van een pressie, zooals fig. 17 te zien geeft.

Vergelijk deze figuur met fig. 5 van § 52.

Fig. 17.



Luchtdruk en winden in West-Europa, 10 Maart 1886, 's morgens om 8 uur.

De windrichting is nu geheel anders. Had West-Europa in fig. 14 voornamelijk poolwinden, thans zijn zij er alle aequatoriaal. Het verschil in luchtdruk bedraagt nu slechts 18 mm.

Hoe groot was dit in de vorige figuren?

Daardoor heerschen er natuurlijk veel minder stormen, en wel alleen aan de westzijde van Europa, op de grenzen van de anticyclone.

De snelheid van den wind is natuurlijk daar het grootst, waar de isobaren het dichtst bij elkander gelegen zijn. Is dit natuurlijk?

70. Wijziging van de windrichting bij voortschuiving van het stormveld. We hebben gezien, dat tengevolge van de verschuiving van de depressie de windrichting in het gebied daarvan onophoudelijk verandert. De verandering geschiedt evenwel niet willekeurig. Om haar na te gaan, slaan we weer een blik op fig. 10, waar we een ideale doorsnede van een stormveld hebben. De horizontale pijl duidt de richting aan, waarin de verschuiving plaats grijpt.

Wanneer we ons nu eene stad *b* voorstellen, dan zal het stormveld bij zijne

voortschuiving over deze stad heengaan. De windrichtingen, die daaruit voor *b* volgen, zijn dezelfde als die, welke men verkrijgt door aan te nemen, dat het stormveld onbewegelijk op dezelfde plaats blijft en de stad *b* in de richting van de lijn *ba* erdoorheen schuift. Noteeren wij die richtingen dan vinden we zuid, zuidwest, west, noordwest: de wind draait dus van het zuiden door het westen naar het oosten. Daar onze figuur een stormveld voorstelt op het noordelijk halfrond, is deze opeenvolging geldig voor de plaatsen, tusschen het stormveld en den aequator gelegen. De meeste tijdelijke depressie's in West-Europa schuiven ten noorden van ons land en Duitschland over Engeland naar het Oostzeegebied; wij bevinden ons dus doorgaans aan hare aequatoriaalzijde, zoodat de bedoelde draaiing van den wind veel in ons land en bij onze oostelijke naburen voorkomt. Bij ons heeft Buijs Ballot gedurende 39 waarnemingsjaren gevonden, dat de wind jaarlijks ruim 12maal meer in deze, dan in tegenovergestelde richting draait.

Merken we op, dat deze draaiing geschiedt in de richting door den schijnbaren dagelijkschen loop van de zon aangegeven, dan kunnen we zeggen: Op het noordelijk halfrond draait de wind op eene plaats aan de aequatoriaalzijde van de depressie met de zon mee.

Daar deze wet voor Midden-Europa zeer algemeen is, had men haar reeds uit waarnemingen gevonden, zonder te weten, dat zij slechts een bijzonder geval was van de algemeene draaiingswet; men noemde haar toen de *Wet van Dove*.

Nemen we nu eene stad *d* aan de poolzijde van de depressie en schuiven we haar door het stormveld, dan zien we, dat daar de volgende draaiing plaats heeft: zuidoost—oost—noordoost—noord; dat is van het zuiden, door het oosten, naar het noorden en dus tegen de zon in. In Noorwegen en Zweden, in Schotland en Noord-Rusland zal men dus juist tegenovergestelde draaiing vinden, als de Wet van Dove aangeeft.

Ga nu nog eens de windrichting op de gegeven figuren 12—17 na en zie of ge daar de stelselmatigheid van de draaiing kunt bemerken.

Wenden we ons nu naar het zuidelijk halfrond.

Teeken nog eens eene depressie voor dit halfrond, maar nu op dezelfde wijze als fig. 10 voor het noordelijk aangeeft.

Noteer de windrichtingen, die twee plaatsen, de eene ten noorden de andere ten zuiden van de depressie, zullen waarnemen, wanneer er een stormveld overheen strijkt. De voortschuiving heeft altijd in oostelijke richting plaats. Ge moet dan tot het volgende resultaat komen (de zon draait op het zuidelijk halfrond van het oosten door het noorden naar het westen):

Op het zuidelijk halfrond draait de wind aan de aequatoriaalzijde van de depressie van noord over west naar zuid, dus met de zon mee; aan de poolzijde van de depressie van noord over oost naar zuid, dus tegen de zon in.

We kunnen dus de draaiingswetten aldus samenvatten:

Strijkt eene depressie over eene streek, dan verandert de wind daar regelmatig

van richting en wel: aan de aequatoriaalzijde van het stormveld draait hij met de zon mee, aan de poolzijde ervan tegen haar in.

Op welke streken van het zuidelijk halfrond is de Wet van Dove van toepassing?

§ 71. Ontstaan en oorzaken der voortschuiving van de depressie's. Wat we in het algemeen van het ontstaan der cyclonen medegedeeld hebben, is natuurlijk ook van toepassing op het ontstaan der meer locale depressie's. Het is er echter verre van af, dat de tegenwoordige wetenschap daarover reeds voldoende opheldering kan geven. De tegenwoordige theorie der winden en hun ontstaan is trouwens van lateren datum.

Het meest komen depressie's gedurende zachte winters voor en veroorzaken dan het bekende stormachtige weder. In strenge winters vormt zich een anticyclone. De luchtdrukverschillen zijn dan veel geringer, m. a. w. de gradiënt is kleiner en de wind heeft veel minder snelheid en kracht.

Men meent het ontstaan van stormen in West-Indië en in de Indische Zee aan het samentreffen van winden uit verschillende richtingen te moeten toeschrijven.

Welke windrichtingen kunnen dat dan voornamelijk zijn?

De voortschuiving der depressie's is, dunkt ons, op de volgende wijze vrij bevredigend verklaard.

In § 53 hebben we het verschil opgegeven, dat er tusschen de aequatoriaalzijde en de poolzijde van eene depressie bestaat.

Ga dat nog eens na.

We zien er uit, dat aan de aequatoriaalzijde de gegevens aanwezig zijn om eene nieuwe depressie te veroorzaken, terwijl aan de poolzijde de oude depressie aangevuld wordt. Daardoor wordt aan deze laatste zijde de depressie vernietigd, maar aan de eerste ontstaat naast de verdwenen vroegere telkens weder eene nieuwe; 't is dus eigenlijk niet dezelfde depressie, die zich verplaatst.

Boven betrekkelijk warme watervlakten, dus boven zeeën in den middelgordel, vormen zich gemakkelijker depressie's dan boven de omringende, koudere landmassa's. De landen om de Noord- en de Oost-Zee zijn zoodanige watervlakten. Wij hebben daardoor overheerschende zuidwesten- en westenwinden. Engeland en zuidelijk Scandinavië daarentegen liggen aan de poolzijde van dergelijke depressie's en hebben daardoor meer poolwinden.

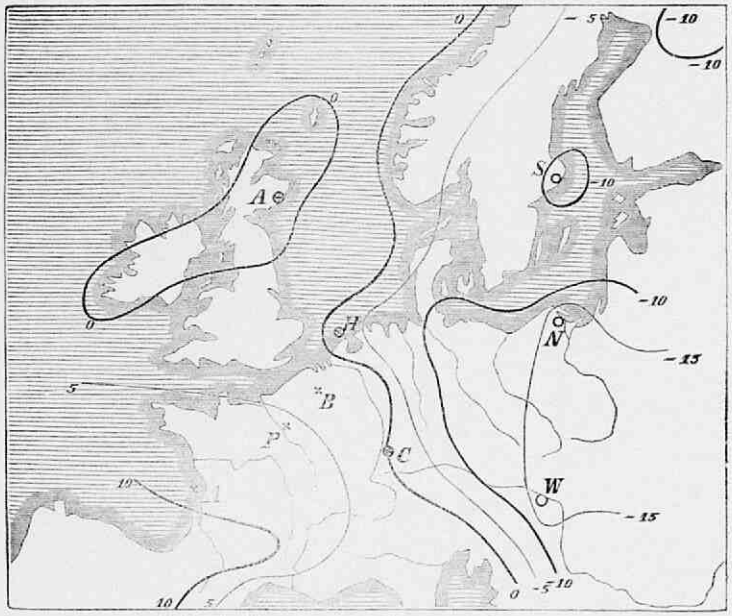
Zie de tabel in § 57, waar Engeland en Zuid-Zweden zulk een vreemden indruk maakten.

§ 72. Weersvoorspellingen. De weersvoorspellingen behooren tot het gebied der meteorologie. Toch willen we er hier op wijzen, dat men, door middel van de stellingen genoemd in § 67, uit de luchtdrukverschillen iets aangaande de richting van den wind, die komen of voortduren zal, kan besluiten. Daartoe heeft men echter behoefte aan het oogenblikkelijk in kaart brengen van de verschillende standen van den barometer in een bepaald gebied. Een kaart, waarop die standen

zijn aangegeven noemt men een synoptische weerkaart. De zekerheid, waarmede men kan voorspellen, hangt af van de hoeveelheid waarnemingsstations, die hunne berichten naar het hoofdstation zenden. Daar de richting van den wind van grooten invloed is op het weder, kan men daaruit dus weder de gesteldheid van dit laatste voorspellen. Daarbij komt, dat de synoptische kaart doorgaans een beeld geeft van een tamelijk groot gebied en men dus tevens kan besluiten, of men weinig of veel kans heeft onder den invloed van een naderende depressie te geraken.

We willen ten slotte nog twee kaartjes geven, waaruit men den invloed van de windrichting op het weder in West-Europa duidelijk kan waarnemen.

Fig. 18.



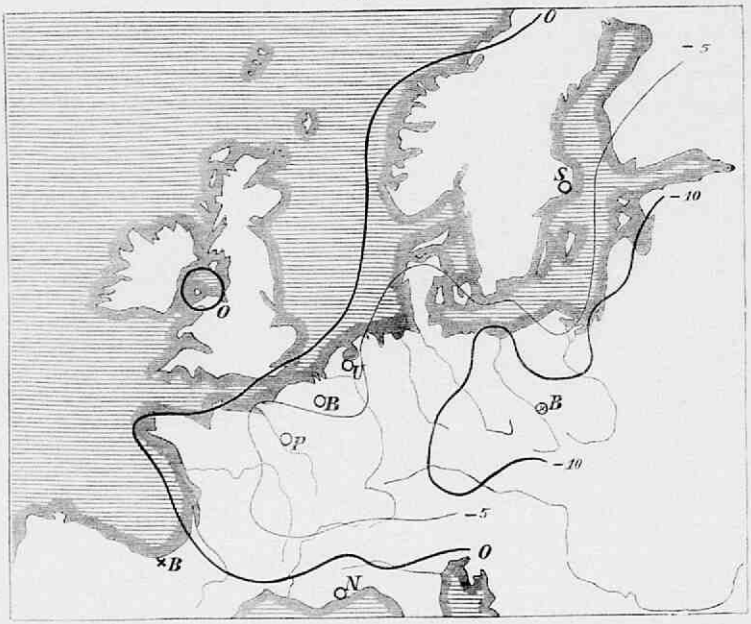
Warmteverdeeling in West-Europa, 2 Maart 1886, 's morgens om 8 uur.

We nemen daartoe een beeld van de warmteverdeeling op den 2^den Maart 1886, toen het westen van ons werelddeel onder den invloed van eene depressie was gelegen (Vergelijk fig. 13). De isotherme van 0° gaat over Carlsruhe en slingert zich ten westen van Helder naar de westkust van Noorwegen. Ook in Schotland en Ierland daalt de temperatuur tot onder 't vriespunt. In het oosten van Europa daalt de thermometer tot onder —15° C., maar de zich daar bevindende koude lucht kan

zich niet over het westen uitbreiden door de westenwinden. Ierland heeft noorden-, Schotland oostenwind, daardoor staat er de thermometer lager dan in Frankrijk.

Uit de verdere teekens (een open kringetje beduidt heldere lucht, een kruisje regen, een kringetje met een kruisje sneeuw) kan men zien, dat de lucht in het oosten van Europa helder is; op de warme plaatsen brengt de westenwind regen, die verder oostelijk op de isotherm van 0° C. in sneeuw overgaat.

Fig. 19.



Warmteverdeeling in West-Europa, 10 Maart 1886, 's morgens om 8 uur.

Geheel anders was het op den 10^den Maart daaraanvolgend, toen ons werelddeel onder den invloed van een pressie was gelegen (Vergelijk fig. 17). De isotherm van 0° C. is in Frankrijk ver naar het westen voortgeschoven, dat is het gevolg van de oostenwinden. Engeland en Ierland zijn warmer, dat is het gevolg van de zuidenwinden. Over bijna geheel West-Europa welft zich een heldere hemel, alleen te Breslau sneeuwt het (daar heeft men een zuidoostenwind) en te Bayonne regent het.

Merk op, dat Zuid-Frankrijk dezelfde temperatuur heeft als Drontheim, dat warmer is dan Parijs en Lyon, zelfs meer dan 5° C.

§ **73. Belang van de winden voor de scheepvaart.** In vroegere tijden was de scheepvaart meer afhankelijk van de windrichting dan tegenwoordig, nu de grootere schepen voorzien zijn van stoomvermogen. Toch is ook tegenwoordig de invloed van den wind op den te volgen weg en op den duur van eene zeereis groot. De rechte weg tusschen twee plaatsen is dikwerf de langste. Om in een gunstigen wind en ook in een gunstigen zeestroom te komen, maken de zeilschepen soms zeer groote omwegen, die oogenschijnlijk den weg dikwijls meer dan tweemaal zoo lang maken, terwijl ze in werkelijkheid toch dienen om de reis te bekorten. Om van Southampton om de Kaap de Goede Hoop naar Batavia te varen, kiest men gewoonlijk de volgende route. Uit het Kanaal gaat men ten westen van de Canarische eilanden (noord-oostpassaat) tot even ten oosten van Kaap San Roque en komt dan in de anticyclone van den zuidelijken Atlantischen Oceaan, waarmede men in het gebied der westenwinden geraakt om langs Tristan da Cunha en 10° ten zuiden van de Kaap de Goede Hoop voorbij St. Paul en Amsterdam tot bijna recht ten zuiden van Straat Soenda voort te zeilen en daarna met de noordelijke winden van de Indische anticyclone onzen Indischen Archipel te bereiken.

Ga deze reis na op kaart VII en op kaart VIII. Zooals we later zullen zien, komen de zeestroomen in richting met de winden overeen.

Door deze route te nemen vermijdt men de orkanen ten oosten van Madagaskar. De terugreis is natuurlijk een geheel andere. Van Straat Soenda brengt de zuidoostpassaat ons regelrecht naar de Kaap; vandaar volgen we denzelfden wind tot de linie, om door het Noord-Atlantisch passaatgebied de zuidwestenwinden van de Atlantische cyclone te bereiken.

Van de westkust van Europa naar de oostkust van Amerika vaart men zuidelijker, dan in tegengestelde richting, evenzoo verschilt de route van Yokohama naar San Francisco van die van San Francisco naar Yokohama.

Tracht van deze verschillen rekenschap te geven naar aanleiding van eene beschouwing der windkaarten.

In den tijd toen de hulpmiddelen van den mensch nog zeer gebrekkig waren, deden de periodieke winden uitstekende diensten. Daardoor konden Salomo en Hiram van Tyrus handel drijven op Indië. Later dreven de bewoners van Alexandrië en daarna de Arabieren handel op dit rijke land en daardoor werd het Mohammedaansche geloof zeer snel verbreid. De Arabieren onderhielden zelfs betrekkingen met China.

§ **74. Locale winden.** Locale winden zijn die, welke slechts in enkele streken voorkomen. Men kan ze nog weer in twee soorten verdeelen en wel in locale winden in engeren en in ruimeren zin. Het kan toch voorkomen, dat op eene bepaalde plaats het verschil in luchtdruk geheel onafhankelijk is van de algemeene geographische windverdeeling. Zoo iets geschiedt alleen, wanneer de atmospheer nagenoeg in rust verkeert. Daarom zijn de daardoor ontstane winden niet alleen zeer beperkt in hunne uitgebreidheid, maar ook wat den duur van hun voorkomen betreft.

Het kan echter ook voorkomen, dat luchtstroomen, die door de algemeene luchtdrukverdeeling ontstaan, op bepaalde plaatsen een eigenaardig karakter verkrijgen; dezulke zijn wat hun karakter aangaat locaal, wat hun ontstaan betreft niet locaal. Tot de locale winden in engeren zin behooren land- en zeewinden, benevens berg- en dalwinden; tot die in ruimeren zin de Moessons, de Mistral, de Bora, de Föhn, enz.

§ **75. Land- en zeewinden.** Ze komen voor aan de oevers van alle groote watervlakten, voornamelijk aan de kusten van de zee. De verklaring is na het geleerde in § 46 en vervolgens niet moeielijk. Gedurende den dag wordt het land meer dan het water verwarmd. Boven het land zal dus eene andere verticale verdeeling van den luchtdruk ontstaan. De vlakken van een bepaalden druk zullen daar hooger liggen dan boven het water en op eenigen afstand boven het aardoppervlak zal daardoor eene zijwaartsche afvloeiing ontstaan van het land naar de zee. Dit heeft stijging van den barometer boven het water en **eene luchtbeweging in de onderste lagen van het water naar het land tengevolge.** De wind draagt, zooals we weten zijn naam naar de plaats, waar hij vandaan komt, dus waait er over dag in de onderste lagen een zeewind, in de bovenste een landwind. Deze locale luchtbeweging reikt tot in vrij beduidende hoogte, zooals blijkt uit de waarnemingen met een ballon captif op het Concy-eiland (New-York) gedaan, waarvan de volgende tabel de uitkomsten geeft:

	13 Aug 1879 11 u. 50 m. v.m.	10 Aug 1879 1 u. 19 m. n.m.	10 Aug. 1879 3 u. 10 m. n.m.
Bovenste grens van den landwind	—	270 m.	330 m.
Onderste grens van den landwind	210 m.	150 m.	150 m.
Bovenste grens van den zeewind	200 m.	120 m.	150 m.

Bij het dalen van de zon bekoelt de landmassa sneller dan de watermassa en gedurende den nacht is het water warmer dan het land. Het valt gemakkelijk te beredeneeren, dat er nu in de eenigszins hoogere lagen een zeewind, **aan de aardoppervlakte een landwind moet ontstaan.** Vooral in de warme luchtstreek is deze wisseling voor de bewoners van groot belang, daar de zeewind verkwikking aanbrengt gedurende de hitte van den dag.

Welke richting hebben deze winden op Java?

Welk onderscheid is er tusschen de land- en zeewinden en de moessons? Ligt het eigenlijk niet in de jaarlijksche wisseling van de laatsten tegenover de dagelijksche wisseling van de eersten?

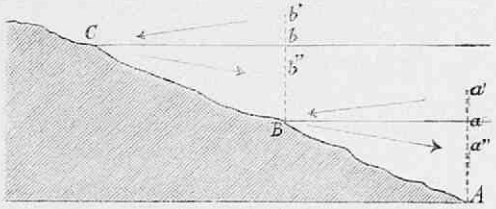
Zoek op, waar ge de moessons duidelijk terug kunt brengen tot jaarlijks wisselende land- en zeewinden.

Kunnen we de land- en zeewinden dan ook niet dagelijksche moessons noemen?

§ **76. Berg- en dalwinden.** Evenzoo treft men in de dalen der gebergten winden aan, die gedurende het verloop van een etmaal van richting veranderen. Den

wind bergopwaarts noemt men dalwind, den tegenovergestelden bergwind. In alle dalen komen ze voor, tenzij bijzonderheden in het terrein de vorming ervan beletten, maar het duidelijkst treft men ze aan in Tibet en Kasjgar. Aan het Como-meer heet de dalwind Breva en de bergwind Tivano, aan het Garda-meer Ora en Sover. Zeilbooten maken in de Zwitsersche meren dikwijls van deze regelmatige windwisseling gebruik. Natuurlijk heerschen zulke winden alleen, wanneer de dampkring overigens rustig is. Daarom beschouwen de bergbewoners het uitblijven van deze windwisseling als een teeken, dat er verandering van weer ophanden is. De volgende figuur zal ons bij de verklaring van dienst zijn.

Fig. 20.



Berg- en dalwinden.

Zij ABC eene berghelling en duiden Ba en Cb horizontale lagen van gelijken druk in den dampkring aan. Laat verder Aa en Bb twee kolommen lucht voorstellen. Wanneer nu de zon hare verwarmende stralen in het dal zendt, zal de kolom Aa uitzetten en zich tot a' uitstrekken. Een gedeelte van die kolom is dus boven a gekomen en daar is dus de luchtdruk toegenomen. Bij B rust de kolom Bb op het gebergte, daar is dus de luchtdruk door de uitzetting niet veranderd. Bij gevolg zal de barometer nu in a hooger staan dan in B, en er zal een luchtstroom van a naar B ontstaan. Evenzoo van b naar C.

Beredeneer dit.

Er is nog een tweede reden, waarom we zulk een luchtstroom zullen hebben. Langs de helling van het gebergte neemt de temperatuur langzamer af dan in den vrijen atmospheer. 't Zal dus bij B warmer zijn dan bij a en de lucht zal bij B neiging vertoonen om omhoog te stijgen, waardoor aanvulling noodzakelijk is.

We krijgen dus overdag een luchtstroom tegen het gebergte op, den dalwind.

Des nachts heeft het omgekeerde plaats. De luchtkolommen Aa en Bb zullen inkrimpen tot Aa'' en Bb''. Dan ligt een gedeelte der lucht, dat oorspronkelijk boven a en b lag, er onder, en is dus de luchtdruk in b en in a lager dan in C en in B. **Daardoor ontstaat dus een wind van C naar b en van B naar a. Dezen noemt men den bergwind.**

Gemiddeld verheft zich de dalwind om 10 uur des morgens en de bergwind om 9 uur des avonds. De dalwind veroorzaakt vaak wolkenvorming om den top van 't gebergte.

Wanneer de bergen met sneeuw en gletschers bedekt zijn en daardoor verkoelend op de temperatuur werken, wordt de dalwind des daags vernietigd door een voort-

durenden bergwind. Zoo waaien op het plateau van Quito van de hooge gebergten doorgaans bergwinden, Nevados genaamd. Natuurlijk kan de bijzondere vorm van een dal van grooten invloed zijn op een zoodanigen zwakken wind.

Enge zijdalen, waar de zonnestralen slechts gedurende enkele uren van den dag hare weldadige werking doen gevoelen, zenden vooral gedurende den zomer koude winden naar het hoofddal. Grenst een gebergte onmiddellijk aan eene vlakte, dan vloeien koude luchtstroomen uit de dalen naar die vlakte. Van zulke bergwinden ondervindt vooral het klimaat van de Povlakte den afkoelenden invloed.

Bijzondere opmerking verdient deze wisseling van berg- en dalwind in het dal van den Jordaan. Daar strekt zij zich over de jaargetijden uit. Gedurende den winter waait daar een bergwind, gedurende den zomer een dalwind.

Welke richting hebben die winden dan? Is er in de diepte van het Jordaandal ook een reden te vinden voor de geïsoleerdheid van dit windsysteem? Is er ook overeenkomst met de Voor-Indische moessons?

§ 77. **Locale winden in ruimeren zin.** We hebben reeds gezien, dat de richting van het gebergte de richting van den wind kon wijzigen.

Waar hebben we dit gezien?

In het dal van den Hudson wordt de noordwestenwind van den winter noord, de zuidwestenwind van den zomer zuid. In het Ebro-dal komen slechts twee luchtstroomen voor: de Cierzo, de noordwesten-, en de Bochorno, de zuidoostenwind.

Behalve de richting kan echter ook de sterkte en het karakter van den wind door locale toestanden aanmerkelijk gewijzigd worden en wel door het verschil in temperatuur tusschen de kust en het naburige bergland.

De Mistral is een stormachtige, koude noorden- of noordwestenwind, die in de kuststreken van den mond van de Ebro tot aan Genua vaak voorkomt. Vooral in Provence en Languedoc heerscht hij veelvuldig. Zijn ontstaan dankt hij aan eene bijzondere luchtdrukverdeeling. Wanneer zich namelijk boven Centraal-Frankrijk eene pressie en boven Provence eene depressie bevindt, dan stroomt de lucht van het koudere plateau van Centraal-Frankrijk naar de kuststreken. In den winter komt eene zoodanige luchtdrukverdeeling doorgaans voor, zooals op onze kaart van de isobaren van Januari zelfs te zien is. De heftigheid van den wind laat zich daaruit verklaren, dat in een bergachtig land de beweging slechts langs bepaalde wegen kan plaats hebben.

De Bora aan de noordoostkust van de Adriatische Zee ontstaat op gelijke wijze. Het is een koude noorden- of noordoostenwind, die vooral in den winter van het Karstplateau en de Oostelijke Alpen naar de Adriatische Zee stroomt. Onze kaart van de Januari-isobaren draagt in de buiging van de isobaar van 765 mm. de kenteekenen, dat de luchtdruk boven de genoemde zee lager is dan ten noord-

oosten daarvan. Door zijn plotseling losbreken en de onregelmatige windvlagen is de Bora gevaarlijk.

Overeenkomstige stormen vindt men op kleiner schaal aan de noordoostelijke kust van de Zwarte Zee en aan de kust van de Zee van Ochotsk.

§ 78. Temperatuursverandering bij bergwinden. Om de temperatuursverandering bij een van de bergen afkomenden luchtstroom na te gaan, moeten we rekening houden met de temperatuur der plaats van oorsprong en de verwarming, die de wind al dalende ondergaat.

Hoe groot was de toeneming voor de luchtmassa, die 100 meter daalde (§§ 25 en 26)?

Is de toeneming in warmte tijdens de daling grooter dan het temperatuursverschil tusschen de plaats van oorsprong en de plaats van aankomst, dan komt de wind aan als warme wind, in het tegenovergestelde geval als koude. Strijkt de lucht eerst over een bergkam, dan koelt zij daardoor af; maar deze afkoeling is geringer dan de warmtetoeneming bij de daling, want bij het omhoog gaan slaat er waterdamp neer en wordt dus warmte vrij. Een voorbeeld zal dit duidelijk maken. Volgen wij een luchtstroom, die zich in Januari van Alessandria (hoogte 98 meter, temperatuur —0.9°) over de Bocchettapas (780 meter hoog) naar Genua (48 meter hoog, temperatuur 8°) begeeft. Eerst stijgt hij omhoog en wel 780 m. — 98 m. = 682 m. Hij wordt hierdoor natuurlijk afgekoeld en wel zooals uit waarnemingen is gebleken voor elke 100 meter ongeveer 0.4° C.

Niet 1° C., want we bevinden ons langs de helling van 't gebergte en de lucht is met waterdamp verzadigd.

In de Bocchettapas heeft de lucht dus eene temperatuur van $-0{,}9° - (6{,}82 \times 0{,}4°$ C.) = ongeveer —3,6° C. De toeneming van de luchtwarmte bij de daling bedraagt 0.984° C. per 100 meter. De lucht moet nu 780 m. —48 m. = 732 meter dalen en de temperatuursvermeerdering bedraagt dus $7{,}32 \times 0{,}984$ C. = ongeveer 7,2°. De wind zal dus, als hij te Genua aankomt eene temperatuur hebben van $-3{,}6° + 7{,}2° = 3{,}6°$ C. en dus nog 8° — 3,6° = 4,4° kouder zijn dan de dampkring aldaar. Ware de Bocchettapas nu 2000 meter hoog, dan zouden de toestanden anders zijn. Dan had de lucht in de pas eene temperatuur van $-0{,}9° - 20 \times 0{,}4° = -8{,}9°$ gehad. Dalende was zij verwarmd tot $-8{,}9° + 20 \times 0{,}984° = 10{,}8°$ en ze zou dus te Genua aangekomen zijn als een wind ongeveer 2,8° warmer dan de temperatuur daar. Van hoe hooger de wind dus komt, hoe meer kans bestaat er, dat hij een warme wind is. De Mistral en de Bóra komen van niet zeer hooge plateau's en zijn nu al dalende wel verwarmd, maar deze toeneming in warmte is geringer dan het verschil in temperatuur tusschen begin- en eindstation. De winden echter, die over de Alpen strijken, moeten over hooger ruggen trekken en dalen in de vlakte als warme winden. Zulke warme bergwinden dragen den naam van föhn.

§ 79. **De Föhn.** Oorspronkelijk meende men, dat winden van dit karakter alleen aan de noordzijde van de Alpen voorkwamen. Toen het later bleek, dat ze in andere bergstreken ook waargenomen werden, is de eigennaam een soortnaam geworden. Wij houden ons eerst met de Zwitsersche föhn bezig. Het is een warme, droge wind, die met groote kracht van de Alpen afdaalt en doorgaans uit het zuiden en zuidoosten komt. De richting hangt echter van de richting der dalen af, hetgeen hieruit blijkt, dat de wolken vaak uit het zuidwesten komen ook daar, waar de föhn zuidoost is. Hij komt voornamelijk voor tusschen Genève en Salzburg, zeer sterk waait hij in het Illdal in Vorarlberg, in het Rijndal tot het Meer van Constanz, in het Linthdal tot Zürich, in het dal van de Reus en het dal der Rhône tot Genève. Zijn verwarmende invloed is duidelijk merkbaar in de gemiddelde temperaturen van maand en jaar, zooals de onderstaande tabel doet zien.

	Hoogte	Winter	Lente	Zomer	Herfst	Jaar
Zürich	470 m.	— 0.3°	8.9°	17.6°	8.8°	8.7°
Altorf	454 m.	1.1°	9.5°	17.3°	10.0°	9.5°

Altorf ligt in 't föhngebied, Zürich niet.

De oorzaak van de Zwitsersche föhn moet hierin gelegen zijn, dat door de luchtdrukverdeeling winden van de zuidzijde der Alpen naar het noorden gaan. Zoo iets gebeurt, wanneer zich in de Golf van Biskaye een depressie bevindt. Dan staat de barometer aan de zuidzijde van het gebergte hooger dan aan de noordzijde, aangezien de muur der Alpen de herstelling van het evenwicht belet. Door de depressie wordt de lucht uit de noordwestelijke Alpendalen weggezogen en tot aanvulling komt de lucht uit de zuidelijke dalen door de passen aan de noordzijde van 't gebergte. Daardoor ontstaan aan de zuidelijke helling regenbuien en komt aan de noordelijke helling een warme wind.

Menschen en dieren lijden onder zijn invloed; hij werkt afmattend op de zenuwen en drukkend op het gemoed. Met de meeste zorg wordt het vuur van den herder gedoofd, de bakkers mogen alleen op bepaalde tijden hunne ovens stoken. Brandwachten gaan van huis tot huis, want door den heeten, drogen wind is het houtwerk zoo uitgedroogd, dat een brand niet te blusschen zou zijn.

Toch wordt de Föhn in de lente met vreugde begroet: hij is de echte lentebode, ras smelt hij sneeuw- en ijsdek en verandert het beeld van het landschap als bij tooverslag. In 't Grindelwalddal ruimt hij in 12 uur een sneeuwdek weg van ruim een halven meter dik; in 24 uur doet hij evenveel als de zon in 14 dagen, en wat de zonnewarmte weerstand bood, verdwijnt voor zijn heeten adem. Ja, in vele enge hoogdalen is hij een vereischte voor de lente, evenals hij in de vlakte onontbeerlijk is voor het rijpen der druiven; in Grauwbunderland stooft hij de

druiven, in Vorarlberg de maïs rijp. Bij Innsbrück schept hij eene enclave van Italiaansche lucht en plantengroei. Daar draagt hij den naam van Scirocco.

Gedurende den zomer verschijnt de Föhn het minst, in den winter en den herfst het meest. In Zwitserland rekent men 30—40 föhndagen per jaar.

Zooals gezegd is, komt een fohn in vele berglanden voor.

De zoogenaamde Scirocco aan de noordzijde der Pyreneën en in Algiers is niets anders dan een föhn. In Modena neemt de zuidwestenwind, in Simferopol de zuidoostenwind, in Trapezunt en het dal van de Koer de zuidwestenwind een föhnkarakter aan. De Rothenthurmwind te Hermanstadt is mede een föhn. Verder komt hij voor aan de oostzijde van het Rotsgebergte en van de Alleghany's; op Nieuw-Zeeland aan de oostzijde der zuidelijke Alpen; aan de westkust van Groenland in den winter en het voorjaar, waar hij de temperatuur boven 't vriespunt brengt, en op vele plaatsen in noordoostelijk Azië.

De Scirocco in Italië en op de Adriatische Zee is een *vochtige*, warme wind, die als het verlengde van den föhn te beschouwen is. Echter komen beide ook wel zelfstandig voor. Deze Scirocco is daarom van belang, omdat hij overtuigend bewijst, dat het droge van den luchtstroom eerst aan gene zijde van de Alpen ontstaat en dus niet uit de woestijn afkomstig is.

§ **80. Woestijnwinden.** Evenals de föhn, is ook de woestijnwind heet en droog en lang meende men, dat de eerste eene soort van den laatste was. De föhn echter verkrijgt zijn karakter door plaatselijke gesteldheid en verliest dat zoodra deze ophoudt; de woestijnwinden brengen hun karakter mede uit de woestijnen, van waar ze komen of over welke zij trekken. Zoo nemen de Egyptische Khamsin, de Harmattan van Opper-Guinea uit de Sahara hun oorsprong. Tot Madera en de Canarische eilanden verbreidt zich zelfs de Leste; aan de Spaansche kust van kaap de Gata tot kaap de la Nao komt de Levèche voor; naar Sicilië waait eene Scirocco. Al deze winden zijn droog en warm en komen uit de Sahara. Maar de verschrikkelijkste van de woestijnwinden is de Samoem. Hij doet het water in de zakken verdrogen, verdrijft het lesschende element uit de bronnen en vernietigt daardoor, niet door zandstormen, de karavanen. In de Mohave-woestijn in het westen van Noord-Amerika zijn dergelijke winden ook bekend. Maar geene zijn heeter en droger dan die, welke uit de binnenlanden van Australië komen. In Nieuw-Zuid-Wales variëert de temperatuur van den woestijnwind tusschen 27° en 43° C.: in het binnenland is zij hooger: temperaturen van 55° C. zijn daar waargenomen.

Hoeveel winden hebben we ontmoet, die den naam Scirocco voeren? Waar kwamen ze voor? Welke waren föhnwinden, welke vochtige winden, welke woestijnwinden?

Noem eenige winden op, die het klimaat van een streek het geheele jaar door beheerschen, ook die dat gedurende een half jaar doen.

Waar komen zoo al afwijkingen van den passaat voor (Zie de kaart)?

DE NEERSLAG.

I. DE VOCHTIGHEID VAN DEN DAMPKRING.

§ 81. **Bronnen der atmospherische vochtigheid.** In § 12 hebben we er reeds op gewezen, dat de lucht steeds waterdamp bevat; in de volgende hoofdstukken hebben we meermalen den invloed ervan ontmoet;

In welke gevallen?

thans zullen we er ons meer bepaaldelijk mede bezig houden. In de eerste plaats hebben we te zien, hoe de lucht aan haar gehalte van waterdamp gekomen is. De bron is gemakkelijk te raden. Water verdampt op alle temperaturen. Wanneer dus de dampkring met eene watervlakte in aanraking is, zal de lucht waterdamp opnemen. 't Is dus voornamelijk de zee, die als bron er voor een grooten rol speelt, maar ook meren, rivieren, poelen enz. leveren den atmospheer eene niet gering te schatten hoeveelheid.

Hoe verhoudt zich de oppervlakte van den oceaan tot die van het vastland? Wordt de hoeveelheid waterdamp in den atmospheer daardoor betrekkelijk groot of klein?

Ook op het vastland heeft, behalve boven rivieren en andere wateren, verdamping van belang plaats, wanneer de oppervlakte begroeid is. Waarnemingen hebben aangetoond, dat op eene dichtbegroeide grasvlakte minstens tweemaal zooveel water verdampt, als boven eene even groote water-oppervlakte.

De verdamping is natuurlijk van eenige invloeden afhankelijk en wel

1° van de temperatuur. Hoe hooger deze is, hoe sneller de verdamping plaats heeft. Het is echter verkeerd te meenen, dat op lage temperatuur het water niet zou verdampen. Zelfs in vasten toestand, dus als sneeuw en ijs, gaat er eenig water in waterdamp over. Daardoor verdwijnt de sneeuw zelfs bij vriezend weder.

Kunnen de te drogen gehangen lakens wel droog vriezen?

Bij eene bepaalde temperatuur is het vermogen der lucht om waterdamp op te nemen echter niet onbegrensd; integendeel bij elke temperatuur bestaat er eene vaste hoeveelheid, die zij tracht op te nemen; heeft zij die verkregen, dan is zij verzadigd en neemt geen waterdamp meer op. De volgende tabel geeft aan, hoeveel gram waterdamp 1 kub. meter lucht bij de nevensstaande temperaturen kan bevatten:

Temp.	Gram.	Temp.	Gram.	Temp.	Gram.
—10	2,3	8	8,2	18	15,2
— 5	3,4	9	8,8	19	16,2
0	4,9	10	9,4	20	17,1
1	5,2	11	10	21	18,1
2	5,6	12	10,6	22	19,3
3	6,0	13	11,3	23	20,4
4	6,4	14	12	24	21,6
5	6,8	15	12,7	25	22,8
6	7,2	16	13,5	26	24,1
7	7,7	17	14,4	27	25,5

2e van den luchtdruk. Hoe geringer deze is, hoe gretiger neemt de lucht den waterdamp op; maar op de hoeveelheid, die opgenomen wordt, is de stand van den barometer niet van invloed.

3e van de luchtbeweging. Deze verjaagt de verzadigde luchtmassa van boven het water weg en brengt er niet verzadigde voor in de plaats; daardoor wordt dus de voortdurende verdamping bevorderd.

Waarom drogen onze kleederen sneller in den tocht, dan anders?

§ **82. Absolute en relatieve vochtigheid.** Het getal, dat aanwijst hoeveel waterdamp de lucht op een zeker oogenblik bevat, noemt men hare absolute of volstrekte vochtigheid. Het kan gebeuren, dat de dampkring op het oogenblik van waarneming juist verzadigd is en dan is de absolute vochtigheid gelijk aan de grootste hoeveelheid waterdamp, die de lucht op dat oogenblik kan bevatten. Vinden we bijvoorbeeld, dat 1 kub. meter lucht 9,4 gram waterdamp bevat en heeft zij eene temperatuur van 10° C., dan is zij juist verzadigd (Zie de tabel). Vinden we nu echter, dat bij dezelfde temperatuur elke kubieke meter maar 4,7 gram waterdamp bevat, dan is de absolute vochtigheid 4,7 gram. Dat is maar de helft van wat zij op die temperatuur kan bevatten. De relatieve vochtigheid is de breuk, die men verkrijgt, als men de absolute vochtigheid deelt door de grootste hoeveelheid waterdamp, die de lucht bij haar temperatuur kan opnemen, uitgedrukt in procenten. In ons geval is dus de relatieve of betrekkelijke vochtigheid 50 %. Heeft de lucht bij eene temperatuur van 0° in elken kubieken meter $1\frac{3}{10}$ gram waterdamp opgenomen, dan is de absolute vochtigheid $1\frac{3}{10}$ gram. Zij kan bij die temperatuur opnemen 4,9 gram, dus is de relatieve vochtigheid gelijk aan $1\frac{3}{10} : 4{,}9 \times 100 = 25$ procent. Het hangt van de relatieve vochtigheid van de lucht af, of wij zeggen, dat het weer droog of vochtig is; in het eerste geval is de relatieve vochtigheid gering, in het tweede groot.

Over de wijze, waarop men de vochtigheid van den dampkring bepaalt, zie men v. d. Stadt II § 190.

§ 63. Horizontale en verticale verbreiding van de absolute vochtigheid. Daar de warmte van den aequator naar de pool afneemt en de verdamping door hoogere temperatuur bevorderd, door lagere verminderd wordt, is het zeer gemakkelijk te begrijpen, dat over 't algemeen de absolute vochtigheid naar de pool moet afnemen. De lijnen van gelijke gemiddelde absolute vochtigheid, die door Mohn zijn getrokken, vertoonen dan ook een groote overeenkomst met de isothermen.

Zij wijken echter in sommige opzichten af. De reden ervan is niet ver te zoeken. De voornaamste bron van den waterdamp des atmospheers is de oceaan: hoe verder men zich dus van de wereldzee verwijdert, hoe minder de lucht in de gelegenheid is damp op te nemen. Daarom is het verschil tusschen de beweging van beide lijnen het grootst boven de regenarme continenten.

Ook neemt de absolute vochtigheid met de hoogte af, en wel in den vrijen atmospheer sneller dan in het gebergte en hier onder hoogere breedte sneller dan onder lagere. Onderstaande tabel geeft het waterdampgehalte der hoogere lagen aan in procenten van dat aan de oppervlakte.

Hoogte in meters	0	1300	2600	3900	5200	6500
Waterdampgehalte	100	64	42	27	18	13

Op 2000 meter bevindt zich dus nog slechts de helft, boven 7000 meter ongeveer 0,1 van de vochtigheid, die aan het oppervlak heerschte.

§ 84. Horizontale en verticale verbreiding der relatieve vochtigheid. Zij d de absolute vochtigheid der lucht, en m de hoeveelheid, die zij kan opnemen, als zij verzadigd is, dan is $d : m \times 100$ gelijk aan het procent, dat de relatieve vochtigheid aanwijst. Uit deze formule volgt onmiddellijk, dat deze laatste recht evenredig is met d en omgekeerd evenredig met m en dus ook met de temperatuur, dus: **naar de pool neemt de relatieve vochtigheid toe.**

Gaat men van den oceaan het land in, dan wordt de hoeveelheid d geringer. Nu kunnen er twee gevallen plaats hebben: het land kan buitengewoon warm zijn (in den zomer) en dan is m groot, het kan ook buitengewoon koud zijn (in den winter) en dan is m klein. Door de samenwerking van beide zal de luchtmassa boven het land in den zomer eene geringere relatieve vochtigheid bezitten dan boven het water; in den winter zal echter het verschil tusschen de vochtigheidstoestand boven de land- en de watermassa verdwijnen, daar zoowel d als m in dit geval kleiner worden.

Hebben we hier niet een nieuw onderscheid tusschen land- en zeeklimaat?

Tot vergelijking geven we de volgende tabel van de relatieve vochtigheid gedurende den zomer en den winter.

	Greenwich	Weenen	Lugan	Oeralsk
Winter	86	82	87	82
Zomer	77	64	58	42

In verticale richting neemt de relatieve vochtigheid tot zekere hoogte toe, daarboven bestendig af. De hoogte, waarop de relatieve vochtigheid het grootst is, dus haar maximum bereikt, is niet overal en altijd hetzelfde. Flammarion vond dit maximum op den 10den Juni 1867 op 150 meter, vijf dagen later echter op 1100 meter. In de gebergten doen zich dikwijls locale invloeden gelden. Men heeft voor den aequator wel eens de hoogte van 5700 meter gesteld. Op Java is echter de relatieve vochtigheid op 3400 meter slechts 43%, op den top van den Mont-Blanc (4810 meter) bedroeg zij 55%.

Het is gemakkelijk te begrijpen, dat de relatieve vochtigheid in het gebergte over 't algemeen grooter moet zijn dan aan den voet, daar de opstijgende luchtstroomen den waterdamp mede omhoog voeren en dus in onze formule d weinig kleiner, maar m veel kleiner wordt, als men naar de hoogte gaat.

§ 85. Oorzaken van condensatie des waterdamps. Wanneer er een zekere hoeveelheid waterdamp door de lucht is opgenomen, dan hangt het van de temperatuur der lucht af, hoe groot de relatieve vochtigheid zijn zal. Is de absolute vochtigheid b.v. 3 gram, dan is de relatieve bij 6° C. 41⅔ percent; bij 3° C. 50 %; bij 0° C. 62½ %; bij —5° C. 99 % en bij even lager temperatuur 100 %. Dan is de lucht verzadigd en bij verder zinken der temperatuur zal er waterdamp gecondenseerd worden. De oorzaak van het neerslaan is dus te zoeken in temperatuursverlaging van eene met waterdamp voorziene luchtmassa beneden haar dauwpunt.

Zie over de beteekenis van het woord dauwpunt v. d. Stadt II § 190.

Deze temperatuursverlaging kan het gevolg zijn van

1° vermenging van luchtstroomen;

2° aanraking van koude voorwerpen;

3° opstijging der luchtstroomen.

We zullen elk geval afzonderlijk beschouwen.

§ 86. Vermenging van luchtstroomen. Wanneer twee luchtstroomen van ongelijke temperatuur, beide of geheel of nagenoeg met waterdamp verzadigd, zich met elkander vermengen, zal de resulteerende warmtegraad tusschen dien van de eene massa en dien van de andere in liggen. De koudste stroom zal verwarmd, de warmste verkoeld worden. De temperaturen zijn echter niet evenredig met de hoeveelheden waterdamp, die de lucht kan opnemen; gene dalen sneller dan deze,

en daardoor blijft eene hoeveelheid damp over die door den atmospheer niet meer gedragen kan worden.

Nemen we als voorbeeld eene luchtmassa van 25° C., die zich vermengt met eene van 10° C.; de eindtemperatuur zou dan in gewone gevallen $17\frac{1}{2}$° C. zijn. Denken we, dat beide luchtmassa's met waterdamp verzadigd zijn, wat op eenigen afstand van het aardrijk doorgaans het geval is (Zie de verticale verdeeling der relatieve vochtigheid). Maken wij nu onze berekening.

1 kub. meter lucht van 25° C. kan bevatten 22,8 gram waterdamp.
1 " " " " 10° " " " 9,4 " "
dus we hebben 2 kub. meter lucht van $17\frac{1}{2}$° C. met 32,2 gram waterdamp.
of . . . . 1 " " " " $17\frac{1}{2}$° " " 16,1 " "

Maar lucht van $17\frac{1}{2}$° C. kan ongeveer 14,8 gram waterdamp bevatten, dus zou er 1,3 gram moeten neerslaan. Dit is echter niet het geval, want door het neerslaan van den waterdamp komt er warmte vrij; daardoor wordt de temperatuur van de lucht hooger en dus haar vermogen om waterdamp op te nemen grooter. Laat ons zien, hoeveel een kubieke meter lucht verwarmd wordt door het neerslaan van 1 gram waterdamp.

Door het condenseeren levert 1 gram waterdamp 0,536 calorie. De spec. warmte van lucht is 0,2375. 1 kilogram lucht behoeft dus 0,2375 calorie om één graad in temperatuur te stijgen; 1 kub. meter is 1,293 kilogram en behoeft daartoe dus 1,293 × 0,2375 calorie = 0,26 calorie. De gram waterdamp leverde 0,536 cal. en zou dus onzen kub. meter ongeveer 2° C. verwarmen. Denken we nu, dat er aanvankelijk $\frac{1}{2}$ gram waterdamp neerslaat, dan wordt de lucht van $17\frac{1}{2}$° C. op $18\frac{1}{2}$° C. gebracht en het waterdampgehalte van 16.1 op 15.6 gram. Vergelijken we deze uitkomst met onze tabel, dan zien we, dat lucht van $18\frac{1}{2}$° C. 15,7 gram waterdamp kan bevatten; er zal dus niets meer, integendeel iets minder neerslaan.

We hebben dus gezien, dat er door vermenging van verzadigde luchtstroomen van 25° en 10° C. per kub. meter een hoeveelheid waterdamp van bijna 0,5 gram neerslaat. Stellen we de lagen 1000 meter hoog, dan slaat er op elken vierkanten meter nagenoeg 1000 × 0,5 gram = 500 gram neer. Het neergevallen water zal er dus staan ter hoogte van 0.5 mM.

Niettegenstaande wij luchtmassa's van 15° verschil in temperatuur genomen hebben, is dus de regen van weinig beteekenis.

Uit onze berekening leeren wij:

1°. Vochtige luchtmassa's verkoelen onder gelijke omstandigheden veel langzamer dan droge, want ze bezitten in de vrijwordende latente warmte eene rijke warmtebron.

2°. Door vermenging van twee luchtstroomen van ongelijke temperatuur ontstaat slechts geringe neerslag.

Hebben wij van de eerste wet al eens gebruik gemaakt?

Deze neerslag ontstaat, wanneer een warme wind in eene koude luchtlaag valt. Evenwel is aan de aardoppervlakte de lucht doorgaans niet met waterdamp verzadigd en zal dus de condensatie in hooger lagen plaats hebben. Is de wind warm en voert hij lucht aan, die zeer nabij haar verzadigingspunt is, dan zal hij regen aanbrengen; dus een warme zeewind is vochtig.

De absolute vochtigheid nam van den aequator naar de pool af, even als de warmte. Begeeft zich dus eene luchtmassa poolwaarts, dan wordt haar relatieve vochtigheid hoe langer hoe grooter en, daar zij aanhoudend in koeler streken komt, zal zij neerslag geven; dus een aequatoriale wind geeft regen.

Een koude zeewind bevat wel veel waterdamp, maar vermengt zich boven de landmassa met drogere, warmere lagen en brengt dus geen regen.

Vermengt zich een poolwind met warmere lucht, dan kan er neerslag ontstaan, doch deze wordt slechts bij den aanvang der vermenging gevormd, aangezien de lucht, die van de pool komt, geen genoegzame hoeveelheid vocht kan mede brengen om in warmer streken regen te veroorzaken. Een koude zeewind en een poolwind brengen beide droogte.

We hebben dus tot resumé:

een aequatoriale wind en een warme zeewind brengen regen,
een poolwind en een koude zeewind droogte.

Strijkt de aequatoriale wind over zee, dan geeft hij zooveel te meer neerslag; maar een poolwind brengt geen regen, al komt hij over zee.

Van deze eigenschappen des winds ten opzichte van den neerslag hebben we in het hoofdstuk der winden nu en dan al gebruik moeten maken. Ga nog eens na, welke winden nu vochtig zijn en regen aanbrengen, welke beslist geen regen aanbrengen. Vergelijk de aequatoriaalzijde met de poolzijde van de cyclone.

Wat dunkt u van den landwind? Wat van den zeewind, van de passaten, van de moessons, van den bergwind, van den dalwind, enz.?

§ **87. Aanraking met koude voorwerpen.** Komt eene luchtlaag plotseling met een koud voorwerp in aanraking, dan wordt door dit voorwerp warmte aan de lucht onttrokken. De nabijgelegen lagen zullen daardoor aanmerkelijk afkoelen en er zal, indien er genoegzame waterdamp aanwezig is, condensatie volgen. Men kan dit des winters duidelijk waarnemen, als men koude voorwerpen in de verwarmde kamer brengt, en te allen tijde, als men den adem over een koud voorwerp laat gaan. Nu komt de luchtmassa in de natuur slechts in enkele gevallen plotseling in aanraking met afkoelende voorwerpen, zooals bergtoppen, ijsbergen, enz. Zulke toppen zijn dan in wolken gehuld, zulke ijsbergen met nevel en mist omgeven.

Meer echter komt het verschijnsel voor, dat de aardoppervlakte langzaam afkoelt en daardoor ook de onderste luchtlagen in temperatuur doet dalen.

De zoo ontstane neerslag draagt den naam van d a u w, n e v e l of m i s t en r ij p. De laatste wordt gevormd, wanneer de condensatie van den waterdamp beneden het vriespunt heeft plaats gehad.

Dauwvorming heeft niet plaats als de lucht zeer droog is; evenmin als de hemel bewolkt is, dus de uitstraling vermindert en de afkoeling daardoor weinig beteekent. Bovendien is een rustige atmospheer een vereischte, daar luchtbeweging telkens lucht van hoogere temperatuur aanvoert en dus de verkoeling tegenwerkt. Men heeft nog weinig pogingen aangewend om de hoeveelheid dauw, die gemiddeld ontstaat, te bepalen, ofschoon zij voor regenarme streken een niet te versmaden waterbron is. Zeer overvloedig is de dauwvorming in tropische landen en in het gebergte.

§ **88. Opstijgende luchtstroomen.** Beide voorgaande oorzaken gaven slechts geringe regenhoeveelheden. Geheel anders is het met de opstijgende luchtstroomen. Bij de vermenging hebben we gezien, dat het de vrij geworden warmte is, die eene aanmerkelijke verkoeling van de luchtmassa tegenwerkt. Bij het omhoog stijgen der lucht wordt die warmte echter spoedig verbruikt. In § 24 hebben we dan ook gezien, dat bij met waterdamp verzadigde lucht de temperatuursvermindering een geheel andere is, dan 1° C. voor elke 100 meter (Zie de tabel aldaar).

Stel nu, dat lucht van 25° C., verzadigd met waterdamp, 1000 meter hoog stijgt. Dan zal de temperatuur $10 \times 0.41 = 4.1$° C. dalen en dus nagenoeg 21° C. worden.

1 kub. meter lucht van 25° kan bevatten 22.8 gram waterdamp,
1 " " " " 21° " " 18.1 " " ;

dus heeft elke kub. meter 4.7 gram waterdamp laten condenseeren. We behoeven nu niet zooals in § 86 de daardoor ontstane warmte in aanmerking te nemen, want die is bij de langzame temperatuursvermindering met de hoogte al in rekening gebracht.

Stel nu, dat de lucht met eene snelheid van 1 meter per seconde omhoog stijgt, dan wordt er elke sec. een nieuwe kub. meter lucht in den stijgenden stroom gebracht en er slaat dus elke sec. 4.7 gram waterdamp neer, d.i. in een uur 3600×4.7 gram $=$ 17 kilogram. Dit slaat neer boven 1 vierk. meter en staat dus 17 millimeter hoog.

Het omhoogstijgen van de lucht is een algemeen voorkomend verschijnsel, het ontstaat overal, waar een gebergte een luchtstroom in den weg treedt. In den gordel der windstilte stijgt de lucht onophoudelijk omhoog. Daardoor ontstaat de zoogenaamde a e q u a t o r i a a l r e g e n. De vrij geworden warmte verhoogt dan de temperatuur van den dampkring en bewerkt daardoor weer het opstijgen der lucht.

Had ook de depressie niet de voorwaarden tot voortbestaan in zich zelve?

Uit het beschouwde volgt, **dat het omhoogstijgen van vochtige lucht voor de hoogere lagen des dampkrings een voorname warmtebron is.** Boven den oceaan is

de lucht in hoogere lagen dan ook warmer, dan boven de landmassa, al is die verhouding aan de aardoppervlakte omgekeerd (Zie § 24 en blz. 105).

Overal, waar de luchtstroom tegen een gebergte stuit en daardoor genoodzaakt wordt te stijgen, zal overvloedige neerslag ontstaan. Een zoodanig gebergte wordt aan de windzijde overvloedig besproeid, terwijl de tegenovergestelde helling, die in de windschaduw ligt, weinig neerslag ontvangt. Een gebergte kan dus als zeer besliste klimaatscheiding optreden. Bovendien leveren in de dorste woestijnen de gebergten toch nog eenigen neerslag, soms voeden zij zelfs stroomen. Daardoor ontvangen de gebergten van Zuid-Europa in den zomer nog eenigen regen en is de Alasjan, een gebergte aan den Boven-Hoangho, met wouden bedekt.

§ **89. Wolken, nevel, regen.** Zoolang zich het water in gasvormigen toestand in den atmospheer bevindt, is het onzichtbaar en maakt de lucht doorzichtiger. Een duidelijk vergezicht, groote scherpte der omtrekken en eene heldere kleur van verwijderde voorwerpen zijn de gevolgen van de groote relatieve vochtigheid der lucht en gelden dan ook als voorboden van naderenden regen. Door den waterdamp verkrijgt waarschijnlijk de hemel zijne blauwe kleur, want hoe hooger de waarnemer staat en hoe droger de lucht is, hoe donkerder wordt het blauw, hoe zwarter wordt de tint. Wanneer echter de waterdamp condenseert, verft hij den dampkring aanvankelijk wit, later grauw.

In de meeste gevallen is de verdichte waterdamp niet gelijkmatig in den atmospheer verdeeld, maar in massa's gegroepeerd, die als schaduw werpende lichamen in de lucht zweven en wolken genoemd worden. Deze bestaan uit kleine waterdroppels; wanneer echter de temperatuur onder het vriespunt is gedaald, wat op groote hoogte (bij ons op 3000 meter ongeveer) het geheele jaar door, aan de oppervlakte gedurende den winter vaak het geval is, vormen kleine ijsnaalden de samenstellende bestanddeelen. Intusschen dient opgemerkt te worden, dat waterdruppeltjes eerst in vasten toestand overgaan, wanneer zij beneden het vriespunt zijn afgekoeld en elkander wederkeerig of vaste voorwerpen aanraken.

Hangt de wolk aan de oppervlakte der aarde, m. a. w. heeft de condensatie in de onmiddellijke nabijheid der oppervlakte plaats, dan noemt men haar nevel of mist. Bij een temperatuur beneden 0° C. zetten zich dan de ijskristallen aan boomen, straten, enz. vast. Men zegt in dit geval, dat er ijzel gevormd wordt, evenals gedurende eene regenbui, wanneer de aarde beneden het vriespunt is afgekoeld. Wordt het water door den dauw geleverd, dan noemt men het verschijnsel rijp.

Hoe uit de door condensatie gevormde kleine waterdruppels eene regenbui ontstaat, kan men langs het gebergte vaak zeer duidelijk waarnemen. Op eenige hoogte hangt de wolk tegen het gebergte aan; daar bewegen de bewoners zich in den

nevel. De kleine druppels, waaruit deze bestaat, vereenigen zich tot grootere. Wanneer men dus uit den nevel het gebergte afdaalt, komt men eerst in den zoogenaamden motregen. Dalende worden de druppels steeds grooter en grooter. Stijgt men boven de wolk, dan heeft men de verzadigde lucht onder zich en beschouwt vaak het heldere firmament.

Het kan eenige verwondering baren, dat de wolk in staat is, in den atmospheer te zweven, aangezien het soortelijk gewicht van water zooveel grooter is dan dat van de lucht. Bedenkt men echter, dat het gewicht der ijskristalletjes en waterdropjes zeer gering is in vergelijking van hun oppervlakte en dat de wrijving der lucht zich tegen het nedervallen verzet, dan wordt de zaak minder tegennatuurlijk.

Maar daarmede is het drijven nog niet voldoende verklaard. Een wolk is echter minder eene bestendige massa, dan eene plaats, waar de waterdamp voortdurend neerslaat. Vooral van de wolken aan bergtoppen en van de stapelwolken kan dit met zekerheid gezegd worden. Daalt nu de dropvormige massa, dan komt zij aan de onderzijde van de wolk en gaat daar weer in damp over. Zal de regen de oppervlakte der aarde bereiken, dan moet dus de luchtlaag beneden de wolk tot de aardoppervlakte toe met waterdamp verzadigd zijn.

Hoe is het te verklaren, dat de meeste wolkenvorming op eenigen afstand van de aardoppervlakte plaats heeft? Zie § 84.

Voor de verschillende wolkenvormen zie men v. d. Stadt II § 192. Hoe komt het, dat aan de ontmoetingspunten van warme en koude zeestroomen zooveel nevels voorkomen?

§ 90. Bewolking. De graad van bewolking is van grooten invloed op de temperatuur, zooals we reeds in § 33 gezegd hebben. Onderstaande tabel maakt dezen invloed aanschouwelijk. De uitkomsten zijn verkregen door waarnemingen te Dorpat, de meerdere of mindere helderherheid van den hemel is voorgesteld door de cijfers 0 tot 4, het eerste stelt totaal gemis aan bewolking, het laatste een geheel bewolkten hemel voor.

Bewolking	0	1	2	3	4
Winter	— 10,5	— 6,8	— 3,1	+ 0,5	+ 4,4
Zomer	+ 1,6	+ 0,8	— 0,3	— 1,2	— 2,7
Jaarlijks	— 3,7	— 1,9	— 1,0	— 0,2	+ 1,3

Gedurende den winter wordt de temperatuur door een heldere lucht 10,5° C. verlaagd, door totale bewolking 4,4° C. verhoogd, enz.

Breng dit in verband met land- en zeeklimaat.

Doorgaans wordt de bewolking in tienden of in honderdsten aangegeven.

De gemiddelde graad van bewolking is voor de Natuurkundige Aardrijkskunde om zijn invloed op de temperatuur van belang. Maar in dit opzicht zijn de waarnemingen niet voldoende om reeds tot een algemeen overzicht te leiden. Over de

plaatsen, die eene gelijke gemiddelde bewolking hebben, heeft men lijnen getrokken, die isonephen heeten. Het maximum van gemiddelde bewolking in Europa ligt boven de Britsche eilanden en Scandinavië. Van daar neemt zij naar oost en zuid af. De isonephe van 68 (honderdsten) loopt over Brest, Cherbourg, Hamburg en Stokholm. Petersburg en Parijs hebben nog 65, Weenen 60, Lissabon en Rome 45. In de Sahara daalt de bewolking onder 20, maar neemt tegen den aequator zoowel te land als te water weder toe (ongeveer tot 50).

Over 't algemeen schijnt onder 40° B. en onder den aequator de grootste mate van bewolking voor te komen, zoowel op het noordelijk als op het zuidelijk halfrond; op dit laatste is zij echter grooter dan op het eerste.

Hoe zou dit zoo komen?

II. HOEVEELHEID NEERSLAG.

§ **91. Gemiddelde hoeveelheid.** Om de verschillende plaatsen met elkander te vergelijken, wat de hoeveelheid regen betreft, dient men die hoeveelheden waar te nemen. Dit geschiedt met den udometer (Zie v. d. Stadt II § 193). Men verkrijgt daardoor de hoeveelheid, die er op eene of andere plaats, gedurend eene maand, een jaar, enz. gevallen is. Echter worden hier veel meer waarnemingen vereischt, dan bij de warmte of den luchtdruk, want de neerslag is in hooge mate afhankelijk van locale invloeden. Volgende tabel geeft de gemiddelde hoeveelheid regen aan voor enkele plaatsen in centimeters, d. w. z. zij geeft aan tot welke hoogte op die plaatsen het water boven de oppervlakte zou staan, als al de regen, sneeuw en hagel gedurende een jaar bleven op de plek, waar zij gevallen zijn.

PLAATSEN.	Regenhoeveelheid in cM.	PLAATSEN.	Regenhoeveelheid in cM.
Tromsöe	81	Brest	74
Bergen	184	Bordeaux	66
Christiania	59	Lyon	78
Upsala	56	Marseille	55
Kopenhagen	59	Madrid	38
Edinburgh	59	Oporto	143
Seathwaite [1])	386	St. Jago	176
Stye pas [2])	418	Mafra, t. N.W. van Lissabon	115
Manchester	90	Lissabon	75
Dublin	74	Coïmbra	89
London	61	Gibraltar	76
Utrecht	68	Kiel	65
Parijs	58	Hamburg	66

[1]) Seathwaite ligt in het dal van de Barrow in 't Cumbrische gebergte. [2]) In 't Cumbrische gebergte.

PLAATSEN.	Regenhoeveelheid in cM.	PLAATSEN.	Regenhoeveelheid in cM.
Keulen	59	Petersburg	42
Top van den Brocken	124	Kutais	142
Stettin	49	Astrakan	12
Berlijn	59	Bakoe	25
Koningsbergen	60	Tobolsk	46
Carlsruhe	72	Barnaul	23
Straatsburg	67	Peking	61
Ulm	63	Tokio	177
München	81	Sitka	225
Eisenstein in Bohemen	124	San Francisco	60
Praag	47	New-York	120
Weenen	59	New-Orleans	121
Linz	75	Buenos-Ayres	87
Hermanstadt	66	Santiago	36
Szegedin	52	Valdivia	293
Agram	90	Rio Janeiro	121
Genève	79	Cayenne	330
St. Bernhard.	112	Paramaribo	237
Zürich	110	Havanna	232
Bregenz	155	Algiers	79
Alt-Aussee [1])	197	Alexandrië	22
Innsbrück	87	Suez	3
Tolmezzo [2])	244	Kaapstad	61
Triëst	111	Sierre Leone	320
Fiume	153	Cerra Puntajie [3])	1420
Milaan	97	Mahabuleswhar [4])	645
Lugano	157	Singapore	228
Corfoe	132	Batavia	187
Athene	39	Perth	78
Konstantinopel	70	Sydney	129
Jeruzalem	49	Kaap-York	221

Beproef het verschil te verklaren tusschen Bergen en Christiania; Mafra en Lissabon; Brest en Parijs; Tolmezzo en Triëst; Corfoe en Athene; Valdivia en Santiago.

Van waar de groote hoeveelheid te Seathwaite, te St. Jago, op den Brocken, te Tokio, te Sitka, te Cayenne, te Paramaribo, te Havanna, te Sierra Leone, te Cerra Puntsjie, te Mahabuleswhar?

§ **92. Verdeeling van de hoeveelheid.** Beschouwen we nu kaart IX, waarop is aangegeven, in welke streken meer dan 100 cm., van 100—50 cm., van 50—25 cm. en minder dan 25 cm. regen valt. Zoeken we de plaatsen, waar de meeste neerslag valt. We vinden: Afrika, Amerika en Insulinde aan beide zijden van den aequator. Bovendien nog kleinere strooken, aan de westzijden der gebergten op hooger breedte: langs de westkusten van Scandinavië, Groot-Brittanje, En-

[1]) In den Salzkammergut. [2]) In het bovenland van de Tagliamento. [3]) Ten N.O. van Calcutta, aan de zuidelijke helling der Khassia-bergen. [4]) Ten Z.O. van Bombay in de West-Ghats.

gelsch Noord-Amerika en Patagonie en de Oostkust van Australië. Om en bij den aequator is de regenhoeveelheid het grootst. In de gematigde zone bereikt zij nergens eene hoeveelheid van 500 cm., en alleen aan de genoemde westzijden (dat zijn daar de windzijden van 't gebergte) stijgt zij hier en daar over 100 cm., dat is dus tengevolge van locale invloeden. Evenzoo kan door locale invloeden in de warme zone de hoeveelheid onder 100 cm. dalen. Maar over 't algemeen ziet men, dat de regenhoeveelheden kleiner worden, naarmate men zich van den aequator verwijdert. De Arctische gebieden zijn arm aan regen; echter is van dit gebied nog slechts een klein gedeelte onderzocht.

Dit afnemen van de hoeveelheid neerslag op hoogere breedte staat in het nauwste verband met het verminderen van de absolute vochtigheid in de richting van den aequator naar de pool. De samenhang met de relatieve vochtigheid blijft op sommige plaatsen raadselachtig. Port-Said en Rome hebben een gelijke jaarlijksche relatieve vochtigheid en toch valt te Port-Saïd maar 52 mm. en te Rome 821 mm. regen. Men meent de oorzaak van dergelijke tegenstrijdigheden te moeten toeschrijven aan orographische hindernissen en aan buitengewone verwarming van de onderste luchtlagen, waardoor de reeds gecondenseerde waterdamp weder den gasvorm aanneemt, voor hij de oppervlakte der aarde bereikt.

Voor wij de kaart nu verder in oogenschouw nemen is het noodig, dat wij de reeds gemelde wetten voor de verdeeling van den neerslag nog eens in het geheugen roepen:

1e de hoeveelheid wordt geringer met toenemende breedte (Zie hier boven).

2e zij wordt geringer, als men zich van den oceaan verwijdert (Zie § 83).

3e zij is groot aan de windzijde van een gebergte (Zie § 88).

4e zij is kleiner aan de windschaduwzijde van 't gebergte.

5e zij neemt in een gebergte aanvankelijk met de hoogte toe (Zie § 84).

§ **93. Gebied van den Noord-Atlantischen Oceaan.** Bezien we nu weder de kaart. Ons werelddeel krijgt zijn waterdamp van den Atlantischen Oceaan. Daardoor bemerkt men eene afneming in hoeveelheid, zoowel als men in het vastland oostwaarts gaat, als wanneer men de tegenovergestelde kusten der eilanden vergelijkt.

Zoek uit de tabel hiervoor eenige sprekende voorbeelden.

Ook de zuidrand der Alpen is regenrijk.

Hoe komt dit zoo? Welke richting heeft daar de wind?

Door de groote verscheidenheid van terrein in het midden en het westen van Europa hebben twee plaatsen, die dicht bij elkander gelegen zijn, soms een groot verschil in regenhoeveelheid.

Zoek nog eens zulke plaatsen.

Over 't algemeen bedraagt zij echter meer dan 50 cm.

Welke streken hebben minder?

In West-Europa ontvangen het minste regen het hoogland van Castilië en de zuidoostkust van Spanje, waar het soms in 3 jaar niet éénmaal beduidend regent, waar de wolkenlooze hemel slechts zelden eenige bedekking vertoont en de dadelpalm zijne vruchten tot rijpheid brengt.

Hoe verder we ons van den Atlantischen Oceaan verwijderen, hoe meer dalen de hoeveelheden onder 50 cm., West-Siberië heeft ongeveer 40, 't Lenagebied 23 en het vlakke gedeelte der Ochotskische kust slechts 12 cm.; van het noorden naar het zuiden neemt in Rusland ook de hoeveelheid af, want de IJszee kan ook regenbron worden en Zuid-Rusland ligt in den windschaduw van Alpen en Karpaten. Daardoor ligt het minimum in Toeran, waar aan de Kaspische Zee 11, aan het Aralmeer ter nauwernood 10 cm. neerslag per jaar valt.

Vergelijk de afneming van west naar oost met de windkaart.

Aziatisch, Voor-Indisch en Australisch moessongebied. De oostelijke helft van Kamsjatka, Japan, China ten zuiden van ongeveer 30° N.B. en Indië hebben meer dan 100 cm. De zuidoostmoessoen is in het Aziatisch gebied de regen-aanbrengende wind, de Groote Oceaan is de regenbron. Vandaar is het zeer begrijpelijk, dat de hoeveelheid regen naar het binnenland afneemt.

Waarom waait hier de zuidoost- of oostmoesson? Zie nog eens na hoe de windrichting afwisselt aan de oostzijde van Azie.

Eenigszins anders is het met Voor-Indië gesteld.

Hoe is de windrichting daar?

De westkusten van het schiereiland hebben dientengevolge 2—3maal meer neerslag dan de oostkusten. In Hindostan neemt de hoeveelheid af, als men den Ganges opvaart: oostelijk Bengalen heeft overal meer dan 200 cm., westelijk Bengalen 1—200 cm. Aan den middelloop van genoemde rivier en aan de Dsjoemna bedraagt de hoeveelheid slechts 85 cm. en in de Pendsjab en den middelloop van den Indus zelfs geen 20 cm. Op het plateau van Dekan zinkt de neerslag ook onder 100 cm. De grootste hoeveelheid valt aan de zuidelijke helling van de Khassiabergen, die zich aan den linkeroever van de Bramapoetra in Assam uitstrekken.

Ook het Australisch moessongebied heeft meer dan 100 cm. neerslag, evenals de Indische Archipel, waar echter door de verbrokkeling van het terrein veel verscheidenheid heerscht. De moessoenregen strekt zich op Nieuw-Holland uit tot $15\frac{1}{2}°$ Z.B., aan de telegraaf van Palmerston naar Adelaïde, en tot $18\frac{1}{2}°$ Z.B. langs de oostkust.

Regenlooze gordel der Oude Wereld. Deze strekt zich uit over de hooglanden van Centraal-Azië, over Iran en gedeeltelijk over Klein-Azië, verder over Syrië, Arabië en de Sahara, tot waar deze aan den Atlantischen Oceaan grenst. Bij dit gebied moeten we twee opmerkingen maken. Ten eerste is het niet absoluut regenloos,

maar is de besproeiing zeer schaarsch; zelfs komen hoeveelheden van 24 cm. nog voor, zoodat niet alles woestijn is, maar hier en daar ook steppen gevonden worden. Aan de windzijden der gebergten is de neerslag natuurlijk overvloediger, vandaar dat op onze kaart de loop van den Thiansjan en van den Hindoekoesj duidelijk te zien zijn. Ten tweede is de oorzaak van de regenloosheid niet over het geheele gebied dezelfde. In dit opzicht kan men het in twee deelen scheiden. De Perzische Golf geeft de scheidingslijn aan. Ten oosten ervan komen de hooglanden voor, die zich in de windschaduw bevinden; ten westen ervan vinden we streken, waar voortdurend noordenwinden heerschen en deze zijn, zooals we weten, op het noordelijk halfrond altijd droog. Zelfs al komen zij, zooals des zomers in de Sahara, van de zee (Middellandsche), dan geven ze nog geen neerslag van wege de hooge temperatuur der woestijn. Van de randen van het gebied neemt de neerslag zeer snel naar het midden af (Biskra 22, Alexandrië 21, Jeruzalem 49, Bagdad 15, Port-Saïd 5, Kaïro 3, Suez 3 cm.). Over 't algemeen is de nabijheid van de Middellandsche Zee en van den Atlantischen Oceaan van weinig invloed, ofschoon in het noordwesten de Sahara toch dientengevolge hier en daar steppenkarakter verkrijgt. Ging er langs de noordwestkust van Afrika geen koude zeestroom, dan zou de invloed van den Atlantischen Oceaan waarschijnlijk grooter zijn.

Wij merken hier de volgende tegenstrijdigheid op:

De moessons zijn winden, die van de koelere zee naar 't warmere land gaan, en brengen regen, de noordenwinden uit de Middellandsche Zee naar de Sahara brengen geen regen. Dit eischt eenige verklaring.

Over 't algemeen is een koude zeewind droog. De wolkenvorming heeft echter plaats op eenigen afstand van de aardoppervlakte. Voor de regenvorming moeten we dus de temperaturen op dien afstand vergelijken en niet op de hoogte van den zeespiegel. De Indische Oceaan aan den aequator is in Juli niet zoo warm als het vastland van Azië. Zie de kaart der Juli-isothermen.

Maar boven den oceaan is de lucht met waterdamp verzadigd en neemt dus de temperatuur met de hoogte zeer langzaam af; boven het vastland is dit niet het geval en neemt dus de temperatuur in die richting sneller af. Daardoor kan de warmteverhouding juist omgekeerd worden, en dat zal gebeuren als de warmteverschillen gering zijn, wat in het zuiden en oosten van Azië het geval is. Het verschil in warmtegraad van Middellandsche Zee en Sahara is te groot voor eene dergelijke omkeering op de hoogte, waar de relatieve vochtigheid het grootst is; daardoor blijft de neerslag in de Sahara gering. Daarenboven waait de moesson tegen den bergachtigen rand van de hoogvlakte, terwijl de Sahara, hoewel over 't algemeen een hoogland, geen randgebergte bezit.

Aequatoriaal-Afrika. Van deze landstreek ten zuiden van de Sahara ter weerszijden van den aequator gelegen is nog weinig bekend. Het schijnt echter, dat er overvloedig neerslag valt.

Zuid-Afrika. Gansch anders is het met het zuiden van dit werelddeel. De neerslag wordt voornamelijk van den Indischen Oceaan aangevoerd. Maar de bergrand ontneemt den wind een groot gedeelte van het vocht, zoodat een aanmerkelijk

gedeelte van Zuid-Afrika in de windschaduw ligt. Dat we desniettegenstaande den neerslag beneden 25 cm. eerst aan de westkust aantreffen, kan hierdoor verklaard worden, dat de oostelijke bergrand op vele plaatsen is afgebroken. Aan de zuidkust neemt de neerslag van het westen naar het oosten af; we bevinden ons daar dus blijkbaar in een gebied, waar de Atlantische Oceaan zijn invloed doet gelden. Madagaskar vormt in 't klein eene herhaling van de regenverhouding van Zuid-Afrika: van oost naar west neemt daar de hoeveelheid af, alleen vermindert aan de westkust de hoeveelheid niet in die mate. De oorzaak hiervan is gelegen in het verschil van de stroomen, die de westkust van Zuid-Afrika en die van Madagaskar bespoelen.

Australië komt in veel opzichten met het voorgaande overeen, trouwens windrichting en verticale vorm hebben veel overeenkomst.

Welke is die dan?

De bergrand in het oosten houdt den regen tegen en het binnenland gevoelt dus al het nadeel van de windschaduw. De opeenvolging van de kleuren op de kaart wijst er ten duidelijkste op, dat de Groote Oceaan den neerslag levert. In het zuidwesten doet de Indische Oceaan zijn invloed gelden. Op Nieuw-Zeeland is de westkust veel rijker aan regen dan de oostkust. We hebben hier dus een zelfde verwisseling van de richting, waarin de neerslag toeneemt, als aan de zuidkust van Afrika.

Noord-Amerika. Evenals in Azië het hoogland de scheiding uitmaakt tusschen den Atlantischen en den Grooten Oceaan, zoo vinden we in Noord-Amerika beide gebieden door het Rotsgebergte, enz. gescheiden. Ten westen daarvan ligt het gebied van de Golf van Mejico en van den Atlantischen Oceaan. De invloed van de eerste doet zich gevoelen in den zomer en wanneer locale depressie's door het Mississippi-gebied trekken (Zie §§ 61 en 70).

Hoe is de windrichting daar in genoemde gevallen?

Geen bergen of bergruggen treden den regenaanbrengenden wind in den weg en vandaar, dat zelfs in de vlakte meer dan 100 cm. regen valt. De hoeveelheid neemt van den Atlantischen Oceaan en van de Golf van Mejico naar 't binnenland af. Evenwel dient opgemerkt, dat nergens op zulk eene breedte over zulk eene uitgestrektheid meer dan 100 cm. regen valt.

De invloed van den Grooten Oceaan strekt zich niet ver in het land uit.

Waardoor zou dit komen?

In het noorden vinden we tegen het gebergte een Arctisch gebied, waar de regenval minder dan 25 cm. bedraagt.

Met welk gebied in Azië komt dit overeen?

Evenzoo vinden we een gebied van minder dan 25 cm. van 25° — 35° N.B. Dit heeft veel overeenkomst met de westkust van 't noorden van Afrika: de aequa-

toriale windstroomen eindigen en de kust wordt door een kouden stroom bespoeld. Van de kust zet dit gebied zich tot over de hoogvlakten uit, die haar regenloosheid hieraan te danken hebben, dat ze in de windschaduw liggen. In de Coloradowoestijn is de neerslag weinig meer dan in de Sahara.

Middel-Amerika verheugt zich in een overvloedigen neerslag, die ook den West-Indischen archipel kenmerkt.

Zuid-Amerika heeft in het grootste, noordelijke gedeelte meer dan 100 cm. neerslag. Aan de westkust gaat het gebied tot 3° Z.B., aan de oostkust tot 35° Z.B. De hoofdbron is de Alantische Oceaan.

Hoe is de windrichting?

Alleen de Llano's van den Orinoco en het bergland van Brazilië maken eene uitzondering.

Naar het zuiden echter vertoont de westkust spoedig een ander beeld. De oorzaak ervan is deze. De bron voor den neerslag ligt nog altijd in den Atlantischen Oceaan, maar de winden moeten over het gebergte strijken om de westkust te bereiken, de westkust ligt dus in de windschaduw. Bovendien wordt aan de kust de temperatuur verlaagd door een kouden zeestroom. Van 10° Z.B. tot 33° Z.B. valt langs de westkust nergens 25 cm. regen.

Draait echter de wind, komen we in het gebied der westenwinden, dan verandert het beeld: het gebied van 25 cm. vinden we aan de kust van den Atlantischen Oceaan, dat van meer dan 100 cm. aan den Grooten Oceaan. Deze omkeer maakt, dat van 23° Z.B. langs de westkust, zoowel naar 't noorden als naar 't zuiden, verhooging van neerslag aangetroffen wordt. De Atacama-woestijn vormt het middelpunt van dit regenlooze gebied, waar echter nog wel eenige neerslag valt, ja soms wolkbreuken voorkomen.

Wat kan nu de oorzaak geweest zijn, dat op de zuidkust van Afrika en op Nieuw Zeeland ook een vermeerdering van west naar oost werd aangetroffen?

Heeft het verschil in verticalen vorm van Zuid-Amerika, Afrika en Australië ook invloed op de verdeeling van de regenhoeveelheid? Waar valt meer regen, in 't vastlands- of in 't zeeklimaat?

Van **den Oceaan** geeft ons kaartje de regenhoeveelheden niet aan. De verdeeling daar is trouwens heel gemakkelijk. In den stiltegordel is de neerslag overvloedig. De passaatgordel daarentegen is absoluut regenloos. De aequatoriaalzijden der depressie's zijn regenrijk, de poolzijden regenarm.

Ga nog eens na, waarom dit zoo is en vergelijk uwe bevinding met figuur 10.

§ 94. **Resumeeren we, dan krijgen we:**

Onder den aequator ligt een gebied, waar de regenhoeveelheid meer dan 100 cm. bedraagt. Dit gebied strekt zich aan de oostzijden van de continenten het verst poolwaarts uit.

De westkusten van de continenten zijn onder den keerkring het droogst, met uit-

zondering van die van Noord-Amerika, waar het droge gebied een weinig verder poolwaarts ligt.

Boven 40° breedte worden de westkusten ook zeer regenrijk.

Regenlooze gebieden onderscheiden we zes:

1e de hooglanden van Centraal-Azië met Iran,
2e de Sahara met de Arabische en Syrische woestijn tot Mesopotamië,
3e de westkust van Zuid-Afrika van 10°—30° Z.B.,
4e de binnenlanden van Nieuw-Holland,
5e de hooglanden van Noord-Amerika,
6e de woestijn Atacama.

§ 95. **Regenwaarschijnlijkheid.** Telt men het aantal dagen, waarop eenige hoeveelheid neerslag (regen, sneeuw of hagel) valt, gedurende een maand, een jaar, enz. te zamen en deelt men dit getal door het aantal dagen van de maand, het jaar, enz. dan verkrijgt men de regenwaarschijnlijkheid van die maand, dat jaar, enz. Door langdurige waarnemingen kan men op die wijze de gemiddelde regenwaarschijnlijkheid van zulk een maand, van het jaar, enz. verkrijgen.

De gemiddelde regenwaarschijnlijkheid van de verschillende maanden van het jaar vertoont niet hetzelfde verloop als de regenhoeveelheid, aangezien toch de hoeveelheid water, die een regendag gemiddeld oplevert (de regendichtheid, zooals men zegt) niet in elke maand even groot is. Voor Middel- en Zuid-Duitschland bedraagt de regendichtheid in den zomer 6 mm., in den winter 3 mm.

Wanneer nu in den zomer zeer veel regen op elken regendag valt, dan stroomt het grootste gedeelte van het gevallen water langs de oppervlakte weg en komt den plantengroei niet ten goede. Niettegenstaande eene groote hoeveelheid regen kan de plantenwereld door droogte lijden, indien het aantal regendagen gering is en omgekeerd zal een veel kleinere hoeveelheid, verdeeld over veel regendagen, een overvloedigen plantengroei te voorschijn roepen.

Zoo is de regenwaarschijnlijkheid op het plantenkleed der aarde van meer invloed dan de hoeveelheid gevallen neerslag.

Volgende getallen van de regenwaarschijnlijkheid in Midden-Europa gedurende den groeitijd geven een duidelijk beeld van de onvruchtbaarheid der Russische steppen.

Londen	0,46	Zuid-Russische steppen	0,22
Oostzeekust	0,40	Astrakan	0,20
Kiew	0,35	Bakoe	0,17
Zwarte-zeekust	0,25		

In de Zuid-Russische steppen komt op elke 5 dagen dus 1 regendag, in Londen op elke 2 dagen. Maar de zomerhitte neemt in den zomer van Londen naar het

oosten toe. Grootere hitte en minder veelvuldige besproeiing verklaren dus het sober plantenkleed in zuidoostelijk Rusland.

In het woestijngebied bedraagt de regenwaarschijnlijkheid 0,10; in Zuid-Europa 0,20—0,30; in Frankrijk, den noordrand der Alpen en der Karpaten, Noord- en Centraal-Rusland 0,30—0,40; in Brittanje, Nederland, België, Duitschland en Noorwegen 0,40—0,50. De regenwaarschijnlijkheid neemt dus in Europa van het zuiden en oosten naar het noorden en westen toe.

III. VERDEELING VAN DEN NEERSLAG OVER DE JAARGETIJDEN.

§ 96. **Regengebieden.** Was de regenwaarschijnlijkheid van grooten invloed op den plantengroei, nog meer is dit het geval met de verdeeling van den neerslag over de verschillende jaargetijden. In dit opzicht onderscheiden we twee gevallen:

1° de regen valt in alle jaargetijden,

2° de regen valt niet in alle jaargetijden.

Het tweede geval kan men weer in tweeën splitsen: de winter kan de regentijd zijn of de zomer.

We hebben dus drie verschillende typen:

1° de regen valt in alle jaargetijden,

2° de regen valt uitsluitend in den winter,

3° de regen valt uitsluitend in den zomer.

In dezelfde volgorde genomen krijgen deze gebieden de volgende namen:

1° Het Gebied van den gelijkmatigen neerslag.

2° Het Subtropisch gebied.

3° Het Tropisch gebied.

§ 97. **Tropisch regengebied.** Dit strekt zich ter weerszijden van den aequator uit (Zie de kaart). Op het noordelijk halfrond in Amerika bijna tot 30° breedte, in Azië aan de oostkust zelfs tot 60°. Op het zuidelijk halfrond strekt het zich in Amerika tot ongeveer 30°, in Afrika even ver, in Australië tot den keerkring uit. Op den Atlantischen Oceaan is het gebied smal even als op den Indischen. In het westen van den eersten vindt men onder den aequator een smal gebied, waar de neerslag zich over alle jaargetijden verdeelt, en dat zich over Zuid-Amerika uitbreidt; evenzoo op den Indischen Oceaan een, dat zich over het westelijk gedeelte van den Indischen Archipel uitstrekt. Die gebieden onder den aequator, waar de neerslag wel het meest maar niet uitsluitend in den zomer valt, noemt men het gebied van den aequatoriaalregen. Overigens is de regenval binnen de poolgrenzen van het tropisch gebied beslist periodiek en wel zoodanig, **dat de regentijd samenvalt met den hoogsten stand van de zon.** De tijd, waarop dit hemellichaam haar hoogsten stand bereikt noemen wij zomer. Daar echter in de tropische luchtstreek, de warmte geen aan-

leiding geeft tot het verdeelen van het jaar en jaargetijden, splitst men het daar in een drogen en een regentijd of drogen en natten moesson. De regentijd komt dus overeen met den zomer, want dan staat de zon het hoogst; toch noemt men in Spaansch Amerika juist den drogen tijd verano (d. i. zomer) en den regentijd invierno (d. i. winter). Vroeger meende men, dat de tropische regen het gevolg was van de opstijgende luchtstroomen, die door de felle verwarming van den bodem door de zon ontstonden. Men nam daarbij zonder bewijs aan, dat de waterdamp voor den regen benoodigd in de streek zelve ontstond. We hebben echter in het vorige hoofdstuk gezien, dat de Oceaan de voornaamste regenbron is, dat van daar de waterdamp landwaarts gevoerd wordt. Aan de berghellingen wordt dan ook de tropische regen onmiddellijk afgezet, maar in de vlakten is de condensatie het werk van de opstijgende luchtstroomen. Maar altijd is eene wijziging in de richting van den wind de laatste oorzaak van den tropenregen en daarom meenen wij, dat de regen in het moessongebied er niet als een afzonderlijke soort naast moet gesteld worden.

De tropenregen ontstaat door de depressie, die 's zomers in het gebied voorkomt. Deze depressie is op den oceaan de stiltegordel, op het vastland de cyclone. Daar de laatste zich veel meer met de zonnedeclinatie verplaatst dan de eerste is haar gebied veel grooter; de grootste verschuiving der cyclonen heeft plaats tusschen Azië en Australië, vandaar dan ook, dat het gebied van den tropischen regen zich daar over de meeste breedtegraden uitstrekt.

Gedurende het verloop van een jaar komt de zon tweemaal in het zenith voor de bewoners van de plaatsen, die tusschen de beide keerkringen liggen; maar de bewoners onder den keerkring zien de zon slechts eenmaal tot hun zenith stijgen; de eerste hebben dus twee regentijden, de laatste maar een. In Maart en September heeft men onder den aequator den meesten regen. Op 10° N.B. valt de eerste regentijd na April, de tweede voor September. Hoe meer men zich van den aequator verwijdert, des te meer komt de eerste later en de tweede vroeger, totdat ze eindelijk in elkander vallen. Vatten we hier nu ook nog het aequatoriale gebied bij, dat in Afrika schijnt te ontbreken, dan kunnen we het tropisch gebied in drie ondergebieden onderscheiden, n.l. dat van

1e **den aequatoriaal-regen** van 5° N. tot 5° Z.B., ook wel **kalmte-gordel** genoemd, waarin gedurende het geheele jaar regen valt, het meest echter in Maart en September. Doorgaans valt de neerslag in heftige stortregens na den middag. Een reiziger zegt, dat onder den aequator een waarnemer met een fijn gehoor het rollen des donders voortdurend kan waarnemen.

2e **den dubbelen regentijd** van 5°—15° breedte. Het best is deze dubbele regentijd ontwikkeld in Zuid- en Middel-Amerika. Den kleine-

ren drogen tijd tusschen de beide regentijden in noemt men *veranillo* (d. i. korte zomer).

3° **den enkelen regentijd** van 15°—28° breedte. Hier heeft men op het noordelijk halfrond dus regen in Juli, op het zuidelijk in Januari. In Afrika strekt deze gordel zich maar tot 20° N.B. uit.

Deze verdeeling gaat niet door voor die streken, waar de beweging van de cyclone door de eigenaardige groepeering van de vastlandmassa veel grooter is dan de declinatie-beweging van de zon, dus in het moessongebied. Daar begint de regentijd later en eindigt vroeger, naarmate men zich verder van den aequator af begeeft, maar door een langdurigen drogen tijd wordt hij nimmer in twee regentijden gesplitst, zoodat men daar alleen een drogen en een regentijd aantreffen

Welke wind waait er op eene plaats onder 10° N.B., als de zon meer dan 10° noorder-declinatie heeft?

Welke wind is de aequatoriale de oost- of de westmoesson?

Welke brengt dus den regen? Van wanneer tot wanneer waait op het noordelijk halfrond de natte moesson, en van wanneer tot wanneer op het zuidelijk halfrond?

Echter is de zaak niet zoo eenvoudig, als men zich doorgaans voorstelt. Voor de stad Calcutta is bijv. aangetoond, dat de kans op regen niet groot is als de zuidwestmoesson bestendig waait, maar wel groot, als deze wind door onregelmatigheden in den luchtdruk van zijne eigenlijke richting wordt afgeleid.

Voor Oost-Indië is over 't algemeen de zuidwestmoesson de regenaanbrenger en de noordoostmoesson is de droge wind. De regentijd duurt

in de Pendsjab van Juli tot September,
in Hindostan van Juni tot September,
aan de kust van Malabar van Mei tot October,
aan de kust van Koromandel van Juli tot December.

Op Ceylon komen twee regentijden voor. In de Pendsjab geeft de antipassaat ook in den winter eenigen regen.

§ **98. Subtropisch regengebied.** In § 64 hebben we gezien, dat door de verschuiving van de passaten de Subtropische zone ontstaat. We hadden daar in den zomer een poolstroom, in den winter een aequatoriaalstroom.

Ga dat nog eens na.

De poolstroom brengt geen regen aan, de aequatoriaalstroom wel. Op den oceaan zullen we dus aan de poolzijde van de parallel van 28° breedte een gebied aantreffen, waar uitsluitend winterregen heerscht. Daar de regen veroorzaakt wordt door westenwinden en deze aan de westzijden der continenten hunnen invloed doen gelden, zal dit gebied aan de westkusten in het land dringen, ver of minder ver, naargelang van plaatselijke omstandigheden. Het uitgestrektst is dit Subtropisch gebied aan de westzijde van de Oude Wereld in noordelijke breedte, waar Zuid-

Spanje, Middel- en Zuid-Italië, Zuidelijk Turkije en Griekenland, Klein-Azië, Syrië, Perzië, de landen om het Aralmeer, Arabië, uitgezonderd de zuidkust, en Noord-Afrika met inbegrip van de Sahara er toe behooren.

Zoek op de kaart, welke kuststreken er in de andere werelddeelen toe behooren. Waarom zou dit gebied aan de kusten van Amerika en Afrika zoo smal zijn?

In al deze landen is de neerslag des zomers uiterst gering en daarin ligt juist het karakter van het gebied, niet in den regenrijken winter, want in den winter valt op den geheelen oceaan doorgaans meer regen dan in den zomer.

§ 99. **Gebied van den gelijkmatigen neerslag.** Dit strekt zich uit over het overige gedeelte van de aardoppervlakte. In de Tropische zone hebben we reeds het gebied van den aequatoriaalregen ontmoet. Bovendien genieten de oostkusten van bergachtige eilanden en vastlanden daar ook gedurende het geheele jaar regen; maar daar waren zulke streken uitzondering, terwijl over 't algemeen in Amerika boven 30°, in de Oude Wereld boven 40°, op den oceaan zelfs reeds in lager breedte de regen in alle jaargetijden typisch is.

Zoek alle streken in de Tropische zone, waar het gedurende het geheele jaar regent. Waarom vinden we juist de oost- en niet de westkusten?

Enkele zonderen het gebied van de Siberische en de Amerikaansche koudepool af; het is intusschen nog niet door alle waarnemingen bevestigd, dat de neerslag daar uitsluitend in den zomer valt; Werchojansk b.v. kenmerkt zich door veel sneeuwval gedurende den winter.

Wij hebben opgemerkt, dat op den oceaan meer neerslag in den winter moest vallen dan in den zomer. Dit is een eenvoudig gevolg hiervan, dat de relatieve vochtigheid des winters grooter is dan des zomers. Boven de landmassa is het anders. 's Zomers worden de zeewinden naar het land getrokken en ontstaan daarboven opstijgende luchtstroomen. **Zomerregen is dus het landtype, winterregen het oceanische type.**

Waar strekt zich het landtype over zee uit, waar het oceanische type over 't land?

Het kan ons nu geen verwondering baren, dat in den middelgordel (Zie § 18) aan de westkusten der werelddeelen des winters meer regen valt dan des zomers, terwijl aan de oostkusten en in het binnenland de meeste regen in den zomer voorkomt. Daarom spreekt men van streken met zomerregen, met winterregen, met herfstregen, waarbij men dan wel moet bedenken, dat niet de zomer, de winter, of de herfst uitsluitend met neerslag begiftigd zijn, maar dat in dit jaargetijde meer regen valt dan in eenig ander.

De overgang van het eene in het andere gebied geschiedt natuurlijk geleidelijk. Die van den Subtropischen gordel in Noord-Afrika en Zuid-Italië naar den zomerregen van Midden-Europa geschiedt bijv. op de volgende wijze: Het wintermaximum valt naar 't noorden langzamerhand vroeger, wordt daardoor herfstmaximum en eindelijk een zomermaximum.

Hoe volgen de regentijden in Europa op elkander, als men van het zuiden naar het noorden gaat?

Hier volgen de tijden, waarop het in de verschillende landen van Europa het meest en het minst regent.

LANDEN.	Regenmaximum.	Regenminimum.
Kust van Noorwegen	December	Mei en Juni
Schotland	Dec. en Jan.	Mei
Ierland en West-Engeland	Januari	April
Oost-Engeland	October	Februari
Zweden	Augustus	Maart
Denemarken	Aug. en Sept.	April
Nederland	Augustus	Maart
Midden-Duitschland	Juni, Juli en Aug.	Februari
België	September	Mei
Noordelijk-Zwitserland	Augustus	Februari
Oostenrijk-Hongarije	Juni	Januari
Zuid-Frankrijk, de Povlakte en Middel-Italië	October	Juli
Midden-Rusland	Juli	Jan. en Feb.
Oostzee-gebied	Augustus	Jan. en Feb.

Wij merken nog op, dat in de hooge stations van de gebergten van Midden-Europa zich meer en meer de winterregen gelden doet. Ook in dit opzicht komt dus het bergklimaat met het oceanisch klimaat overeen.

In welke opzichten nog meer?

In Noord-Amerika vinden we nagenoeg overal in het gebied van den gelijkmatigen neerslag zomerregen. De zuidoostkust van de Vereenigde Staten vertoont een neiging tot moessonregen, zooals zich uit de beschouwing van de beide windkaarten zeer goed begrijpen laat.

Zie dit op de kaart na. Door welke oorzaken ontstaat in den winter de poolwind, in den zomer de aequatoriaalwind? Neem in aanmerking, dat de Golf van Mejico de regenbron is.

Waren we dus niet in het gebied der veranderlijke winden, maar gold het beeld van onze kaart voor den geheelen zomer en voor den geheelen winter, dan zouden we het zuiden van de Vereenigde Staten ook bij het Tropisch regengebied moeten inlijven. De kaart geeft echter buiten de keerkringen slechts een beeld van den gemiddelden toestand, het windsysteem kenmerkt zich door onregelmatigheid. De depressie's, die in de andere jaargetijden over Amerika heenstrijken, schenken aan die streken ook neerslag en dus hebben we niet te doen met uitsluitenden zomerregen, maar met regen in alle jaargetijden met een zomermaximum. Genoemde depressie's zijn ook oorzaak, dat in de tabel in § 57 Ohio en Tenessee zooveel aequatoriale winden hebben.

Evenals we gezien hebben, dat het landklimaat zich in de gematige zone over de oostkust der continenten uitbreidde, terwijl het zeeklimaat ook aan de westkust der werelddeelen heerschte, zoo bemerken we hetzelfde ten opzichte van den neerslag.

Het oceanische type met zijn meerderen neerslag in den winter breidt zich aan de westzijden van Europa en Noord-Amerika uit, terwijl de zomerregen aan de

oostelijke kusten heerscht. Daardoor ontstaat, zoowel in de Oude als in de Nieuwe Wereld een groot verschil tusschen de oost- en de westkust.

Maak eene vergelijking tusschen beide kusten: *a.* ten opzichte van de temperatuur, *b.* ten opzichte van de winden, *c.* ten opzichte van den neerslag. Maak ook eene vergelijking tusschen den neerslag in het vastlands- en dien in het zeeklimaat en denk: *a.* om de hoeveelheid (§§ 83, 91 en 93), *b.* om het jaargetijde, waarin de meeste regen valt (§ 99), *c.* om de relatieve vochtigheid in den zomer en den winter (§ 84), *d.* om de sneeuwgrens (§ 102).

§ **100.** Naar 't geen in bovenstaande paragraven gezegd is, vindt men op de aardoppervlakte dus de volgende, ten opzichte van den neerslag kennelijk van elkander, verschillende, gebieden:

a. Streken van voortdurende regenarmoede:
  1e Arctische gebieden.
  2e Vastlandsgebieden.
  3e Gebieden in de windschaduw.
  4e Gebieden van voortdurende poolwinden.

b. Streken, waar periodieke regenarmoede heerscht:
  1e Tropischgebied, waaronder we ook 't moessongebied rekenen.
  2e Subtropisch gebied.

c. Streken, waar het geheele jaar regen valt:
  1e met een zomermaximum.
  2e met een wintermaximum.

Zoek van elk voorbeelden en vergelijk dit overzicht met dat in § 96.

IV. HAGEL, SNEEUW EN ONWEER.

§ **101. Hagel.** Beschouwen we nu nog kort de vormen, waaronder het water condenseert en de verschijnselen, welke zich daarbij voordoen. Het water kan condenseeren bij een temperatuur beneden, maar ook bij een temperatuur boven 't vriespunt. In het eerste geval ontstaat er sneeuw, hagel, rijp en ijzel, in het tweede dauw en regen. Over de meeste van deze is reeds het een en ander gezegd; over den hagel is tot nog toe gezwegen. Ook thans is het niet ons doel de theorieën over de vorming van den hagel na te gaan, daar men over het ontstaan ervan nog steeds in het onzekere verkeert. Wij willen ons met den hagel alleen bemoeien, voor zooverre de Natuurkundige Aardrijkskunde er mede te maken heeft. 't Is niet te ontkennen, dat het materieel, waarover men beschikken kan om de verbreiding ervan na te gaan, zeer onvolledig is. Men heeft lang gemeend, dat het verschijnsel het meest voorkwam in de gematigde zone, maar ook in de tropen valt niet zelden hagel. Humboldt was de leer toegedaan, dat daar alleen de bergstreken er last van hadden, wat in aequatoriaal Zuid-Amerika het geval schijnt. Dit leidde hem tot de bewering, dat in warmere gewesten de hagel, die zich in de hoogere luchtlagen

vormde, door de hitte van de lagere smolt. Doch in de kustvlakte van Guatemala, op Java en in Soedan komen ook hagelbuien voor.

De waarnemingen hebben echter zooveel uitgewezen, dat we eenigszins de voorwaarden kunnen nagaan, waaronder er hagel kan gevormd worden. Daarvan noemen wij alleen de voornaamste en wel deze: **hagelvorming geschiedt alleen in een absoluut zeer vochtigen atmospheer**. Daar de lucht gedurende het koude jaargetijde in hoogere breedte weinig waterdamp kan bevatten, zoo is de winter niet de hageltijd, maar de zomer. Het meest komt het verschijnsel bij ons voor aan het einde van de lente en het begin van den zomer, dus in Mei en Juni, omdat de lucht in dezen tijd reeds rijk aan neerslag is en de warmte met de hoogte snel afneemt. Naar den tijd van den dag valt de hagel het meest in den namiddag.

Het verband met het waterdampgehalte van den atmospheer blijkt ten duidelijkste hieruit, dat in Europa de hagelbuien van west naar oost afnemen en dat in de poolstreken en in de woestijnen hagel tot de zeldzaamheden behoort.

Van zeer veel invloed op de hagelvorming schijnen locale omstandigheden. Dikwijls liggen streken, waar het veel, en zulke, waar het weinig hagelt, dicht bij elkander. Uit de waarnemingen meent men het besluit te mogen trekken, dat het in het gebergte meer hagelt dan in de vlakte en in het middelgebergte meer dan in het hooggebergte. De Kaukasus is waarschijnlijk de hagelrijkste streek der aarde.

§ **102. Sneeuw.** Horizontale verbreiding. Wanneer de neerslag plaats heeft onder het vriespunt, dan ontstaat er sneeuw (Van de Stadt II § 193). Blijft de waarnemer op de hoogte van den zeespiegel, dan treft hij aan den aequator nooit sneeuw aan; bij ons zal hij in den winter sneeuw, in den zomer regen zien. Reeds in Italië komt sneeuw in de laagvlakte zelden voor, in Rome heeft men gemiddeld 3 sneeuwdagen in 2 jaar. Aan de aequatoriaalzijde van het Atlasgebergte en aan de zuidgrenzen van Syrië is de sneeuw in de laagvlakte onbekend. Aan de oostzijde van de Oude Wereld nadert zij echter den aequator meer dan aan de westzijde. In dit opzicht volgt zij dus den loop der winter-isothermen. Canton op 23° N.B. heeft nu en dan nog sneeuw, terwijl op Corfoe in een tiental jaren gemiddeld maar eene sneeuwbui voorkomt.

Op hoeveel graden breedte ligt Corfoe ?

Van onze breedte naar 't noorden gaande vindt men waarschijnlijk nergens plaatsen, waar de neerslag het geheele jaar door in den vorm van sneeuw valt, want, hoever men ook in de poolstreken is doorgedrongen, toch heeft men in de warme maanden regen waargenomen.

Verticale verbreiding. Anders is het gesteld met de verticale verbreiding. Even als met de breedte neemt ook de warmte met de hoogte af. Op het gebergte zal de sneeuw zich in den winter verder dalwaarts uitstrekken dan des zomers. Hoe grooter het verschil in zomer- en wintertemperatuur is, des te grooter

zal dit verschil zijn: aan den aequator dus het geringst, in het vastlandsklimaat grooter dan in het zeeklimaat.

Wanneer de winter het gebergte met sneeuw heeft bedekt, komt de warmte van den zomer en doet het water gedeeltelijk den vloeibaren vorm aannemen. Hoe sterker de zonnegloed is en hoe minder sneeuw er gedurende het koude jaargetijde is gevallen, hoe minder zal er gedurende den zomer blijven liggen, hoe hooger zal men des zomers moeten stijgen om in de besneeuwde rotsen te komen.

De grens, waartoe de sneeuw zich in het warme jaargetijde terugtrekt, noemt men de sneeuwgrens of sneeuwlinie.

Hare ligging is volgens het voorafgaande afhankelijk van sneeuwval en zomer warmte, en wel zoo,

1e dat veel zomerwarmte en veel sneeuwval een gemiddelde sneeuwgrens,

2e dat weinig zomerwarmte en veel sneeuwval een lage sneeuwgrens,

3e dat veel zomerwarmte en weinig sneeuwval een hooge sneeuwgrens,

4e dat weinig zomerwarmte en weinig sneeuwval een gemiddelde sneeuwgrens geven.

In het eerste en vierde geval heffen zomerwarmte en sneeuwval elkander op.

Onderstaande tabel geeft de hoogte van eenige sneeuwgrenzen:

LANDEN, BERGEN, ENZ.	Breedte.	Hoogte der sneeuwgrens.
Frans-Jozefs-land	81° N.	0 meter
Spitsbergen	80° N.	330 "
Noord-Groenland	75° N.	715 "
Upernavik	73° N.	890 "
Jan Mayen	71° N.	370 "
IJsland	64° N.	940 "
Zuid-Groenland	61° — 73° N.	650 — 970 "
Noordkaap	71° N.	720 "
Lapland, (West)	67° N.	1000 "
" (Oost)	67° N.	1300 "
Noorwegen, (West)	60° — 61½° N.	1130 "
" (Oost)	60° — 61½° N.	1400 "
Tatra	49° N.	2300 "
Westalpen	45° — 48° N.	2660 "
Middelalpen	46° — 48° N.	2740 "
Tirol	47° N.	2860 "
Karinthië	47° N.	2920 "
Pyreneën, (Noord)	42° — 43° N.	2730 "
" (Zuid)	42° — 43° N.	3050 "
Kaukasus, (West)	40° — 44° N.	3000 "
" (Oost)		3700 "

LANDEN, BERGEN, ENZ.	Breedte.	Hoogte der sneeuwgrens.
Ararat	40° N.	3350 meter
Etna	38° N.	2900 "
Sierra Nevada, (Noord)	37° N.	3000 "
" " (Zuid)	37° N.	3100 "
Taurus, (Noord)	37° N.	2900 "
" (Zuid)	37° N.	3200 "
Abessynië	13° N.	4300 "
Kilima-Ndsjaro	3° Z.	5000 "
Altai	50° N	2140 "
Thian-sjan. (Noord)	42° — 43° N.	3520 "
" (Zuid)	41° N.	4000 "
Kuenluen, (Noord)	36° N.	4600 "
" (Zuid)	36° N.	4800 "
Karakoroem, (Noord)	28° — 36° N.	5670 "
" (Zuid)		5970 "
Himalaja, (Noord)	27° — 34° N.	5670 "
" (Zuid)		5000 "
Kamsjatka	56° N.	1600 "
Kustgebergte in Amerika	60° N.	1500 "
Rotsgebergte	51° N.	2600 "
"	43° N.	3800 "
Sierra Nevada de S. Marta	11° N.	4700 "
Andes	2° — 5° N.	4700 "
"	0° — 1° Z.	4850 "
" (Oost)	14° — 18° Z.	4850 "
" (West)	14° — 18° Z	5630 "
"	28° Z.	5500 "
"	30° Z.	4900 "
"	34° Z.	3400 "
"	38° Z.	2100 "
"	42° Z.	1600 "
"	46° Z.	1200 "
"	50° Z.	800 "
Nieuw-Zeeland	43° — 45° Z.	2400 "
Zuid-Georgia	55° Z.	0 "

Vergelijk de hoogten der sneeuwgrens aan de verschillende hellingen van 't zelfde gebergte en tracht de ongelijkheid te verklaren. Vergelijk ook de verschillende hoogten onder denzelfden parallelcirkel; let vooral op het onderscheid in dit opzicht tusschen oost- en westkust en binnenland. Waar ligt de sneeuwgrens het hoogst? Vergelijk het noordelijk met het zuidelijk halfrond, ten opzichte van de breedte, waar de sneeuwgrens even hoog ligt.

Bezien we onze tabel nauwkeurig naar aanleiding van bovenstaande vragen, dan vinden we de volgende wetten.

1e **De sneeuwgrens daalt in de richting van den aequator naar de pool.**

2e **Zij ligt aan de zonnezijde van een gebergte hooger dan aan de schaduwzijde.**

3e **Zij ligt aan de landzijde hooger dan aan de zeezijde.**

4e **Zij ligt in het zeeklimaat lager dan in het vastlandsklimaat.**

5e **Zij stijgt in de Oude Wereld van 't westen tot den Karakoroem.**

Waarom zou zij in Zuid-Amerika onder den aequator niet zoo hoog liggen als onder 14°—18° Z.B.?

Beneden de sneeuwgrens komt in kloven en spelonken soms sneeuw voor, die gedurende den zomer niet wegsmelt; evenzoo steken er boven de eeuwige sneeuw- en ijswereld somtijds naakte toppen omhoog, waarvan de steile wanden te weinig steun voor de sneeuw aanbieden.

§ **103. Onweer.** Bij snelle en krachtige condensatie van den waterdamp merkt men altijd een sterke ontwikkeling van electriciteit in den dampkring op. Zweven de wolken laag dan ontstaat aan de spitsen van aardsche voorwerpen het St. Elmsvuur.

Bevinden de wolken zich op eenigen afstand van de aarde en zijn zij dus daarvan geïsoleerd, dan ontstaat er bliksem en donder of onweer. Bij de uitbarstingen van vulkanen heeft men duidelijk waargenomen, dat neerslag en onweer tot elkander staan als oorzaak en gevolg.

Wij verdeelen de onweders in twee soorten

1° winter-onweders, die hun ontstaan danken aan de stormen om eene depressie, en

2° zomer-onweders, waar de opstijgende luchtstroom als oorzaak optreedt.

De namen zijn minder juist gekozen, want een winter-onweder kan ook in den zomer vallen; in Midden-Europa komen zij het meest in den winter voor, maar dan moet het koude jaargetijde mild zijn. Daar echter de lucht in dien tijd weinig waterdamp bevat, komen zij niet veel voor en ontbreken in het continentale Rusland en Azië geheel. Zij zijn een gewoon verschijnsel aan de noordwestkusten van Frankrijk en Duitschland, maar veel komen ze voor in Schotland, op IJsland en langs de kust van Noorwegen, waar de winter zeer stormachtig is.

Wanneer des zomers de lucht vooral bij zeewinden zeer rijk aan waterdamp is, dan ontstaat door de felle verwarming van den bodem een krachtige opstijgende luchtstroom, die condensatie van den waterdamp en daardoor onweer veroorzaakt. Is de condensatie zwak, dan blijft het onweer doorgaans achterwege en er ontstaat landregen. De zomer-onweders vallen het meest na den middag. Zij zijn doorgaans zeer locaal, maar op verschillende plaatsen worden ze dikwijls tegelijkertijd gevormd. De tropische onweders zijn alle van deze soort.

Ontstaat er 's zomers een winter-onweer als gevolg van een cyclone, dan strekt zich dit doorgaans over eene groote uitgestrektheid uit.

Evenals de regenhoeveelheid neemt ook het aantal onweders met de breedte af. In de tropen onweert het bijna onophoudelijk. In Abessynië komen jaarlijks 425 onweders, verdeeld over 215 dagen, voor. In Mejico, Bogota en Quito onweert het om den derden dag. De regenperiode is ook de onweerperiode, toch komen regen en onweer wel geïsoleerd voor en bestaan er uitzonderingen, zooals Madrid, Biskra en Schotland, waar de meeste onweders in den zomer voorkomen, ofschoon in den winter de meeste regen valt. In Europa neemt het aantal onweders van het zuiden naar

het noorden en van het oosten naar het westen af. Op hooger breedte vergezellen de onweders de warme zeestroomen.

Is hier een reden voor aan te geven?

Wat de verticale verbreiding aangaat, merken we op, dat het onweer in de vlakte niet zoo vaak voorkomt als in het gebergte, waar de bergwind vooral in rustige zomernamiddagen regen en onweer veroorzaakt. Echter is de toeneming bergopwaarts niet onbeperkt: op 1300 à 1400 meter neemt het aantal naar de hoogte weder af.

V. VERANDERLIJKHEID VAN 'T KLIMAAT.

§ **104. Voorhistorische veranderlijkheid.** In de voorgaande paragraven hebben we de factoren beschouwd, die te zamen aan den dampkring op de eene of andere plaats de eigenaardige gesteldheid verleenen, die men k l i m a a t noemt. Naar de verschillende eigenschappen ervan, kan men de aardoppervlakte in klimaatprovinciën verdeelen. Wij willen ons liever bezighouden met de vraag of het klimaat als een blijvend of als een tijdelijk kenmerk van eene streek moet beschouwd worden. Zal het klimaat constant zijn, dan moeten ook de factoren, waar het het resultaat van is, constant zijn en daaraan wordt sterk getwijfeld. De verdeeling van land en water is vroeger waarschijnlijk anders geweest dan tegenwoordig; gebergten zijn in den loop der tijden ontstaan en konden dus in vroegeren tijd hun invloed niet doen gelden; bovendien zijn onze kosmische verhoudingen niet constant: de absiden-lijn beweegt en de excentriciteit van de aardbaan is niet altijd dezelfde.

Directe bewijzen voor klimaatverandering vinden we in de sporen van den zoogenaamden ijstijd (Zie aldaar). Het noordwestelijk gedeelte van Europa, van Engeland tot Nova-Zembla van den 50sten breedtegraad tot de Noordkaap, was met eeuwigdurend sneeuw en ijs bedekt (Zie kaart XI). In Noord-Amerika strekte zich de ijsbedekking tot over den 40sten breedtegraad uit. Ook de gebergten droegen uitgestrekter ijsmassa's dan tegenwoordig. Naar schattingen was van het noordelijk halfrond 27 millioen vierkante kilometer of ongeveer $^1/_6$ door eeuwigdurend sneeuw en ijs (gletschers, enz.) bedekt.

Nog andere sporen wijzen op eene klimaatverandering. Löss of Limburgsche klei is ontstaan in de Quartaire Periode. Tot haar ontstaan is het noodig, dat de neerslag gering is. Thans vinden wij haar echter in streken, waar de regenhoeveelheid tamelijk groot is, waaruit men eene vermeerdering van den neerslag in zoodanige streek moet aannemen. Verder toonen de rivierbeddingen in de woestijn, dat daar vroeger genoeg neerslag viel om een stroom te voeden. Beide gevallen wijzen er op, dat de regenverdeeling vroeger anders was dan tegenwoordig.

§ **105. Historische veranderlijkheid.** Bij de beantwoording der vraag,

of het klimaat van de verschillende plaatsen op aarde zich in verloop van den historischen tijd heeft gewijzigd, moet men zeer voorzichtig zijn. Men moet hier namelijk de toevallige invloeden, die er op werken en die het gevolg zijn van het optreden van den mensch, neutraliseeren en dit gaat moeielijk. In de tweede plaats is een wijziging van temperatuur, wind of neerslag alleen aan te toonen uit indirecte bewijzen, want eerst in de 17de eeuw begon men meteorologische dagboeken aan te leggen. Nu blijken dergelijke indirecte bewijzen doorgaans bij nader onderzoek weinig te vertrouwen. Als voorbeeld gelde hier het verhaal, dat de regenhoeveelheid in Griekenland, Klein-Azië, Syrië, enz. in verloop van tijd zoodanig is afgenomen, dat die bloeiende landstreken thans haast onbewoonbaar zijn. Men vergeet daarbij, dat die landstreken vroeger ook aan watergebrek leden en dat, waar de mensch tegenwoordig den bodem besproeit, de vruchtbaarheid weinig te wenschen overlaat.

Intusschen meenen vele mannen van naam, dat aan de aequatoriaalgrens van de Subtropische zone de droogte toeneemt. Hoe moeielijk het is hierin den rechten weg te houden, blijkt uit het volgende. In Amerika is de meening algemeen, dat de regenhoeveelheid toeneemt voor die deelen van de Prairiën, welke in kultuur genomen zijn. Volgens de eene zou dit het gevolg zijn van vermeerdering van de hoeveelheid neerslag; de andere ziet er echter eenvoudig een bevestiging van de wet, dat in bebouwde landen het water minder oppervlakkig wegstroomt en dus den bodem meer ten goede komt. Vooral w o u d e n wordt de eigenschap toegeschreven de regenhoeveelheid te vergrooten; toch kan die invloed zich moeielijk buiten de grenzen van het woud zelf uitbreiden: hoe weinig breidt zich de invloed van de zee buiten hare grenzen uit.

In plaats van regenvermindering willen wij liever aannemen, dat langs de kusten van de Middellandsche Zee, in Zuid-Frankrijk en Dalmatië b.v., door het uitroeien der wouden de neerslag meer bij stortbuien valt en den bodem minder ten goede komt, dus dat het woud het onderscheid in regenval tusschen de verschillende jaargetijden tracht uit te wisschen. Een dergelijken invloed schijnt het woud ook op de temperatuur te hebben: de temperaturen in het woud zijn bij winter en bij nacht hooger, in den zomer en bij dag lager dan daarbuiten. De jaarlijksche temperatuur wordt in het woud ongeveer $\frac{1}{2}°$—$1°$ C. hooger, naar waarnemingen in Beieren gedaan. Maar deze locale veranderingen wijzigen het beeld van de isothermen niet en kunnen dus niet als factoren worden aangemerkt, die op de warmteverdeeling in 't algemeen een veranderenden invloed uitoefenen. De temperatuurnoteeringen ten tijde van Galileï (1600 n. Chr.) in Italië gedaan, vertoonen geen verschil met de tegenwoordige, ofschoon de bosschen op de Apennijnen sinds dien tijd grootendeels zijn gekapt.

DE HYDROSPHEER.

I. DE VORM EN DE BODEM.

§ **106. Indeeling van de wereldzee.** In § 9 hebben we gezien, dat men doorgaans de wereldzee in 5 oceanen verdeelt; de verdeeling in drie oceanen, door Krümmel ingevoerd, is gegrond op de stelsels van zeestroomen.

Ga dat nog eens na.

Behalve de oceanen, die we als zelfstandige waterbekkens kunnen beschouwen, komen er nog eene menigte niet-zelfstandige watervlakten van geringere uitgebreidheid voor, die we zeeën noemen. Om deze te groepeeren beschouwen we ze uit twee oogpunten en wel

1° ten opzichte van de oceanen, waartoe zij behooren en waarvan zij eigenlijk groote golven zijn, en

2° ten opzichte van de landmassa, waarin zij dringen

Uit het eerste oogpunt beschouwd kunnen twee gevallen voorkomen: eene watervlakte kan slechts door eene meer of minder enge straat in verbinding zijn met den oceaan en in dat geval noemen we haar eene binnenzee. De afscheiding kan echter ook plaats hebben door eene reeks van eilanden. In dat geval komen de stroomingen, die in den oceaan gevonden worden, ook voor in die kleinere zeeën. Voorbeelden van binnenzeeën vinden we in de Middellandsche Zee, de Oostzee, de Perzische Zee, enz.; voorbeelden van het tweede geval in de zee tusschen Azië en Nieuw-Holland, in het bekken van de Golf van Mejico en de Caraïbische Zee, en als we de oceaanverdeeling van Krümmel volgen, in de Arctische Zee. De zeeën, die op deze wijze door eilanden van den oceaan zijn afgesloten, zullen we opene zeeën noemen. De binnenzeeën hebben door één opening gemeenschap met den oceaan, de opene zeeën door vele; vaak zelfs hebben zij straten aan verschillende zijden, zoodat ze den doortocht vormen van den eenen oceaan naar den anderen.

Welke van de genoemde opene zeeën zijn zulke doorvaarten?

Ten opzichte van de landmassa, waarin zij dringen, kunnen de niet-zelfstandige zeeën werelddeelen van elkander scheiden, of wel zij kunnen voorkomen aan den rand van de landmassa. In het eerste geval noemt men ze middellandsche zeeën

d. z. zeeën, die tusschen twee landen (hier werelddeelen) gelegen zijn; in het tweede geval randzeeën.

Wat is het onderscheid tusschen *de Middellandsche Zee* en *eene middellandsche zee?*

Voorbeelden van de eerste soort zijn: de Middellandsche Zee; de zee tusschen Azië en Nieuw-Holland, die we de Aziatisch-Australische Middellandsche Zee zullen noemen, de Amerikaansche Middellandsche Zee (de Golf van Mejico en de Caraïbische Zee); van de tweede soort: de Hudsonsbaai, de Witte Zee, de Noordzee, de St. Laurensgolf, enz. Over de plaats van de Roode Zee kan eenigszins twijfel bestaan, aangezien haar uitgebreidheid veel geringer is dan die van de overige middellandsche zeeën. Toch heeft zij de ligging tusschen werelddeelen met dezen gemeen. We komen dus tot de volgende indeeling der watermassa.

	Oppervlakte.	Gem. diepte in meters.
I. Oceanen.		
Atlantische Oceaan	79,7 mill. vierk. kilometer	3700
Indische Oceaan	72,5 „ „ „	3300
Groote Oceaan	161,1 „ „ „	3900
II. Zeeën.		
1. MIDDELLANDSCHE ZEEËN.		
a. Binnenzeeën.		
Middellandsche Zee	2,9 mill. vierk. kilometer	1300
Roode Zee	0,5 „ „ „	440
b. Opene zeeën.		
Aziatisch-Australische Middellandsche Zee	8,2 „ „ „	890
Amerikaansche Middellandsche Zee	4,6 „ „ „	1800
Arctische Zee	15,3 „ „ „	—
2. RANDZEEËN.		
a. Binnenzeeën.		
Hudsonsbaai	1 mill. vierk. kilometer	370
Oostzee	0,5 „ „ „	67
Perzische Golf	0,25 „ „ „	37
Golf van Californie	0,16 „ „ „	—
b. Opene zeeën.		
Beringszee	2,25 „ „ „	—
Zee van Ochotsk	1,5 „ „ „	1260
Japansche Zee	1,05 „ „ „	2000(?)
Oost-Chinesche Zee	1,25 „ „ „	120
Noordzee met de Britsche Randzee	0,75 „ „ „	88
St. Laurensgolf	0,27 „ „ „	290

Herinner u, wat in § 8 van de landengte van Panama en van die van Suez is gezegd. Vóór beide bestonden, waren de onder II. 1. *a.* genoemde binnenzeeën ook opene zeeën. Men spreekt ook nog van eene Andamanische Randzee tusschen de Andamanen te eener en Sumatra en Achter-Indië te anderer zijde, en van eene Tasmanische Randzee, waarmede men de Bass-straat bedoelt.

In de verschillende zeeën komen weer vormen voor, die men als middellandsche zeeën en randzeeën van den tweeden graad zou kunnen beschouwen. Eene volledige

aanwijzing van die alle zou doelloos zijn en ons te ver voeren; daarom bepalen wij ons tot enkele voorbeelden. De Middellandsche Zee vertoont twee middellandsche zeeën van den tweeden graad, n.l. de Adriatische en de Zwarte. De Zee van Azof is er een van den derden graad. De Aegeïsche Zee is een randzee van den tweeden graad, evenals de Toskaansche.

De Arctische Zee heeft in de Witte Zee een middellandsche, in de Kara Zee eene randzee van den tweeden graad.

De Golf van Petsjili is eene middellandsche zee van den tweeden graad, enz.

Hoe zoudt ge het Kanaal, de Schotsche Minches, de Golf van Riga noemen?

Wat bijzonders bemerkt ge in den vorm van den Atlantischen en den Grooten Oceaan? Welke bezit de meeste eilanden? In welk deel is de Groote Oceaan geheel zonder eilanden?

§ **107. Spiegel van den Oceaan.** Bevinden we ons aan de kust, dan strekt zich de zee voor ons uit als een vlak, dat waterpas gelegen is. Deze gelijkheid van den zeespiegel is, zooals we weten, gezichtsbedrog, aangezien de zeeoppervlakte den bolvorm van de aarde dient te volgen. Vroeger meende men, dat zij dit werkelijk deed. Ware dit zoo, dan kon men voor elk gedeelte der oppervlakte den afstand tot het middelpunt der aarde vinden, door de afplatting van $\frac{1}{289}$ aan de polen in rekening te brengen. Het zoo verkregen oppervlak zullen we het *normale niveau* noemen.

Thans echter weet men, dat het niveau van den oceaan niet op zoo eenvoudige wijze is samengesteld. Denken we ons den oceaan geheel in rust, dan wordt de gelijkheid van den spiegel verbroken door de aantrekkingskracht van de vastlandsmassa. *Deze aantrekking veroorzaakt eene afwijking van het schietlood en dus ook eene van 't waterpas, dat zich altijd loodrecht op de richting van 't schietlood tracht te plaatsen.* Wanneer in de nabijheid van de landmassa het lood 70″ tot 80″ naar het land afwijkt, zal dus de zeespiegel daar hooger staan, dan in het midden van den oceaan. Naar vertrouwbare berekingen schijnt eene afwijking van 1″ overeen te stemmen met eene niveaustijging van 8 meter. Daaruit zou dan volgen, dat de zeeoppervlakte aan de kusten doorgaans 500—600 meter, ja soms 900 meter en daarboven, hooger ligt dan in het midden van den oceaan.

Nog een ander werktuig komt ons hierbij te hulp, namelijk de seconde-slinger. Wanneer men aanneemt, dat de aarde met den oceaan de gedaante bezit van eene ellipsoïde, waarvan de as $\frac{1}{289}$ kleiner is dan de grootste middellijn, dan kan men voor elke breedte de lengte van den seconde-slinger nauwkeurig bepalen. Wordt de afstand tusschen het middelpunt der aarde en het ophangpunt grooter dan doet het werktuig van de berekende lengte minder, in het tegenovergestelde geval meer slingeringen in 24 uur. Toen men nu den seconde-slinger werkelijk op verschillende plaatsen der aarde in werking stelde, kwam men bijna eenstemmig tot het resultaat,

dat het aan de kustplaatsen te weinig, op de eilanden in volle zee te veel slingeringen in 24 uur maakte.

Het verschil tusschen den werkelijken stand van den spiegel des oceaans en het normale niveau wordt gevonden door het verschil van de dagelijksche aantallen slingeringen met 119 te vermenigvuldigen. Voor elk verschil van eene slingering is dus de zeespiegel 119 meter te hoog of te laag.

Zoo heeft men waargenomen, dat op de Bonin-eilanden, zuidoostelijk van Japan, de slinger in 24 uur 11.83 slingering meer maakte, dan zij volgens de geographische breedte doen moest. Daaruit volgt dus, dat de zeespiegel aldaar 11.83 × 119 meter = ruim 1400 meter lager ligt dan het normale niveau. St. Helena ligt in eene depressie van ongeveer 850 meter onder het normale niveau.

Aan de kusten ligt de spiegel van den oceaan boven het normale niveau. Volgende tabel dient tot verduidelijking.

PLAATSEN.	Meters boven (+) of onder (—) het normale niveau.
Aan den Amozone-mond	+ 570
Bij Madras	+ 450
Bij Londen	+ 120
Bij Calcutta	+ 360
Op de Maladieven	— 115
Op Spitsbergen	— 500
Bij Duinkerken	+ 130
Op Jamaica	+ 215
Bij Hammerfest	+ 170
Bij Trinidad	+ 740

Het verschil in waterstand tusschen St. Helena en den mond van de Amazone bedraagt dus niet minder dan 1420 meter. De spiegel van den oceaan is dus in het midden uitgehold en vormt tegen de kust van het vastland een soort golf, die men continentaalgolf noemt.

De eigenlijke vorm van het oppervlak des oceaans is dus zeer samengesteld. Daarvoor zou men een naam kunnen uitdenken, maar overeenkomst met een omwentelingslichaam is er niet in te vinden. Listing stelt den naam geoide voor (van het grieksche woord $g^{\bar{e}}$ = aarde), waardoor men dan het werkelijke niveau des oceaans moet verstaan.

Uit het voorgaande blijkt, dat hoogten en diepten geen waarden zijn, die streng met elkander vergeleken kunnen worden; ze zijn betrekkelijk. De Amazone-mond ligt b.v. op 0 meter hoogte, de Diana's piek op St. Helena verheft zich tot 800 meter en toch ligt deze laatste nog 620 meter lager dan de mond van den grooten Zuid-Amerikaanschen stroom.

Beschouwen we nog even de oorzaak van de continentaalgolf. Zooals gezegd is,

ontstaat zij door de aantrekking der vastlandmassa, deze toch is $2\frac{1}{2}$ maal zoo dicht als de watermassa. Waar gebergten zich aan de kust verheffen is die aantrekking natuurlijk grooter dan bij eene vlakke kust. Men kent reeds ongeveer eene eeuw den invloed, dien een gebergte op de richting van het schietlood uitoefent. Te Wladikawkas werd het lood bijna 36″ naar het zuiden afgeleid.

De continentaalgolf wordt veroorzaakt door de aantrekking, die de verschillende gedeelten der aardoppervlakte op elkander uitoefenen. Wordt er nu in verloop van eeuwen eene aardmassa verplaatst, dan zal dit een verandering in den zeespiegel ten gevolge hebben. Wanneer b.v. de kust van Zweden rijst, dan zal de zeeoppervlakte daar ook een weinig rijzen; aan eene dalende kust daalt ook de zeeoppervlakte, maar de beweging van het zeevlak is veel geringer dan de beweging van de landoppervlakte. Zöppritz meent uit berekeningen te mogen afleiden, dat bij rijzende kust de opheffing van het waterniveau $\frac{1}{3}$ van die van de kust bedraagt. Uitspoeling en aanslibbing verplaatsen evenzeer landmassa's en werken dus veranderend op den zeespiegel.

Andere meer locale invloeden op den ongelijken stand van het zeewater zijn de winden, de rivieren, de verdamping en het verschil in luchtdruk.

Het is een bekend verschijnsel, dat bij weststormen in de Noordzee het water naar het oosten wordt opgestuwd. Bij den storm van 3—5 Febr. 1825 bereikte de vloed in Antwerpen 2,13 meter, te Helder 2,20 meter en te Cuxhaven 3,48 meter boven den gemiddelden stand van het hooge water. Komen nu in een eenigszins afgesloten zeebekken dezelfde winden overheerschend voor, dan kan daardoor een meer blijvend verschil in waterstand ontstaan. Zoo staat het water bij Memel ongeveer $\frac{1}{2}$ meter hooger dan bij Sleeswijk. In de Roode Zee wisselen de winden met het halfjaar af en dit moet in het noorden een verschil in gemiddelden waterstand van 6 dM. ten gevolge hebben.

De rivieren kunnen door haren watertoevoer het niveau van een bijna afgesloten bekken verhoogen, terwijl de verdamping dat niveau verlaagt. Door deze laatste oorzaak ligt b.v. de spiegel van de Middellandsche Zee ongeveer 7 dM. lager dan die van den Atlantischen Oceaan.

Ook schijnt het verschil in luchtdruk op het zeeoppervlak te werken, en wel in dier voege dat dit bij vermindering van barometerstand rijst en wel theoretisch voor elken millimeter verschil in luchtdruk ongeveer 13 millimeter (Zie § 68).

Resumeeren wij de oorzaken, die de gelijkheid van het niveau der verschillende deelen van de wereldzee verbreken, dan vinden we:

1° de aantrekking der landmassa,

2° de winden,

3° de rivieren en de verdamping en

4° het verschil in luchtdruk.

Waarbij we dan nog voegen:

5e elke beweging van het zeewater, voor zooverre die niet dient, om verschil in stand uit te wisschen.

En zulk een ongelijk vlak dient om de hoogten der landmassa met elkander te vergelijken! We hebben reeds gezien, hoe ver de hoogste top van St. Helena beneden den mond van de Amazone lag.

Uit het aangevoerde blijkt, hoe noodig het is, dat men de hoogte van de verschillende deelen der landmassa bepaalt naar denkbeeldige vlakken, waarvan de ligging, hoewel willekeurig, toch met zekerheid en nauwgezetheid bepaald is. Groot gemak zou het geven, indien in alle landen daartoe hetzelfde vlak werd gebezigd, indien men overal van 't zelfde nulpunt uitging. Duitschland en Nederland zijn in dit opzicht voorgegaan: het Pruisische nulpunt ligt gelijk met het nulpunt van ons Amsterdamsch peil.

Nog eene andere opmerking meenen we naar aanleiding van het ongelijke niveau van den oceaan te moeten maken. Wat we gewoonlijk verstaan door horizontale lagen in den atmospheer (dat zijn lagen, die met de aardoppervlakte evenwijdig loopen), zijn juist geen horizontale lagen. De spheer, waarin de hoogste top van St. Helena zich verheft, ligt nog ver onder de laag, die bij den Amozonemond op de aardoppervlakte rust.

§ 108. Ongelijkheid van den zeebodem. Door de diepte der zee verstaat men den afstand tusschen oppervlak en bodem. Daar nu het oppervlak niet overal even ver van het middelpunt der aarde verwijderd is, mag men bij gelijke diepte nog niet altijd aan gelijke inzinkingen in het vaste der aarde denken. Wij zullen in het vervolg de ongelijkheid van den zeespiegel buiten rekening laten en alleen op de waargenomen of gepeilde diepten letten.

Een overzicht van het bodemrelief van de wereldzee heeft men te danken aan de wetenschappelijke zeetochten, die in de laatste 25 jaar zijn ondernomen. Toch laat zich daaruit niet meer dan een algemeen overzicht opmaken. Dit schaadt echter minder, **daar de bodem van den oceaan minder afwisselende hoogten en laagten moet vertoonen, dan de oppervlakte van het vastland**

De scherpe tegenstellingen, die men op het vastland vindt, de diepe kloven, de steile afgronden kunnen op den zeebodem niet voorkomen, en wel om drie redenen:

1e elke diepte wordt zoo spoedig mogelijk met sedimenten (bezinksels) gevuld;

2e op den bodem van den oceaan ontbreekt de voortdurende vernieling, die een gevolg is van het verweringsproces;

3 stroomende wateren, die zooveel tot het verschil in relief van de vaste oppervlakte hebben bijgedragen, komen op den bodem der zee niet voor. Echter moet hier opgemerkt worden, dat deze factor aan de kusten van ondiepe zeeën, wanneer de bodem met losse zand- en kleimassa's bedekt is, zijn invloed wel kan doen ge-

voelen. Men meent, dat de golfbeweging tot meer dan 150 meter diepte sporen zal achterlaten in den weeken bodem. Heftige stormen zouden het zand in het Kanaal tot 40 meter, in de Middellandsche Zee tot 50 meter en in den Atlantischen Oceaan zelfs tot op eene diepe van 200 meter in beweging brengen.

Zooals uit de getallen blijkt, strekt deze laatste invloed, zich ook niet tot op groote diepten uit. Op den bodem van den oceaan worden onophoudelijk bezinksels nedergelegd. En indien er eens een tijd geweest is, waarin de bodem ongelijker was, dan heeft de kracht van het water de spitse punten afgeslepen en met de daaruit ontstane fijnere massa de laagten gevuld. Zoo werkt de oceaan zelf aan de nivelleering van zijn bodem. De hoogten die er voorkomen, vertoonen zeer zachte hellingen. Tusschen West-Indië en Teneriffa bedraagt de gemiddelde helling van den bodem van den Atlantischen Oceaan in het Oosten slechts 8 minuten, in het westen slechts 5.

Tot vergelijking geven we de volgende hellingen op het vastland:

Boven Salzachdal	14 minuten.
Zillerdal	12 „
Van de Cevennenkam tot de Golf van Biscaye onder 44° N.B.	10 „
De Germaansche laagvlakte in den meridiaan van Berlijn	1 „
Van Bazel naar den Jurakam	1° 37′
Van Bazel naar den Alpenkam	1° 43′
Grootste helling van onze straten	3°
Grootste helling van spoorbanen	1½°

Waar de zeebodem echter niet uit weeke zelfstandigheden bestaat maar uit harden rotsgrond, vindt men steilere hellingen. Als voorbeeld diene de zoogenaamde Faraday-heuvel, die in den Atlanlantischen Oceaan op 49° N.B. en 29° W.L. gevonden wordt. Hij rust op een bodem van 3000 tot 3500 meter diep, terwijl zijn hoogste punt slechts 1170 meter onder de zeeoppervlakte ligt. De helling bedraagt op sommige plaatsen zelfs 35°.

Daar echter slechts op enkele plaatsen de zeebodem door rotsgrond gevormd wordt, zijn dergelijke hellingen in volle zee uitzonderingen. Toch ziet men bij profieldoorsneden doorgaans nog steilere geteekend en in dat opzicht zijn bijna alle dergelijke teekeningen caricaturen. Op zulke teekeningen toch wordt de hoogteverhouding kleiner genomen dan de lengteverhouding, m. a. w. de hoogte wordt minder verkleind dan de lengte en daardoor ontstaat dan eene figuur, die de natuur geheel foutief terug geeft. Als voorbeeld geven we twee volgende afbeeldingen. De eerste (fig. 21) geeft eene doorsnede van den Atlantischen Oceaan tusschen Cuba en Guinea. De hellingen zijn steil, vooral tusschen 20° en 30° lengte steken de Kaapverdische Eilanden als de tanden van een kam boven den zeespiegel omhoog Echter zal men dadelijk bemerken, dat de afstand tusschen het oosten en het westen veel meer verkleind is dan de hoogte. De tweede afbeelding (fig. 22) stelt het

genoemde gedeelte tusschen 20° en 30° lengte voor, maar zoo, dat de hoogte nu slechts 10 maal minder verkleind is dan de lengte. De tanden zijn nu reed bergen geworden van eene kegelvormige gedaante en nog is de figuur eene caricatuur. Voor dezelfde lengte moest de hoogte nog tienmaal kleiner worden genomen om de werkelijkheid terug te geven.

Teeken nu zelf eene goede doorsnede.

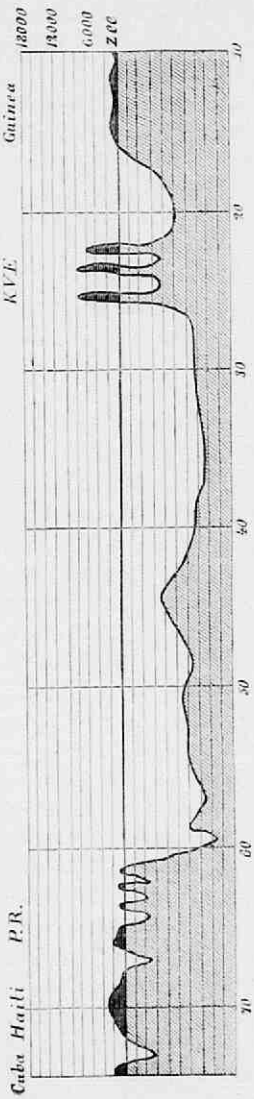


Fig. 21.



Fig. 22.

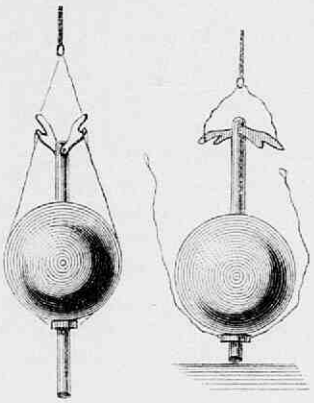
Deze zachte hellingen komen echter alleen in volle zee voor. Aan de kusten, zelfs aan vlakke, zijn zij in den regel grooter. Als voorbeeld noemen wij die aan de kust van de Landes, waar zij onder 44° N.B. 34 minuten bedraagt. Aan steilkusten is zij natuurlijk grooter, maar wordt met toenemende diepte geringer. Bij kaap Sicie, ten zuiden van Toulon is zij tot 200 meter onder den zeespiegel gemiddeld 3°49′, daarna tot 1000 meter diepte gemiddeld 1°41′. Aan de Noorweegsche kust bereikt zij op 69° N.B. eerst soms 9°25′, maar op 3000 meter is zij tot 4 minuten afgenomen. Bij koraal- en vulkanische eilanden is de helling soms zelfs grooter, dan ze over het algemeen op het vastland voorkomt.

§ 109. Brooke's dieplood.

Voor we de diepte en het eigenlijke relief van den oceaan verder in oogenschouw nemen, wijzen we op de moeielijkheden, waarmede men bij het peilen te worstelen had. In de eerste plaats had men zelden de zekerheid, dat het lood rechtstreeks naar den zeebodem daalde. Zeestroomen

toch konden het gemakkelijk zijwaarts medevoeren. Om dit te voorkomen moest het zoo zwaar mogelijk zijn. Daardoor werd echter het opwinden van het afgelaten koord zooveel te moeielijker en kostte zooveel te meer tijd. In de tweede plaats kon niet altijd met juistheid het oogenblik bepaald worden, waarop het werktuig tegen den bodem stiet. Brooke vond nu in 1854 het naar hem genoemde dieplood uit. Het bestaat (Zie fig. 23) uit een doorboorden ijzeren kogel van groote zwaarte.

Fig. 23.



Door de opening is een ijzeren staaf gestoken, aan welks boveneinde zich twee scharnierhaken bevinden. Elke haak heeft twee lippen. Aan de onderste wordt de kogel opgehangen. Aan de bovenste zijn de koorden vastgemaakt, waarmede het geheele toestel aan het hoofdkoord is bevestigd. De linksche afbeelding geeft den stand van kogel en staaf bij de daling. De rechtsche laat ons zien, hoe bij het stooten van de staaf op den grond de scharnierhaken naar omlaag slaan, dewijl het hoofdkoord nog verder afgewonden wordt. Daardoor laten de koorden los, waaraan de kogel hangt. Bij het ophalen van de staaf blijft deze laatste dus op den bodem der zee en elke peiling kost een kogel. Doordien men den kogel niet weder ophaalt, is zijne zwaarte geen belemmering bij 't opwinden en daarom kan men hem nu een groot gewicht geven. Dit heeft het voordeel, dat de schok, waarmede het werktuig op groote diepte op den bodem stoot, nog duidelijk waar te nemen is en voor zijdelingsch afdrijven minder gevaar bestaat.

Een ander voordeel van dit dieplood bestaat hierin, dat de staaf aan het beneden einde hol is, en deze holte gesloten wordt door eene naar boven openslaande klep. Daardoor worden bij de meeste peilingen eenige stoffen van den zeebodem mede naar boven gebracht.

Het oogenblik, waarop het lood op den bodem stoot, wordt op de volgende wijze bepaald. Soms noteert de afloopende lijn zelf het aantal wentelingen van de spil, waarop zij gewonden is; in een ander geval teekent de waarnemer nauwkeurig op, in hoeveel seconden telkens een even groot gedeelte van de lijn afloopt. Zoolang de lijn door de zwaarte van het lood afgewikkeld wordt, gaat dit tamelijk snel; maar zoodra de bodem bereikt is, wordt de afwinding zeer langzaam. Het tijdstip nu, waarop die plotselinge vermindering van afwindingssnelheid intreedt, is het oogenblik, waarop het lood den bodem heeft bereikt.

Later heeft men nog verschillende wijzigingen aangebracht, zoodat men tegen-

woordig vrij groote zekerheid heeft, dat de uitgevoerde peilingen de juiste diepte van den oceaan aangeven.

§ **110. Diepte van den Oceaan.** Dat gedeelte van den oceaan, waarvan de bodem minder dan 200 meter (ongeveer 100 vademen) onder den waterspiegel ligt, noemen wij de continentaalzee, het overige den oceaan. In den oceaanbodem komen hier en daar verhoogingen voor, die men plateau's noemt, als ze zoowel in de lengte als in de breedte eene aanmerkelijke uitbreiding erlangen, en ruggen, als ze maar in één afmeting zeer ontwikkeld zijn. Lagere gedeelten, die zoowel in de lengte als in de breedte eene aanmerkelijke uitbreiding hebben, heeten bekkens; zijn ze van geringen omvang dan noemt men ze inzinkingen. Diepte noemt men de diepste plaats in een bekken of inzinking.

Welke van deze begrippen zijn relatief, welke absoluut?

De continentaalzee vormt doorgaans een smallen rand rondom het vastland. Alleen in het noordwesten van Europa, in Achter-Indië en het noorden van Australië heeft zij grooter uitgebreidheid. Ook bij New-Foundland strekt zich de continentaalzee tamelijk ver van de kust uit. Verder komt zij natuurlijk in vele randzeeën voor.

Er bestaan vele verschijnselen, waaruit men meent te moeten afleiden, dat die continentaalzee streken bedekt, welke in nog niet lang vervlogen tijden boven den spiegel van den oceaan uitstaken en gedurende de Tertiaire Periode onder water zijn geraakt. Denkt men zich al het water van de aarde verwijderd, dan zou op de plaats, waar thans de oceaan is, een ontzaglijk diep dal gevonden worden, waarboven het vastland als een enorme hoogvlakte uitstak. Niemand zou dan den bodem van de continentaalzee tot het dal rekenen; vandaar dan ook, dat men hem beschouwt als eene onderzeesche voortzetting van het vastland.

Vergelijk de diepte van de oceanen (Zie § 106) met de diepte der continentaalzee en de gemiddelde hoogte der continenten (Zie § 184).

Natuurkundig behoort dus de Oostzee, bijna de geheele Noordzee, de Adriatische Zee behoudens enkele inzinkingen tot Europa's continentaalmassa; de Golf van Biscaye daarentegen behoort tot den oceaan.

Van den rand der continentaalzee af, of, wanneer deze bijna geen uitgebreidheid bezit, van den rand der continenten, daalt de bodem van den oceaan ras tot de eigenlijke oceaandiepte. Men zou zich echter eene verkeerde voorstelling maken, wanneer men meende, dat de daling naar het midden steeds toenam. In dat geval zouden de grootste diepten in het midden van den oceaan moeten voorkomen en dit is niet zoo. Integendeel de grootste diepten worden aan de randen waargenomen, zooals uit de tabel op de volgende bladzijde kan worden opgemaakt.

Grootste diepte.	Breedte.	Lengte.	Diepte.
Noordelijke Groote Oceaan	45° N.	152° O.	8515 M.
Zuidelijke Groote Oceaan	12° Z.	79° W.	6160 "
Noordelijke Atlantische Oceaan	20° N.	66° W.	8350 "
Zuidelijke Atlantische Oceaan	20° Z.	25° W.	6000 "
Indische Oceaan	16° Z.	117° O.	5525 "

Zoek deze plaatsen op uwe kaart op, merk ze met een teeken en zet er de gegeven diepte bij. Ga na, in welk deel van den oceaan nu de grootste diepten voorkomen.

De grootste diepte bedraagt dus 8515 meter. Opmerkenswaard is het, dat deze diepte gevonden wordt slechts 200 kilometer van het eiland Oeroep, een der Koerillen.

Vergelijk die diepte met de hoogte van den hoogsten berg der aarde. De overeenkomst is toevallig, daar de gemiddelde diepte der zee en de gemiddelde hoogte der continenten lang niet gelijk zijn, zooals we later zullen zien.

Het is natuurlijk niet mogelijk de gemiddelde diepte van den oceaan nauwkeurig te berekenen, al wist men nog veel meer gegevens dan thans. Die gemiddelde diepte heeft men echter benaderender wijze verkregen (Zie de tabel in § 106).

Voor de geheele watermassa rekent men haar op **3320** meter; voor de oceanen alleen op **3700** meter.

De watermassa ligt dus ook bij den diepsten oceaan als een dunne schaal op den lithospheer. Stellen wij den afstand van Bristol naar New-York 5500 KM., wat vrijwel met de waarheid zal overeenkomen, dan is de gemiddelde diepte van 3.7 kilometer slechts $\frac{1}{1500}$ van deze breedte. Een waterbekken van $1\frac{1}{2}$ meter lengte zou bij die verhouding eene diepte verkrijgen van 1 millimeter.

§ **111. Relief van den zeebodem.** Beschouwen wij nu kaart XII, om daardoor het merkwaardigste van het bodemreliëf op te merken.

Wij moeten er echter vooraf op wijzen, dat op verschillende plaatsen, vooral in de Zuidelijke IJszee en in het oosten van den Indischen Oceaan, de gegevens nagenoeg ontbreken.

In den Grooten Oceaan vinden we aan de zuidwestzijde een groot plateau van minder dan 4000 meter (2000 vademen [1]) diepte. Op dit plateau verheffen zich de meeste Polynesische eilanden. De oostelijke grens ervan wordt gevormd door de Vriendschaps-, de Schippers- en de Marshall-Eilanden. Op minstens vijf plaatsen worden inzinkingen waargenomen van over de 4000 meter. Door deze afwisseling is het bodemreliëf in dit gedeelte van den Grooten Oceaan zeer samengesteld. Op ongeveer 40° Z.B. bemerken wij ten westen van Zuid-Amerika eveneens een plateau van minder dan 4000 meter diepte, dat nog niet in zijne geheele uitge-

[1]) Een vadem is 1,8 meter.

breidheid bekend is, maar zich naar het noordwesten uitstrekt en daardoor in verbinding met het voorgaande den oceaan in twee bekkens verdeelt, die ongeveer van elkander gescheiden worden door eene lijn van Chiloë naar Formosa.

In het noordelijk gedeelte heeft men uitgestrekte bekkens gevonden. Het grootste is dat, hetwelk zich op ongeveer 40° N.B. van Japan tot aan Aljaska uitstrekt. Zijne diepte bedraagt tusschen 6000 en 8000 meter (3000—4000 vademen). De diepste plaatsen liggen aan de westkant tegen Nipon, Jesso en de Koerillen aan.

Waar lag de diepste plaats en hoeveel meter was de oceaan daar diep?

Verder komen er nog eenige diepe inzinkingen van meer dan 6000 meter (3000 vademen) tusschen de Sandwichseilanden, de Unie-archipel en de Ladronen voor. Daardoor en door het voorkomen van vele eilanden vertoont ook hier de westelijke helft van den Grooten Oceaan een zeer afwisselenden bodem: de hoogere deelen liggen echter over 't algemeen in 't zuiden, de lagere in het noorden. In het oostelijk gedeelte van genoemden oceaan ontbreken de waarnemingen tusschen 30° en 40° Z.B. bijna geheel. Wij zouden van de diepte van dit deel dus zeer weinig weten, ware het niet, dat men op eene andere wijze de gemiddelde diepte heeft kunnen bepalen. Daartoe kan namelijk ook het verloop van een vloedgolf dienen, die door eene aardbeving ontstaan is. De snelheid der vloedgolven bij de aardbevingen van Arica (in Peru 18½° Z.B.) en van Iquique (in Peru, 20° Z.B.) in 1868 en 1877 leert, dat de oceaan tusschen de kusten van Peru en de Sandwichs-eilanden eene gemiddelde diepte moet hebben van 4000—4700 meter. Enkele waarnemingen wijzen op diepten van meer dan 6000 meter.

De bodem van den Atlantischen Oceaan is mede van een saamgesteld reliëf. Deze oceaan wordt van het zuiden naar het noorden doorsneden door een rug, die op de meeste plaatsen niet meer dan 4000 meter (2000 vademen) onder den waterspiegel ligt. Deze rug heeft hetzelfde *S*-vormige verloop als de oceaan zelf. Ook draagt hij de vulkanische eilanden Tristan da Cunha, Ascencion en St. Paul. Op 10° N.B. raakt hij aan de kust van Zuid-Amerika, waardoor we twee westelijke bekkens en één oostelijk verkrijgen. Het zuidwestelijke staat in verbinding met de Zuidelijke IJszee, het zuidoostelijke is er van gescheiden door een rug, die van Tristan da Cunha naar Afrika loopt. In het noorden scheidt een uitgebreid plateau, waarop de Faroër en IJsland liggen, genoemde bekkens van de Noordelijke IJszee. Inzinkingen van bijna 6000 meter komen in alle bekkens voor; alleen in het noordwestelijke echter vormen zij geen samenhangend geheel, waardoor hier het reliëf meer afwisselend is, dan in de beide andere.

Van belang is het op te merken, dat onder den aequator het bodemwater aan de Braziliaansche kust in open verbinding staat met de Zuidelijke IJszee, terwijl op het noordelijk halfrond de verbinding op 60° N.B. reeds is afgebroken.

Waar lagen de diepste plaatsen in den Atlantischen Oceaan?

Het plateau, waarop IJsland en de Faroër voorkomen, ligt op sommige plaatsen geen 700 meter onder den zeespiegel.

Het is natuurlijk, dat de middellandsche zeeën en de randzeeën niet zulke diepten vertoonen als de oceaan. Alleen in de Caraïbische Zee en in de Aziatisch-Australische Middellandsche Zee vindt men diepten van meer dan 4000 meter.

Eigenaardig is het bodemrelief van de meeste binnenzeeën, in zooverre zij doorgaans door een ondiepe poort met de hoofdzee in verbinding staan en hare grootste diepte ongeveer in het midden bereiken. Het meest typisch is in dit opzicht de Roode Zee.

De Middellandsche Zee is door de, hoogstens 200 meter diepe, Straat van Gibraltar van den oceaan gescheiden. Tusschen Gibraltar en Ceuta bedraagt de diepte reeds bijna vijfmaal zooveel. Door het langgestrekte Apennijnsche schiereiland, Sicilië en Tunis wordt zij in twee bekkens verdeeld, waarvan het westelijke op enkele plaatsen tot over 3000 meter, het oostelijke bijna tot 4000 meter onder den zeespiegel daalt. De Sicilische straat is nergens dieper dan 450 meter.

De Amerikaansche Middellandsche Zee wordt door Yucatan en Cuba, benevens door Jamaïca en Honduras, in drie bekkens verdeeld, waarvan het middelste op sommige plaatsen meer dan 6000 meter diep is.

De Aziatisch-Australische Middellandsche Zee is in het westen ondiep. Daar liggen drie der groote Soenda-eilanden in de continentaalzee. Evenzoo strekt zich om Nieuw-Guinea eene ondiepe zee uit. Maar tusschen de kleine Soendaeilanden en de Molukken daalt de bodem lager, in de Bandazee zelfs tot 7000 meter. De straten, die deze bekkens met den oceaan verbinden, bereiken echter nooit 2000 meter diepte.

§ **112. Bedekking van den zeebodem.** Reeds in oude tijden was men er mede bekend, dat de bodem der zee niet overal door dezelfde stof werd gevormd. Toen echter gebruikte men die kennis alleen als factor om te bepalen, waar men zich bevond. Zoo wisten de oude zeevaarders, dat ze nog een dagreis van de Nijldelta verwijderd waren, als het dieplood 11 vademen peilde en de zeebodem met klei was bedekt. Het in de 15de eeuw verschenen «Zeeboek» der Hanze bevat eene menigte dergelijke aanwijzingen. Om eenige deelen van de bodemsedimenten (d. i. bezinksels) aan het lood te laten kleven, besmeerde men het met talk. De inrichting van Brooke's dieplood verschafte de wetenschap proeven van sedimenten uit de diepste oceanen.

Naar hun aard of liever naar hun afkomst, voor zoo verre die nauwkeurig bekend is, kan men de bezinksels, welke op den bodem der zee voorkomen, verdeelen in

1e anorganische of litorale (van littus = strand) en

2e organische.

Tot de eerste rekent men die, welke door de landmassa zijn geleverd; voor-

namelijk door middel van het water. De zee beukt onophoudelijk de kusten; de rivieren nemen van de landoppervlakte groote massa's slib en zand mede en voeren die den oceaan toe. Het zand bezinkt het eerst; vandaar, dat de bodem van zeer ondiepe zeeën, zooals de Noordzee en de Oostzee voornamelijk uit zand bestaat. Waar de omstandigheden gunstig zijn, worden zandbanken gevormd, die soms bij ebbe droog liggen, maar nog gevaarlijker zijn, wanneer zij zich steeds onder den zeespiegel verbergen. Verderop bezinken ook de slibdeelen. Naar de diepte ligt de grens van deze litorale bezinksels ongeveer op 1200—1300 meter, en hun afstand tot de kust kan 2—300 kilometer bedragen. Waar vuurspuwende bergen of koraaleilanden voorkomen, wordt de samenstelling van deze zand- en slibmassa door de uitbarstingsproducten en het verweerde koraalgruis aanmerkelijk gewijzigd.

Natuurlijk liggen deze litorale bezinksels niet overal even ver van de kust; de diepte van de zee en de stroomen in het zeewater oefenen op de verbreiding ervan grooten invloed uit. Over 't algemeen kan men echter zeggen, dat op ongeveer 2—300 kilometer afstand van de landmassa de zeebodem bedekt is door organische bezinksels. Deze zijn bijna uitsluitend overblijfsels van de dierenwereld, die in den oceaan leeft. Daar woelt en krioelt een ontzaglijke hoeveelheid kleinere dieren. Deze sterven en hunne lichamen zinken naar den bodem. Daar vormen die overblijfselen eene organische kalk- en kiezelhoudende zeeslib van witgrauwe, soms ook groenachtige, bruingeelachtige of roodachtige kleur. Zij vormt bijna uitsluitend de ruggen, die in 't midden van den oceaan voorkomen en niet dieper dan ongeveer 4000 meter onder den zeespiegel liggen. In grooter diepte komt zij ook wel hier en daar voor, maar wordt daar meest verdrongen door de eigenlijke oceaanslib, die roodachtig van kleur en vaster is, terwijl koolzure kalk en kiezel er zeer weinig in voorkomen. In de afgesloten binnenzeeën komen deze slibsoorten niet voor, alleen de diepe inham ten zuiden van Noorwegen maakt hierop eene uitzondering.

Het ontstaan van deze oceaanslib, waarmede inzinkingen van meer dan 4000 meter diepte overheerschend bedekt zijn, is nog niet voldoende verklaard. Wel weet men, dat de afzetting van deze oceaanslib zeer langzaam geschiedt. Men heeft namelijk opgemerkt, dat er eene menigte tanden van haaien, beenderen van walvisschen en van schildpadden, enz. in voorkomen. Echter vindt men niet alle in denzelfden toestand: sommige zijn frisch, andere omgeven door eene omkorsting van mangaan, weleens van 2 cm. dikte. Het omkorstingsproces gaat zeer langzaam voort en het naast elkander voorkomen van omkorste en niet-omkorste deelen wijst er op, dat de bezinking van de oceaanslib zeer langzaam geschiedt. In de organische zeeslib en in de litorale bezinksels komen omkorste beenderen zelden voor, waaruit men het besluit trekt, dat daar de afzetting sneller plaats heeft, zoodat een bezonken beenachtig deel te kort aan het zeewater is blootgesteld om

eene omkorsting te verkrijgen. In den laatsten tijd wint de meening veld, dat de beide organische slibsoorten van dezelfde afkomst zijn, maar dat in grootere diepte door langere inwerking van het zeewater kalk en kiezel opgelost worden, waardoor dan eene roodachtige stof zou overblijven.

Ieder lezer weet, dat het witte schrijfkrijt niets is, dan eene verzameling van microskopisch kleine kalkschalen, die hun ontstaan aan de lagere dierenwereld te danken hebben. Krijt is dus op gelijke wijze ontstaan, als de kiezel- en kalkhoudende zeeslib; het onderscheid ligt in den tijd van ontstaan en in de soorten van de samenstellende diertjes. Toch is in dit laatste opzicht het verschil niet zoo groot, als men allicht zou denken, zelfs zijn eenige soorten geheel gelijk.

Men kan echter geen grondsoort aanwijzen, die overeenkomt met de oceaanslib.

Daarentegen zijn de litorale bezinksels in alle wijzingen voorhanden in de laatst gevormde gronden van het vastland.

Resumeeren wij, dan komen we tot de volgende tabel van

Bedekking van den zeebodem.

Diepte-grenzen in meters.	Bedekking door:
minder dan 1300	Litorale bezinksels, vertegenwoordigd in de jongste lagen van het vastland, gevormd uit anorganische bestanddeelen.
1300—4000	Kalk- en kiezelhoudendende zeeslib, eene overkomstige formatie als het krijt, gevormd uit organische bestanddeelen
meer dan 4000	Oceaanslib, nagenoeg zonder kalk en kiezel, zonder overeenkomstige formatie op het vastland, gevormd uit organische bestanddeelen, met veel omkorstingen.

Aan de westzijde van Afrika tusschen 30° en 3° N.B. vindt men den zeebodem bedekt door het zoogenaamde Passaatstof, en wel tot 40° W.L. Greenwich. Tot welke bezinksels behoort dit?

II. HET ZEEWATER.

§ **113. Zoutgehalte.** In de vorige paragraven hebben we de ruimte beschouwd, welke het zeewater bevat, laten we ons nu tot de stof wenden, waarmede deze ruimte gevuld wordt. Het zeewater is niet drinkbaar en heeft een zoutachtigen, bitteren smaak, die veroorzaakt wordt door de vaste stoffen, welke er in opgelost zijn. Van de 64 elementen, die de tegenwoordige scheikunde kent, heeft men de helft in het zeewater aangewezen en het is zelfs zeer waarschijnlijk, dat ze er alle in voorkomen. In aanmerkelijke hoeveelheden treden slechts enkele zouten op. Wanneer men op verschillende plaatsen, ver van het land verwijderd,

Waarvoor zou dit laatste dienen?

zeewater schept, dit onderzoekt en de verkregen uitkomsten met elkander vergelijkt,

dan ziet men, dat de bijgemengde stoffen in eene merkwaardig constante verhouding tot elkander staan. Wanneer men het water geheel verdampt, dan blijft er eene vaste massa over. In elke 100 gram daarvan zijn voorhanden:

Keukenzout (chloornatrium)	78,32	gram
Chloormagnesium	9,44	»
Bitterzout (magnesiumsulphaat)	6,40	»
Gips (calciumsulphaat)	3,94	»
Chloorcalium	1,69	»
Andere stoffen [1])	0,21	»

Gewoon keukenzout vormt alzoo $\frac{3}{4}$ van de vaste bestanddeelen en is oorzaak van den zouten smaak, terwijl de magnesium-verbindingen aan het zeewater iets walgelijks geven.

In den laatsten tijd heeft men veel meer bestanddeelen ontdekt, dan men vroeger in het zeewater vermoedde. IJzer, koper, zink, nikkel, zilver en zelfs goud is er in aangewezen; het laatste echter in zulk eene geringe hoeveelheid, dat deze niet bepaald kon worden.

Over de herkomst van deze vaste bestanddeelen bestaat er verschil van meening. Sommigen beschouwen de rivieren als voornaamste aanvoerders, andere stellen zich voor, dat de oceaan van den beginne af zout is geweest.

In 1000 gram zeewater bevindt zich ongeveer 34 tot 36 gram vaste bestanddeelen. Het gewichtsaandeel, dat door de vaste stoffen gevormd wordt, noemt men het zoutgehalte van het zeewater. Bedraagt dit zoutgehale $3\frac{43}{100}$ % dan is het gehalte aan keukenzout $2\frac{6862}{10000}$ %.

Het zoutgehalte is dus niet het gehalte aan keukenzout.

Het gehalte aan chloor noemt men de chloor-coëfficiënt. Het zoutgehalte is 1,81 maal zoo groot als de chloor-coëfficiënt. Is eene expeditie in het bezit van een chemisch laboratorium, dan bepaalt men gewoonlijk de laatste.

Door het zoutgehalte heeft het zeewater een grooter specifiek gewicht dan zuiver water. Echter is dit laatste niet uitsluitend van het eerste afhankelijk, daar ook het verschil in temperatuur een grooten invloed uitoefent. Om dezen laatsten invloed te negeeren, reduceert men het soortelijk gewicht tot eene bepaalde temperatuur (doorgaans 60° F. = 15°,56 C.) en dan is de dichtheid alleen afhankelijk van het zoutgehalte. Men verkrijgt dan

Dichtheid	1,025	1,026	1,027	1,028	1,029
Zoutgehalte in %	3,377	3,505	3,634	3,764	3,895.

Aangaande de verbreiding van het zoutgehalte melden wij de volgende wetten:

[1]) Broommagnesium, Calciummetaphosphaat, Calciumbicarbonaat, dubbel koolzure IJzeroxyde, Kiezelaarde, Chloorrubidium, enz.

In de oppervlakkige lagen is het zoutgehalte het grootst in de passaatzone, voornamelijk in de nabijheid der Subtropische anticyclonen. Van hier neemt het zoowel naar den aequator als naar de pool af.

Deze wet wijst er ons op, dat het zoutgehalte in de bovenste lagen in nauw verband staat met den neerslag. Deze toch is in de passaatzone het geringst, in den stiltegordel en in het gebied der veranderlijke winden aanmerkelijk grooter.

Is dit verband natuurlijk?

De zuidelijke deelen van den oceaan zijn zoutrijker dan de noordelijke.

Kan dit ook in verband staan met de verschillende ontwikkeling der passaten?

In den Indischen Oceaan is slechts één maximum van zoutgehalte voorhanden en wel ten zuiden van den aequator.

Kunt gij wel vinden, in welk verband dit met de heerschende winden staat?

In de zeeën, dat zijn de niet-zelfstandige aanhangsels van de oceanen, is er meer verschil in zoutgehalte. **Daar ziet men duidelijk, dat het afhangt**

ten eerste: van den toevoer van zoetwater door rivieren of door neerslag en

ten tweede: van de verdamping.

De Zwarte Zee heeft een zoutgehalte van nog geen 2%, zoodat in vroegeren tijd de herders het water zelfs als drank voor hunne kudden gebruikten.

In de Roode Zee, die in een warme streek ligt, nagenoeg geen regen en evenmin rivieren van eenige beteekenis ontvangt, stijgt dit gehalte tot nagenoeg $4\frac{1}{2}$%.

De minst zoute binnenzee is de Oostzee: in het Skagarrak bedraagt het zoutgehalte nog 3%, bij Kiel slechts 1,65%, bij Rügen 0,9%, bij Haparanda aan de noordspits van de Bothnische Golf 0,15% en bij Kroonstadt 0,1%.

Ten tijde van het smelten der sneeuw is het water in de laatstgenoemde gedeelten der Oostzee dikwijls drinkbaar.

Het zoutgehalte der poolzeeën schijnt nagenoeg gelijk aan dat van de overige oceanen.

We hebben dus een aanmerkelijk verschil in zoutgehalte, maar de samenstellende deelen zijn door alle oceanen en zeeën heen gelijk. Men is daarom genoodzaakt aan te nemen, dat door horizontale en verticale stroomen er eene snelle vermenging van het zeewater plaats heeft.

§ **114. Kleur en doorschijnendheid.** In den oceaan en op andere plaatsen, waar de zee eene aanmerkelijke diepte bereikt, heeft het zeewater eene blauwgroene kleur. Laat men een zonnestraal vallen door een lange buis, die van binnen zwart gemaakt en met zeewater is gevuld, dan verschijnt hij prachtig blauwgroen. Om de kleur noemen de zeelieden den eigenlijken oceaan weleens het blauwe water. Op sommige plaatsen in de Middellandsche Zee is deze blauwe kleur zelfs nog zeer schoon, al is de hemel niet geheel helder. Waar de diepte geringer is,

komt de kleur onder den invloed van die van den bodem. Bestaat deze uit zand, dan wordt het water groen; bestaat hij uit slib, dan helt de kleur naar olijfgroen en groenachtig blauw.

Dat de kleur van het zeewater van het voorkomen van den hemel en de diepte van den bodem afhangt, is aan onze kust zeer goed waar te nemen. Een zandbank teekent zich aan den zeespiegel als een lichter gekleurde plek af, terwijl het wolkenkleed van den hemel aan de zee een grauwen tint geeft.

Door bijzondere omstandigheden kan het water een bijzondere kleur verkrijgen. Zoo is de Gele Zee haar kleur en haar naam verschuldigd aan de groote hoeveelheden löss, welke de Hoangho (d. i. gele stroom) er in voert. In het zuidelijk gedeelte der Roode Zee en in de Arabische Golf zijn soms uitgestrekte vlakten door microskopische diertjes bloedrood gekleurd. In den Indischen Oceaan komen dergelijke kleine diertjes ook in witte en gele verscheidenheid voor.

In de poolzeeën is het water groen; alleen daar, waar warme stroomen water uit lager breedte aanvoeren, gaat de kleur in 't blauwe over.

De namen Witte en Zwarte Zee doelen niet op de kleur van het water.

Aangaande de doorschijnendheid van het zeewater zijn nog weinig proeven genomen. Er bestaat daarin groot verschil. Enkele tropische en Subtropische Zeeën, zooals de Middellandsche Zee en de Caraïbische Zee zijn sinds lang beroemd wegens de doorschijnendheid van het water. Ook in de Roode Zee is het water gelijk kristal zoo helder. Over 't algemeen schijnt uit de weinige waarnemingen te volgen, dat witte borden tot op 40 meter onder den waterspiegel zichtbaar zijn. In den Noord-Amerikaanschen Archipel kon men dergelijke borden maar tot op 20 meter diepte bemerken; in de Jonische en Adriatische Zee tot op 50 meter. Bedenkt men, dat zulk een bord zichtbaar blijft, zoolang het zonnelicht, dat het bord terugkaatst ons oog bereikt, dan is het duidelijk, dat bij loodrecht invallende zonnestralen het licht minstens tweemaal den afstand van het bord tot het oog aflegt. We kunnen dus aannemen, dat het licht, waardoor wij dergelijke borden ten laatste zien, ongeveer 100 meter door het water heeft afgelegd. Proeven met broomzilver-gelatine-platen schijnen aan te duiden, dat het licht tot nagenoeg 400 meter diepte doordringt.

De gesteldheid van het weder en de mindere of meerdere hoeveelheid organische stoffen, die in het water voorkomen, hebben natuurlijk grooten invloed op de doorschijnendheid.

§ **115. Horizontale temperatuurverdeeling.** In § 33 hebben wij er reeds op gewezen, dat het water zich ten opzichte van de opneming en uitstraling der warmte anders gedraagt, dan de landmassa. In de eerste plaats is de specifieke warmte van het water grooter, daardoor rijst en daalt zijn temperatuur langzaam, en valt zijn hoogste temperatuur later in dan die der landmassa. In de tweede

plaats verdampt er onophoudelijk water aan de oppervlakte en daardoor wordt deze afgekoeld. In de derde plaats wordt het spec. gewicht van de laag aan de oppervlakte door verdamping grooter; het water daalt en wordt door lichter vervangen. Deze redenen zijn oorzaak, dat de dagelijksche zoowel als de jaarlijksche slingering van de temperatuur aan de oppervlakte geringer is dan die van de luchtlaag boven het vastland. Het gemiddelde onderscheid tusschen dag- en nachttemperatuur bevond Buchan in den Noordelijken Atlantischen Oceaan ten zuiden van 40° slechts 0,7° C.

Evenals in den atmospheer onderscheidt men in den hydrospheer ook eene horizontale en eene verticale warmteverdeeling. Door de horizontale verstaat men de verdeeling van de temperatuur aan de oppervlakte, door de verticale die naar de diepte.

De eerste is voornamelijk afhankelijk van de breedte en van de zeestroomen (waarover later). Evenals in den dampkring, heeft men langs het zeeoppervlak ook isothermen getrokken, die men oceanische isothermen noemt. Op de kaart van de koralen vindt men er een geteekend, n.l. die van 20° C., aangezien deze de grens der koralen schijnt te zijn. We zullen hier het verloop dier isothermen niet nagaan, maar alleen een paar algemeene waarheden dienaangaande in het midden brengen.

In de tropische luchtstreek zijn de westkusten der oceanen warmer dan de oostkusten. Op hooger breedte heeft men koude westkusten tegen warme oostkusten. De oceanische isotherme van 26° C. loopt b.v. in den Atlantischen Oceaan van Florida naar de kust van Afrika op ongeveer 10° N.B. Zij maakt dus aan de Amerikaansche kust eene poolwaartsche, aan de Afrikaansche eene aequatoriale bocht. De isotherme van 20° loopt ongeveer van Kaap Hatteras naar Kaap Geer; die van 10° gaat van Halifax naar Schotland; die van 4° van New-Foundland over de noordkust van IJsland tot benoorden Noorwegen.

Teeken de genoemde isothermen op eene kaart, dan kunt ge duidelijk de volgende wet bemerken:

Uit het verloop der oceanische isothermen blijkt, dat ze zich van de westkust van den oceaan waaiervormig naar de oostkust uitbreiden.

Dit waaiervormig verloop is in den winter nergens meer volkomen dan in den Noordelijken Atlantischen Oceaan. In de zuidelijke oceanen bestaat alleen het aequatoriale gedeelte van den waaier en dan nog zeer onvolkomen. De hoogste temperaturen aan de oppervlakte worden waargenomen in den Atlantischen Oceaan tusschen 0 en 10° N.B. (27° C.); in den Grooten Oceaan op 10° N.B. (± 27° C.); in den Indischen tusschen 0 en 10° N.B. (bijna 29° C.).

Kunt ge bij de atmospherische isothermen ook hier en daar zulk eene waaiervormige verspreiding opmerken? Valt deze ook samen met den waaier van oceanische isothermen? Wanneer gij het

hoofdstuk over de zeestroomen hebt gelezen, geef dan op hoe de horizontale temperatuurverdeeling van den oceaan afhangt van deze stroomen.

§ 116. **Verticale temperatuurverdeeling in afgesloten bekkens.** Op ongeveer 200 meter diepte verdwijnt het onderscheid tusschen zomer en winter, dat zich aan de oppervlakte der zee gelden doet.

Tot beter begrip van de verticale temperatuurverdeeling in den oceaan stellen we ons een afgesloten zoetwaterbekken voor, waarop de luchttemperatuur werken kan, maar dat van den bodem, waarin het is gelegen, geen warmte ontvangt. De warmte der lucht deelt zich mede aan de oppervlakte en de ontvangen warmte plant zich door geleiding voort. Nu zijn er twee gevallen mogelijk.

1° de luchtwarmte zinkt onder 4° C.

2° de luchtwarmte blijft daar boven.

In het eerste geval zullen de bovenste lagen soortelijk zwaarder worden, naarmate zij, van hooger temperatuur afkoelende, 4° C. naderen. Deze zwaardere lagen zullen zinken en de lichtere, warmere komen aan de oppervlakte. Daalt de lucht nu onder 4° C., dan zullen de bovenste lagen daardoor in dichtheid afnemen. De verticale circulatie in ons waterbekken is dus geëindigd en op den bodem verzamelt zich eene watermassa van de grootste dichtheid of, wat hetzelfde is, van eene temperatuur van 4° C. In den zomer vinden we dus in zoodanige bekken eene afneming, in den winter eene toeneming van temperatuur naar de diepte. De toeneming was op den 25sten Januari 1880 in het Meer van Zurich als volgt:

Diepte in meters	0	20	40	60	80	100	120	133.
Temper. in C.	0,2;	—2,9;	—3,5;	—3,7;	—3,8;	—3,9;	—4;	—4.

In het tweede geval, wanneer de luchttemperatuur niet of slechts zelden onder 4° daalt, zal het water aan de oppervlakte eene temperatuur bezitten gelijk aan de gemiddelde wintertemperatuur van de streek, waar het bekken zich bevindt. Denken we, dat ons waterbekken ligt in eene omgeving, waarin de warmte van den atmospheer in de koudste maand 15° C. bedraagt, dan zal deze warmte aan de bovenste lagen worden medegedeeld en door geleiding zal ze langzamerhand tot den bodem doordringen, zoo het bekken koeler mocht zijn; is het warmer dan zullen verticale bewegingen van het water het hunne doen om de temperatuur van de bovenste aan de onderste waterlagen mede te deelen.

In afgesloten zoetwaterbekkens vindt men dus aan den bodem nooit eene lagere temperatuur dan 4° C. Is de warmtegraad hooger, dan komt hij overeen met de gemiddelde wintertemperatuur van de omliggende streek.

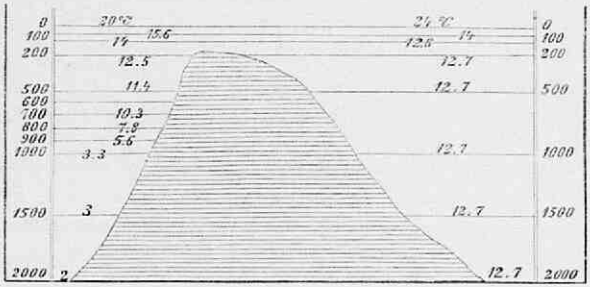
Is een afgesloten bekken met zeewater gevuld, dan wordt de zaak eenigszins anders, want dit verschilt in twee opzichten van het zoete water; ten eerste bewerkt de verdamping er verticale stroomen —

Hoe? —

en ten tweede bereikt het water zijn grootste dichtheid niet bij 4° C., maar bij eene lagere temperatuur, welke afhangt van het zoutgehalte: hoe grooter dit is, des te lager ligt het punt van grootste dichtheid. In de Arctische Zee daalt echter de temperatuur aan den bodem niet onder — 4° C.

§ 117. Verticale temperatuurverdeeling in niet-afgesloten bekkens. Hoe het met de verticale verdeeling der warmte gesteld is, wanneer een bekken met andere bekkens in gemeenschap staat, zullen we uit het volgende voorbeeld zien. De Middellandsche Zee dient ons hierbij uitstekend. Zij de volgende figuur eene verticale doorsnede van de Straat van Gibraltar.

Fig. 24.



In den Atlantischen Oceaan is de temperatuur aan de oppervlakte 20° C., in de Middellandsche Zee 24° C. Ten westen van de straat, die op de diepste plaatsen 200 vademen onder de zeeoppervlakte ligt, neemt de temperatuur met de diepte eerst snel later langzaam af en is op den bodem tot 2° gedaald. Ten oosten van de straat daalt de temperatuur aanvankelijk sneller dan in den Atlantischen Oceaan en teekent de thermometer op 200 vademen diepte ongeveer 12,7° C. Op die diepte hebben de lagen dus in beide zeeën gelijke temperatuur. Kouder water dan van 12,5° C. kan uit den Oceaan niet in de Middellandsche Zee komen; uit zich zelf zal deze ook geen lageren warmtegraad verkrijgen, want de gem. wintertemperatuur van de streek, waarin zij ligt, is 13° C.; zij moet dus tot op haren bodem een warmtegraad van omstreeks 12,5° C. behouden. Waarnemingen hebben geleerd, dat die bodemtemperatuur 12,7° C. is.

Werd de Straat van Gibraltar op eens 700 vademen diep, dan zou water van 10° C. er door naar de Middellandsche Zee dringen. Beneden die diepte zou dan daar de temperatuur 10° C. zijn en dus 2½° verlaagd worden. Een dergelijk geval biedt de Soeloe-Zee aan: daar heeft de oppervlakte eene temperatuur van 28,6° C., die tot 400 vademen afneemt tot 10,3° C., maar dan constant blijft; in de Celebes-Zee is de temperatuur van 800 vademen diepte tot den bodem gelijk aan 3,6°. Deze laatste gevallen zijn van belang, omdat bij de Middellandsche Zee toevallig de bodemtemperatuur overeenkomt met de gem. wintertemperatuur; bij de laatstgenoemde zeeën blijkt duidelijk, dat de temperatuur aan den bodem in dit geval niet van die aan de oppervlakte afhankelijk is. Wij zien wel: **de temperatuur**

aan den bodem van een bekken hangt af van de diepte der straat, die het met den oceaan verbindt: de hoogte van de scheiding bepaalt dien warmtegraad; en omgekeerd kan men uit de bodemtemperatuur tot de diepte van de straat besluiten, als men de temperatuurverdeeling in den nabijgelegen oceaan kent.

Van zeer veel invloed is deze wet voor de gesteldheid van de fjorden. De voorliggende banken en ondiepten beletten het water uit de diepte der IJszee zich er in te verspreiden, maar geven het water der oppervlakte wel gelegenheid daartoe. De Noorweegsche fjorden hebben dan ook tot op hunne grootste diepte eene temperatuur van 6° C. en die in Finnmarken eene van 3° C.

§ **118. Verticale temperatuurverdeeling in de oceanen.** Wat we in de vorige paragraaf gezien hebben, geldt ook voor den oceaan. We zullen ons echter zoo min mogelijk ophouden bij de verticale warmteverdeeling, maar ons hoofdzakelijk bepalen tot het voornaamste van de temperatuur aan den bodem.

Even als men over de plaatsen aan de aardoppervlakte isothermen heeft getrokken, zoo heeft men vlakken gebracht door alle punten (voor zoover dit mogelijk was) van de watermassa, die dezelfde temperatuur hebben. Die vlakken noemt men isothermobaten of onderzeesche isothermen. Zij snijden elke verticale oceaandoorsnede volgens lijnen, die men met denzelfden naam aanduidt.

Atlantische Oceaan. Ten opzichte van de gemiddelde temperatuur der verticale doorsnede is de Atlantische Oceaan tusschen 30° en 40° N.B. het warmste gedeelte der oceanische watermassa. Over eene vlakte van 4 millioen vierkante kilometer ligt daar eene ruim 500 meter dikke laag water, waarvan de gemiddelde temperatuur bijna 16° C. bedraagt. Dit is voor ons werelddeel van te grooter belang, omdat van uit deze streek de zuidwestenwinden het water voortdurend naar het noordoosten, dus naar de westkust van Europa drijven. Zelfs in de tropische luchtstreek is het water in 180 meter diepte al aanmerkelijk koeler.

In den Noordelijken Atlantischen Oceaan is het water aan de Europeesche kust, tot op ruim 500 meter, warmer dan aan de Amerikaansche, wat evenzeer een gevolg der zeestroomen is. Wat de temperatuur van den bodem betreft, bestaat er groot onderscheid tusschen het oosten en het westen van den Zuidelijken Atlantischen Oceaan; ten westen van den onderzeeschen rug bedraagt die minstens —0,6° C., ten oosten ervan 1,8° C. Deze laatste temperatuur komt ook aan den bodem van de bekkens van den Noordelijken Atlantischen Oceaan voor. Zelfs onder den aequator daalt de thermometer bij Fernando Noronha soms tot 0,2° C. Beschouwen wij de kaart van de oceaandiepte in verband met hetgeen in de vorige paragraaf gezegd is, dan kan ons deze ongelijkheid niet vreemd voorkomen. De *S*-vormige rug, die van zuid naar noord door den oceaan loopt, zendt bij Tristan da Cunha een rug van minder dan 4000 meter diepte naar Afrika af en belet daardoor het ijskoude water van de poolzee naar den aequator voort te dringen. Het westelijk

gedeelte is niet door zulk eene barrière tegen de bodemtemperatuur van de Zuidelijke IJszee beveiligd en vandaar, dat de groote koude zich tot aan den aequator voortzet, waar ze door de buiging van den hoofdrug wordt begrensd.

De ondiepere zeebodem, die Groot-Brittanje met Groenland verbindt, vormt eene barrière voor den Noordelijken Atlantischen Oceaan.

De bodemvorm verklaart ons dus dit onderscheid in temperatuur voldoende, terwijl wij onmogelijk kunnen aannemen, dat deze lage warmtegraden op de plaats zelve ontstaan zijn en we komen dus tot de volgende stelling: het water in de diepte van den Atlantischen Oceaan is uit de poolzeeën afkomstig en wordt vandaar bestendig aangevuld. Hierbij behoeft men echter niet aan een zeestroom te denken, waarschijnlijk dringt het poolwater langzaam voorwaarts.

Even als in den Zuidelijken Atlantischen, dringt ook in den Indischen Oceaan langs den bodem water naar den aequator, de warmtegraad aan den bodem leert zulks. De thermometer is het werktuig dus, waarmede men deze onderzeesche bewegingen naspoort. Echter is op dit veld nog veel te onderzoeken, maar de weg is aangewezen om eenmaal voldoende op te lossen, hoe al het water, dat aan de oppervlakte van den aequator naar de pool stroomt (Zie zeestroomen), weer naar den aequator terugkeert.

§ **119. Zeeijs.** Vormt de zee doorgaans de verbindende schakel voor de bewoners der verschillende continenten, daar waar zij met ijs bedekt is, kan het best gebouwde schip ons niet helpen om haar te doorklieven, daar ligt ze als eene woestenij, eenzaam en verlaten. Echter ondervinden wij den invloed van die ijsvorming.

> Hoe dan? Denk er aan hoe eene ijsvlakte zich tegenover de temperatuur gedraagt (Zie § 37). Kan een bevroren zee ook medewerken om een pressie in het leven te roepen? Alleen in den winter of ook in het voorjaar, als de sneeuw smelt?

Behalve in de poolzeeën komt poolijs ook voor in de Beringszee en in de Zee van Ochotsk.

> Dat de Zee van Azof en de Oostzee benoorden Ösel dikwijls dichtvriezen, wordt veroorzaakt door het gering zoutgehalte (zoutwater bevriest bij $2^1/_2°$ C. onder 't vriespunt).

Het ijs, dat in de poolzee voorkomt, is van drieërlei oorsprong. Deels wordt het geleverd door de rivieren en is dus zoetwaterijs. Vooral de Russische en Siberische rivieren leveren veel. Het is kristalhelder, eenigszins groen, buitengewoon hard en daardoor zelfs in kleine stukken voor schepen gevaarlijk. Deels vindt het zijn oorsprong in de gletschers en is dus gletscherijs. Dit vormt voornamelijk ijsbergen. Wanneer namelijk een gletscher, die langs de kust naar omlaag schuift, de zee heeft bereikt, zal zijne voortgaande beweging niet eindigen, maar zich langs de helling der kust naar beneden voortzetten. Daardoor geraakt het

onderste gedeelte in het water. Aangezien echter ijs soortelijk lichter is dan water, zal er op dit einde eene opwaartsche kracht beginnen te werken, die het ijs wil doen drijven en grooter wordt naarmate het einde van de ijsmassa dieper onder water schuift. De cohaesie verzet zich echter tegen het blijven van het ijs aan de oppervlakte; door deze glijdt het langs de helling der kust al dieper. Eindelijk is de opwaartsche kracht groot genoeg om de cohaesie te overwinnen, het onder water gedoken gletschereinde scheurt van de overige massa af. De breuk geschiedt uit den aard der zaak van beneden naar boven. Dit afbreken van gletschereinden noemt men het kalven der gletschers. Het afgebroken einde zwerft als ijsberg rond en is een speelbal van wind en stroom. Het vertoont vaak de zonderlingste vormen. Ontzettende hoeveelheden ijs worden op deze wijze door het vastland aan den oceaan geleverd.

Tegenover deze beide soorten van continentaal-ijs staat het eigenlijke oceaan-ijs, dat aan de oppervlakte der zee zelve ontstaan is en als ijsvelden voorkomt. De voorposten worden doorgaans door drijfijs gevormd, terwijl de eigenlijke poolzee door dik pakijs is bezet, dat echter geen aangesloten geheel vormt, maar hier en daar groote open plekken insluit. Daar de zeeman het ijsveld vermijdt, is het voor hem van groot belang, dat het reeds in de verte waar te nemen is, doordien het de bovenliggende luchtlaag helder maakt. Deze helle lucht boven het ijsveld noemt men de ijsblink. De hemel boven de opene watervlakten is in de poolstreken donker gekleurd en draagt den naam van waterhemel.

De wijze, waarop het ijs in de poolzeeën ontstaat, is dikwijls beschreven geworden. Eerst ontstaan fijne ijsnaaldjes, die aanvankelijk geen samenhang vertoonen, zich later tot eene dikke brij en eindelijk tot een ijsdek vereenigen, dat zoo buigzaam is als leder, zoodat de beweging van de zeeoppervlakte zich er aan mededeelt. Deze buigzaamheid is ook nog een kenmerk van het dikkere, pas gevormde ijs. Soms is het mogelijk er met een stok doorheen te stooten en laat de voet van den reiziger er indrukken in achter evenals in leem. Indien het zeewater snel bevriest, wat gebeurt, als bij groote koude het ijs barst en water door de ontstane spleet omhoog dringt, dan wordt het zout door het ijs ingesloten. Gewoonlijk echter gaat het stollingsproces langzaam genoeg om het zoutgehalte af te scheiden. De bovenste ijslaag bevat echter vaak zout, in de lagere ontbreekt het. Het zout, dat bij het bevriezen afgescheiden is, vermengt zich met de bovenste waterlagen. Deze worden daardoor zouter en bevriezen minder gemakkelijk. Dit schijnt de oorzaak te zijn, dat de dikte van de ijsmassa in de poolzee niet onophoudelijk toeneemt; de maximumdikte schijnt 2 tot $2\frac{1}{2}$ meter.

In den zomer ontdooit er veel ijs, vele ijsvelden verbrokkelen. Door den storm en den stroom worden dan de schotsen op elkaar gedrongen en door de golven en door elkander geworpen. Vandaar dat de oppervlakte nooit effen is.

In den herfst en den winter vriezen de schotsen weder tot een geheel samen. Soms bereiken ze na jaren en jaren wel de hoogte van ijsbergen (40 tot 50 meter). Dergelijke oude ijsmassa's heeft men den naam van o e r i j s gegeven.

Het eigenlijke pakijs bestaat uit onregelmatige hoopen van jong en oud ijs. De sneeuwstormen veranderen onophoudelijk zijne oppervlakte; sledetochten over deze massa zijn onmogelijk.

Gedurende den zomer geraken in het noorden ijsbergen en ijsschotsen los. Op kaart XI is de aequatoriaalgrens van de drijvende ijsmassa's aangeduid.

Merk vooral op, dat deze grens aan de oostkust van Noord-Amerika veel dichter bij den aequator komt, dan aan de westkust van Noorwegen. We komen later op dit verschil terug.

Al het ijs dooit gedurende den zomer niet weg, zooals reeds uit het vorige op te maken is. Daaruit zou volgen, dat de hoeveelheid in de poolzeeën hoe langer hoe grooter moest worden. We hebben echter reeds gezien, dat de ijsvorming in de bovenste lagen de verdere bevriezing van het water belemmert. Op die wijze ontstaat er waarschijnlijk eindelijk een toestand, waarin de vermeerdering in den winter gelijk is aan de vermindering in den zomer.

De grenzen van het zee-ijs zijn aan vele veranderingen onderworpen. Zij hangen eerder van wind- en stroomverhoudingen, dan van de warmte af. Langen tijd geloofde men, dat er aan de noordpool een ijsvrije poolzee bestond. De latere onderzoekingen hebben dit nog geenszins bevestigd, maar zoolang ervaren poolreizigers als Nordenskiold nog aan die meening vasthouden, zouden wij de mogelijkheid ervan niet willen ontkennen. De openingen, die hier en daar tusschen de ijsgebieden voorkomen, zijn voor de scheepvaart van geen belang, evenmin als de noordwestelijke en de noordoostelijke doortocht.

Door den noordwestelijken doortocht verstaat men den weg benoorden Noord-Amerika tusschen den Atlantischen en den Grooten Oceaan. Hij werd door Mac Clure in 1850 ontdekt. De noordoostelijke doortocht is de door Nordenskiold in 1880 gevolgde weg benoorden Europa en Azië om. Beide reizigers geraakten op hun tocht ingevroren, de eerste moest zelfs zijn schip in het ijs achterlaten en werd door eene andere expeditie gered.

III. DE BEWEGING VAN DEN HYDROSPHEER.

a. Golfbeweging.

§ 120. Onderscheid der bewegingen. Zeer zelden is de oppervlakte van den open oceaan volkomen effen, gewoonlijk, we kunnen wel zeggen altijd, wordt de spiegel door de golven bewogen. Met de kleinere watervlakten is dit niet het geval, deze liggen niet zelden spiegelglad voor den toeschouwer. Wanneer nu eene wateroppervlakte door de golven in beweging wordt gebracht en men een klein drijvend voorwerp, een stukje hout b.v., op het water werpt, dan bemerkt men, dat de golven voortschrijden, maar dat het stukje hout op dezelfde plaats blijft. Nam

het water aan de voortschrijdende beweging deel, dan zou ook het stukje hout van plaats veranderen. De golf plant zich dus als bewegingsvorm voort, maar de waterdeeltjes nemen aan deze voortgaande beweging geen deel, zij verkeeren in eene slingerende beweging. 't Is echter bekend genoeg, dat in het water ook stroomen voorkomen en we komen dus tot tweeërlei beweging in den hydrospheer:

1e eene slingerende, waarbij zich de vorm voortplant,

2e eene stroomende, waarbij het water voorwaarts gaat.

Tot de eerste behooren de golfbeweging en de getijden, tot de tweede de zeestroomen.

§ **121. Windgolven.** De golfbeweging kan veroorzaakt worden door den wind en door aardbevingen en daarom onderscheidt men windgolven van aardbevingsgolven.

Den afstand van den kam eener golf tot den kam van de daarop volgende noemt men de golflengte, den verticalen afstand van den kam tot het diepste gedeelte van het golfdal noemt men de hoogte van de golf.

Windgolven ontstaan door den ongelijken druk, dien de wind op de oppervlakte van het water uitoefent. De wind toch treft het water met onregelmatige stooten; daardoor ontstaan kleine verheffingen en dalingen van den spiegel, die zich langzamerhand al voortschrijdende en bij voldoende uitbreiding van het oppervlak tot groote golven vereenigen. Uit het gezegde volgt onmiddellijk, dat alleen op eene uitgestrekte watervlakte groote golven kunnen ontstaan. De waterdeeltjes zelve zijn daarbij in eene slingerende beweging om hun oorspronkelijk rustpunt en beschrijven cirkelvormige banen. Deze slingerende beweging plant zich naar de diepte voort. Is echter de watermassa niet zeer diep, dan wordt deze voortplanting naar de diepte spoedig door de wrijving belet en de beweging aan de oppervlakte zal beperkt zijn. Daaruit ziet men dus, dat de grootte der golven ook afhankelijk is van de diepte van het waterbekken.

De voortplanting in verticale richting geschiedt zoodanig, dat de cirkels, die de waterdeeltjes aan de oppervlakte beschrijven, lager in ellipsen overgaan, waarvan de loodrechte assen hoe langer hoe kleiner worden.

Op een afstand onder den zeespiegel gelijk aan de halve golflengte is de loodrechte as $\frac{1}{300}$ van die aan de oppervlakte; daar vervalt dus nagenoeg de op- en neergaande beweging en blijft van de cirkelvormige slingering alleen dit over, dat de waterdeeltjes onder een golfdal tegen de golf in, onder een golfberg met de golf mede voorwaarts gaan.

Onderzoekingen hebben geleerd, dat een golf zich in verticale richting voortplant tot op een diepte van ongeveer het 350voud van de golfhoogte. Heeft de golf dus eene hoogte van een halven meter, dan bereikt zij den bodem van eene zee

van 175 meter diepte. Is echter een water niet dieper dan 30 meter, dan zullen de golven er niet hooger kunnen zijn dan ongeveer 8 centimeter.

Hebben we in het bovenstaande gezegd, dat de bewegingsvorm zich voortplantte en elk waterdeeltje om zijn rustpunt (dat is het punt, waar het zich zal bevinden, als er geen golf bestaat) eene slingerende beweging maakt, zoo moeten wij daarop eene kleine beperking maken. De kracht, die de wind op een golf uitoefent, treft de wateroppervlakte schuin. Die kracht kan dus ontbonden worden en van de daardoor ontstane gaat één langs de wateroppervlakte in de richting der golven. De waterdeeltjes komen dus na de slingering niet meer precies op hunne vroegere plaats terecht, maar een weinig meer voorwaarts. Bovendien werkt de wind tegen de achterzijde van de golf. Hierdoor ontstaat dus eene voorwaartsche beweging van het water, waarop we later terugkomen (Zie § 147).

Men onderscheidt bij de golven behalve lengte en hoogte nog de snelheid en de periode.

Door de snelheid verstaat men den afstand, die in een bepaalden tijd (b.v. 1 sec.) wordt afgelegd; door periode den tijd, die er verloopt tusschen het oogenblik, waarop een golfkam een vast punt voorbijgaat, en het oogenblik, waarop de onmiddellijk volgende golfkam dat punt passeert. De lengte is dus het product van periode en snelheid. Het moeielijkst is het de hoogte der golven vast te stellen, omdat men geneigd is het dek van het schip als horizontaal vlak aan te nemen, wat het geenszins is. Nauwkeurige metingen hebben aangetoond, dat de golven lang niet de hoogte bereiken, die men ze vroeger toekende. De hoogste golven der Noordzee bereiken 4, die der Middellandsche Zee 4,5, der Golf van Biscaye 8 meter.

Woelen deze golven het zand op den bodem om?

De hoogste golven komen op het zuidelijk halfrond ten zuiden van 40° B. voor; daar werden er waargenomen van 7 tot 9, ja zelfs van 11 meter hoog.

Tot hoe diep brengt een golf van 10 meter hoogte het water in beweging? Kan de golfbeweging ook van invloed zijn op den bodemvorm van den oceaan?

Gemiddeld hebben de golven in het Atlantisch passaatgebied eene hoogte van 2, in den Grooten Oceaan eene van 3,1, in het gebied van de westenwinden in den Zuid-Atlantischen Oceaan eene van 4 meter. Bedenkt men hierbij, dat de golflengte in dit laatste gebied 133 meter bedraagt, dan verkrijgt men de verhouding van lengte tot hoogte als 33 : 1.

Teeken een golf van zoodanige verhouding en zie hoe gering die golfhoogte betrekkelijk is.

De hoogste en langste windgolf, die waargenomen is, had 11 meter hoogte en 400 meter lengte.

De snelheid, waarmede de golven zich voortplanten, is grooter dan de snelheid van den wind, die ze doet ontstaan. Doorgaans is zij tusschen 11 en 12,5 meter in eene seconde of 21—24 zeemijlen per uur.

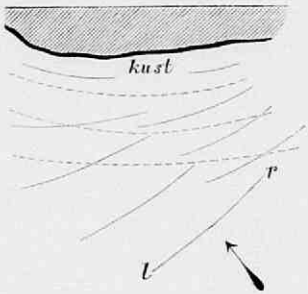
Een zeemijl is 1855 meter. Het snelste stoomschip legt niet veel meer dan 16 zeemijlen per uur af.

In den Atlantischen Oceaan ten zuiden van 40° Z.B. bedraagt de gemiddelde snelheid der golven 14 meter per sec. of 27 zeemijlen per uur; die van den wind aldaar is slechts 10 meter. Zoo is het begrijpelijk, dat de golven den storm vooruitijlen en zich buiten het stormgebied uitbreiden. Dergelijke golfbeweging buiten het stormgebied wordt deining genoemd.

Nog merken wij op, dat bij krachtigen, stormachtigen wind de hoogte der golven tot een zeker maximum stijgt, maar verder constant blijft, al blijft de storm ook dagen aanhouden. Sterke neerslag gedurende den storm verlaagt de golven, een feit, dat eenigszins in verband staat met het golvenstillend vermogen van olie, waarvan de invloed echter ontzettend overdreven wordt. De zaak schijnt deze, dat de kammen hunne overhangende koppen verliezen en eene zacht glooiende gestalte aannemen. Over den invloed van olie is echter het laatste woord nog niet gesproken.

In de nabijheid van de kust ondergaan de golven vele veranderingen. In diep water is de golfbeweging afhankelijk van de richting van den wind. Zij in figuur 25 de windrichting aangewezen door het pijltje, terwijl de lijn *lr* den kam van een golf voorstelt. Het gedeelte *r* is dichter bij de kust en zal dus in zijne beweging meer belemmerd worden, dan het gedeelte *l*, dat sneller voortgaat. Dit blijft zoo, totdat de golf de kust rechtstandig treft. De getrokken lijnen in de figuur wijzen de stellingen aan, die de golf achtereenvolgens aanneemt, terwijl de gestippelde lijnen de gelijke diepten aangeven.

Fig. 25.



Behalve deze wijziging in richting is er nog eene in vorm. In volle zee zijn de beide hellingen van eene golf vrijwel gelijk. Het voorste gedeelte wordt echter aan de kust meer door wrijving tegengehouden dan het achterste en verkrijgt daardoor eene steilere helling, welke ten laatste zoo steil wordt, dat het kopgedeelte voorover stort. Dit overstorten is het, wat wij branding noemen.

Wanneer in volle zee een schip zich in eenen hevigen golfslag bevindt, dan verhindert het vaartuig evenzoo den vrijen voortgang der waterdeeltjes en heeft eene overeenkomstige overstorting op het schip plaats. Men spreekt dan van *stortzeeën*.

Bovendien worden tegen de kust de golven teruggekaatst, zoodat een steilkust door een chaos van woedende golven ongenaakbaar wordt.

Lange duinrijen met vlak, zacht glooiend strand zijn de hoofdtooneelen van de branding, zooals de kust van de Landes in Frankrijk, de vlakke oostkust der

Vereenigde Staten en de oostkust van Voor-Indië. Ook onze kust en de Deensche zijn daardoor vol gevaar.

Bij het gevaar, dat de branding oplevert, komt bij langdurige stormen nog eene verhooging van den waterspiegel, doordien de wind het water voor zich uitjaagt (stormvloeden).

§ **122. Resulteerende golven.** Wanneer zich in een zeebekken een golf heeft gevormd, die door de kust teruggekaatst wordt, dan ontstaat er door samenwerking met de op haar volgende, eene resulteerende golf, die men den naam van staande golf geeft. Een zoodanige staande golf veroorzaakt in het Meer van Genève het verschijnsel der seiches. Het oppervlak van het meer rijst langzaam gedurende 30 à 40 minuten tot eene hoogte van eenige centimeters of decimeters, om daarna evenveel te dalen. Deze beweging duurt langeren of korteren tijd, zonder dat men de oorzaak zou kunnen toeschrijven aan de winden, die op de plaats zelve waaien. Ook in andere Zwitsersche en in de Canadasche meren is het verschijnsel der seiches waargenomen. De vorm van het waterbekken is van grooten invloed op den duur der slingering en dus ook op de lengte van de staande golf, daar het water aan den eenen kant rijst, wanneer het aan den anderen kant valt. Men meent de oorzaak toe te moeten schrijven aan snelle locale veranderingen in den luchtdruk, plotselinge windstooten uit het gebergte, stormen, enz.

De theorie der seiches heeft Ferrel uitnemend toegepast om de geheimzinnige stroomingen te verklaren, die in de nauwe Straat van Euripos, tusschen Euboea en 't vastland, de bewondering tot zich trokken. Het verschijnsel is als volgt.

Wanneer men op de brug staat, die het eiland aan het vastland verbindt, dan bemerkt men daaronder een stroom, die krachtig genoeg is om molens in beweging te brengen. Het wonderbaarlijkste van de zaak is, dat de richting van dezen stroom, onophoudelijk verandert, ten tijde van den springvloed (Zie § 126) viermaal, ten tijde van het doode getij elf tot veertienmaal per dag. Ferrel verklaart deze beweging uit de seiches in het Kanaal van Talanti, ten noorden van Euboea.

In het volgende hoofdstuk (ebbe en vloed) zullen we op de staande golven nog eens terugkomen (Zie § 131).

§ **123. Aardbevingsgolven.** Planten de windgolven zich soms reeds over ontzettende vlakten voort, nog meer doen dit de aardbevingsgolven. Zij ontstaan door den stoot, dien eene aardbeving, eene uitbarsting van een vulkaan aan het water mededeelt. Zij onderscheiden zich van de windgolven voornamelijk door hare groote golflengte, die bij de golf van de aardbeving van Simoda (Japan, 23 December 1854) ongeveer 210 zeemijlen of bijna 400 kilometer bedroeg.

Hoe groot was de grootste lengte der windgolven door ons genoemd? Hoe groot de gemiddelde snelheid?

De gemiddelde snelheid bedroeg op den weg van Simoda naar San Francisco

ongeveer 358 zeemijlen per uur. Dergelijke golven, welke door een enkelen stoot op eene bepaalde plaats ontstaan en zich vrij door den oceaan voortplanten, hebben eene snelheid, die, bij gelijke golflengte, evenredig is met den vierkantswortel uit de gemiddelde diepte des oceaans. Dit leverde het middel om die diepte bij den Grooten Oceaan bij benadering te bepalen (Zie § 111).

De laatste waarneming op dit gebied is die van de golf, welke veroorzaakt werd door de uitbarsting van Krakatau op 26 Augustus 1883. Deze golf bracht niet alleen het water van den Indischen Oceaan in beweging, maar plantte zich ook in den Grooten Oceaan en den Atlantischen voort. Zelfs in Rochefort aan de Fransche kust werd haar invloed bemerkt. Het gevaarlijkste zijn deze golven aan de kust, die nabij het centrum der aardbeving gelegen is. Eerst trekt het water zich terug, maar ongeveer een half uur later rijst het tot schrikbarende hoogte en overstroomt de vlakke kust, aldus verwoestende wat door de aardbeving nog is gespaard. Langs de kusten van straat Soenda was de verwoesting dan ook boven beschrijving groot, niet door den aschregen, maar door den vloedgolf. In de Lampongbaai was de kracht van het water zoo groot, dat te Telok Betong een gouvernementsstoomboot een uur ver op het land werd gezet. Telok Betong zelf was behalve de woning van den resident, het fort en de gevangenis geheel verwoest. Ook de Javaansche kust had schrikkelijk geleden. De plaatsen Tjeringin, Anjer, Merak en eenige kleinere zijn geheel verdwenen. Van Java's Eerste Punt tot Punt St. Nicolaas werden alle dessa's langs de kust verwoest en is de bevolking grootendeels omgekomen. En deze verwoesting was waarschijnlijk het werk van één golf. De zee voerde kalkblokken mede van honderden pikols zwaar. Zie verder over deze golf bij de zeebeving.

b. **Ebbe en vloed.**

§ **124. Waarneming.** Behalve aan de golfbeweging is het water der zee nog onderworpen aan eene regelmatige rijzing en daling. Men neemt namelijk het volgende verschijnsel waar. Stellen wij, dat we ons op den tijd van Volle Maan aan een onzer havens bevinden en wel te Vlissingen. Een uur nadat de maan door den meridiaan is gegaan, staat het water zoo hoog mogelijk. Nu begint het te zakken, het wordt ebbe. Het wordt al lager en lager en zal blijven dalen tot $12\frac{1}{2}$ minuten over zevenen, waarna het weder rijst, het is vloed. 6 uur en $12\frac{1}{2}$ minuut later of 12 uur en 25 minuten na onze eerste waarneming heeft de vloed weder zijn hoogsten stand bereikt; dan begint het water weder te dalen en 6 uur $12\frac{1}{2}$ minuut daarna is het weder op zijn laagste punt. Daarna begint het weder te wassen en 24 uur en 50 minuten na onzen eerst waargenomen hoogsten stand nemen we voor de derde maal een hoogsten stand waar. In een tijdvak van 24 uur en 50 minuten bemerkten we dus twee hoogste en twee laagste standen van de wateroppervlakte. Het verschil tusschen beide was duidelijk waarneembaar en zal in ons geval ongeveer 3,5 meter bedragen hebben. Tweemaal bemerkten wij eene rijzing van het water gedurende 6 uur $12\frac{1}{2}$ minuut, tweemaal eene daling gedurende even langen tijd. [1])

[1]) In werkelijkheid duurt de ebbe in Vlissingen 6 uur 17 min., de vloed 5 uur 53 minuten. Tot vereenvoudiging zijn hier de theoretische tijdsduren gesteld

Het rijzen van 't water noemt men vloed, het dalen ebbe, het geheele verschijnsel de getijden. Nabij de kust veroorzaakt het een stroomende beweging in het zeewater: gedurende den vloed stroomt het water de verschillende inhammen van 't vastland binnen, gedurende de ebbe ontstaat een stroom in tegengestelde richting. Daar de vorm van de landmassa groote wijzigingen brengt in het verloop van het verschijnsel der op- en nedergaande beweging, dient men de theoretische getijden van de waargenomene te onderscheiden.

Aangezien 24 uur 50 minuten juist den tijd aangeeft, in welke de maan haren schijnbaren dagelijkschen omloop om de aarde volbrengt, lag het vermoeden voor de hand, dat in dit hemellichaam de oorzaak van het verschijnsel der getijden zou liggen. De door Newton ontdekte wet der zwaartekracht stelde dit buiten allen twijfel. Even als de maan veroorzaakt ook de zon een rijzen en een dalen van het water.

125. Verklaring. Stellen wij ons de aarde voor als geheel door water bedekt en zien we, welken invloed de zon en de maan in dat geval op den vorm van het vloeibare oppervlak zouden uitoefenen.

Fig. 26.

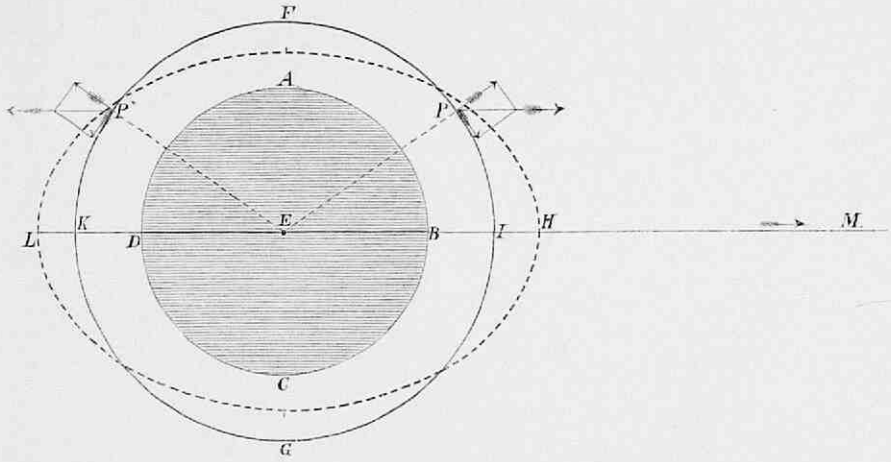


Fig. 26 stelt eene doorsnede der aarde voor, indien ze geheel door water omringd ware, en wel eene doorsnede volgens het meridiaanvlak, waarin zich de maan bevindt. De donkere schijf vormt de vaste massa, de daaromheenloopende ring het vloeibare omhulsel. In het verlengde van de middellijn $K\,D\,E\,B\,I$ denken we ons de maan M. Deze lijn snijdt de oppervlakte van het wateromhulsel in I en K,

die van den vasten aardbol in B en D. Van het wateromhulsel is I het dichtst bij, K het verst van de maan. De afstand van de vaste kern tot de maan is bij B het kleinst, bij D het grootst. Nu weten we uit de natuurkunde, dat de grootte van de aantrekkingskracht afhankelijk is van den afstand en wel zoodanig, dat zij afneemt, naarmate de kwadraten van de afstanden toenemen. Het is dus duidelijk, dat de maan op het punt I grooter kracht zal uitoefenen dan op het punt E en op dit weer grooter dan op het punt K. Bevinden we ons dus in het punt E, dan zal het punt I eene neiging vertoonen, om zich van ons te verwijderen in de richting van het hemellichaam M; maar het punt K zal zich evenzeer van ons trachten te verwijderen en wel in eene richting tegenovergesteld aan die naar M. Daardoor zal de diameter KI worden verlengd en dientengevolge de loodrecht daaropstaande FG worden verkort. De doorsnede zal dus den vorm verkrijgen, die door de gestippelde lijn in de figuur is aangewezen. I verplaatst zich dus naar H en K naar L, of met andere woorden: **bij I en K ontstaan opeenhoopingen van water (vloedgolven) en bij F en G verlagingen van den waterstand (ebbedalen)**. Dat deze lage waterstand bij F en G moet ontstaan, volgt hieruit, dat alleen door watertoevoer uit het overige gedeelte van den hydrospheer een vloedgolf bij H en bij L kan gevormd worden. Alle waterdeeltjes tusschen F en I en tusschen G en I moeten daartoe eene beweging krijgen in de richting naar I; aan de andere zijde der aarde krijgen ze eene beweging in de richting naar K of L.

Wij hebben hierboven opzettelijk gezegd: bevinden wij ons in het punt E. Het komt er hier namelijk op aan om de betrekkelijke beweging van de drie punten waar te nemen, niet hare volstrekte; zelfs is het ons onverschillig of andere krachten al dan niet toelaten, dat er eene volstrekte beweging ontstaat. De waarnemer nu neemt ebbe en vloed waar, als hij zich bevindt op de vaste aardoppervlakte; ebbe en vloed is voor ons niet anders dan eene beweging van 't water ten opzichte van de vaste aarde. Is de vaste kern absoluut hard, dan volgt de waarnemer de beweging van 't middelpunt der aarde. Maar hij verbeeldt zich stil te staan en daarom moeten wij de bewegingen zoodanig wijzigen, dat E een vast punt wordt. Daarvoor moet ook de beweging van I verminderd worden en wel met de snelheid, die E had. I houdt dan nog snelheid naar M over. Maar K had minder snelheid dan E. Verminderen we dus de snelheid van K met die van E, dan blijft er een negatieve snelheid naar M over of eene snelheid in tegenovergestelde richting. Dat de punten tusschen F en I eene neiging krijgen om naar I te vloeien, blijkt hieruit, dat men de betrekkelijke kracht, die de maan op een zeker punt b.v. P uitoefent, kan ontbinden in twee componenten, waarvan de één de aantrekking van E tegenwerkt, de ander daarentegen P naar I zal doen vloeien. Door betrekkelijke kracht verstaan we hier het verschil in kracht, uitgeoefend op het punt aan den omtrek en het punt, dat loodrecht boven E in de lijn $P'P$ is gelegen.

Volgens deze beschouwing bewerkt dus de maan vloed voor de plaats, waar zij door den meridiaan gaat en voor de plaats, die daar juist diametraal tegenover ligt of er 180° in lengte mede verschilt. Op 90° lengte afstands van het hoogste punt der vloedgolf vindt men het laagste punt van het ebbedal.

Even als de maan veroorzaakt ook de zon twee vloedgolven en twee ebbedalen. De invloed van de maan is echter in dit opzicht 2,3 maal zoo groot als die van de zon.

De volgende berekening kan ons een denkbeeld geven, hoe men deze verhouding heeft becijferd. Stellen wij de aantrekkingskracht door de eenheid van massa uitgeoefend op het middelpunt van de aarde, bij een afstand van 1 geographische mijl, gelijk aan f. Noemen we d den afstand tusschen de maan en het middelpuut der aarde en m de massa der maan, dan is de aantrekking van deze op het punt I gelijk aan $f \times \frac{m}{(d-r)^2}$. De aantrekkingen op verschillende punten toch verhouden zich in omgekeerde reden als de kwadraten der afstanden en de afstand van het punt I tot de maan is $d-r$ geogr. mijlen, als r den straal van de aarde voorstelt. De aantrekking, op K uitgeoefend, wordt nu voorgesteld door $f \times \frac{m}{(d+r)^2}$. Het verschil van beide aantrekkingen is

$$f \times m \left\{ \frac{1}{(d-r)^2} - \frac{1}{(d+r)^2} \right\} = f m \left\{ \frac{(d+r)^2 - (d-r)^2}{(d-r)^2 (d+r)^2} \right\} =$$

$$= f m \left\{ \frac{d^2 + 2dr + r^2 - d^2 + 2dr - r^2}{(d^2 - r^2)^2} \right\} = \frac{f m \times 4dr}{(d^2 - r^2)^2}.$$

Aangezien nu r in ons geval gelijk is aan het zestigste deel van d, kunnen we, zonder ons aan grove onnauwkeurigheid schuldig te maken, in plaats van $(d^2 - r^2)$ ook schrijven d^2, waardoor onze vorm verandert in

$$\frac{f m \times 4dr}{d^4} = \frac{4 f m r}{d^3}.$$

Het verschil in aantrekking door de maan uitgeoefend op twee diametraal tegenover elkander liggende punten aan de oppervlakte der aarde is dus $\frac{4 f m r}{d^3}$. Noemen we nu Z de massa van de zon en D haren afstand tot de aarde, dan krijgen we door gelijke redeneering voor het verschil in aantrekking, door de zon op twee dergelijke punten uitgeoefend: $\frac{4 f Z r}{D^3}$.

Die beide verschillen of de krachten, die maan- en zonnevloed bewerken, verhouden zich dus als

$$\frac{4 f m r}{d^3} : \frac{4 f Z r}{D^3} \text{ of als } \frac{m}{d^3} : \frac{Z}{D^3}.$$

Nu is de afstand van de zon bijna 400 maal zoo groot als de afstand van de maan tot de aarde, en de zonnemassa ruim 25 millioen maal de maanmassa. D is dus gelijk aan $400\ d$ en $Z = 25000000\ m.$, waardoor onze verhouding aldus wordt:

$$\frac{m}{d^3} : \frac{25000000\ m}{64000000\ d^3} = 1 : \frac{25}{64} = 2{,}5 \text{ ruim} : 1.$$

Dat we een eenigszins onnauwkeurige uitkomst verkrijgen, is het gevolg van 't verwaarloozen van r en het nemen van de getallen 400 en 25 millioen, die eigenlijk moeten zijn 386,7 en $26\frac{1}{2}$ millioen. Daar echter de aarde niet altijd even ver van de zon verwijderd is en de maan evenmin een cirkel om de aarde beschrijft, zijn deze getallen niet standvastig, zoodat de maan-, zoowel als de zonne-invloed eenigszins in grootte varieeren. Uit deze berekening volgt bovendien, dat ofschoon de aantrekkingskrachten op verschillende punten uitgeoefend zich verhouden in omgekeerde reden als de kwadraten der afstanden, de krachten, die ebbe en vloed bewerken, of de verschillen van de aantrekkingskrachten, op twee verschillende pun-

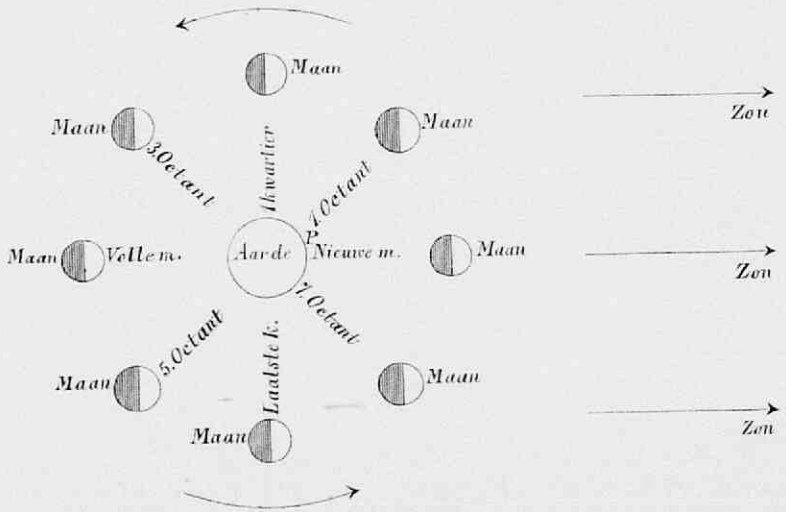
ten der aarde door zon of maan uitgeoefend, zich verhouden in omgekeerde reden als de derde machten der afstanden.

§ **126. Resulteerende vloedgolf.** We hebben gezien, dat zoowel de maan als de zon een vloedgolf doet ontstaan. De maangolf gaat in den tijd van 24 uur en 50 minuten eenmaal de aarde rond. Bereikt het water dus tengevolge van den invloed van onze bijplaneet hedenmiddag om 12 uur zijn hoogsten stand, dan zal die hooge stand weder intreden op morgen 50 minuten na twaalven. Daar echter ook vloed ontstaat op het punt, dat diametraal tegenover deze maangolf ligt, hebben we van nacht 25 minuten over twaalven evenzeer vloed.

De golf door de zon veroorzaakt wentelt echter in 24 uur om de aarde. 's Middags om 12 uur (indien we 't verschil tusschen middelbaren en zonnetijd buiten rekening laten) heeft elke plaats zonnevloed en evenzoo 's nachts om 12 uur. Deze vloedgolf en die van de maan vormen nu een resulteerende vloedgolf, die zich van de beide samenstellende onderscheidt en in hoogte en in tijd.

Verschil in hoogte. Het is natuurlijk, dat wanneer beide golven samenvallen de vloed haar hoogsten stand zal bereiken; dezen hoogsten vloed noemt men springvloed. Echter kan ook de maan vloed veroorzaken op de plaats, waar de zon ebbe bewerkt; dan stijgt de vloed maar tot $\frac{1}{3}$ van de hoogte bij springvloed, want de maanvloed is, gelijk uit de berekening te zien was, 2 maal zoo krachtig als de zonnevloed. Dezen lagen vloed noemt men doode getij. Wanneer

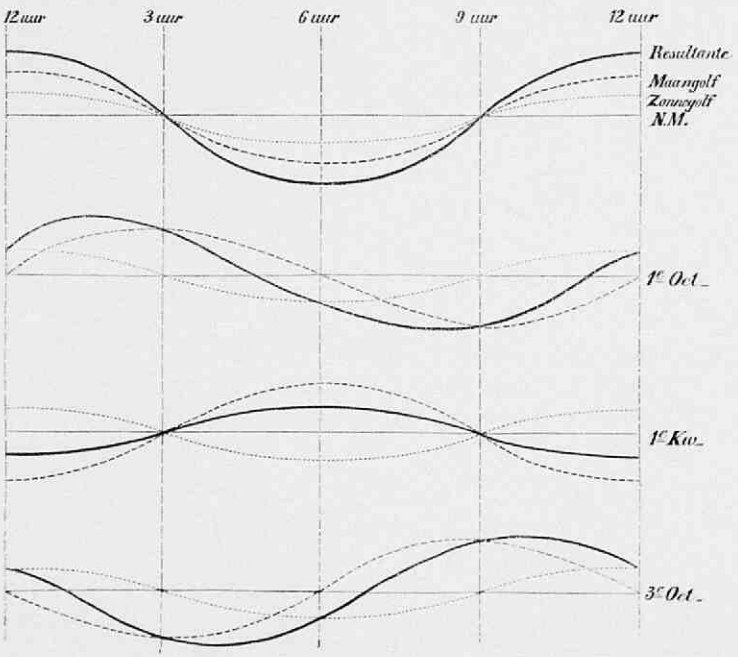
Fig. 27.



heeft men nu springvloed, wanneer doode getij? Bij Nieuwe Maan staat de maan tusschen zon en aarde in (Zie fig. 27). Tengevolge van de werking der zon zal bij P vloed ontstaan, tengevolge van de werking der maan ook, daar hebben we dus nu springvloed. Ten tijde van Volle Maan bevindt zich de aarde juist tusschen zon en maan; bij P ontstaat nu evenzeer springvloed. Bij Eerste Kwartier zal de maan vloed doen ontstaan op de twee plaatsen, die 90° van P verwijderd zijn; de zon evenwel bewerkt daar ebbe en verhoogt het water bij P. Daar de maaninvloed sterker is, ondervindt P dus ebbe en de 90° daarvan verwijderde punten hebben vloed. Echter is deze gelijk aan den maanvloed min den zonnevloed. Bij P is de ebbe ook minder laag.

Ten tijde van het Laatste Kwartier hebben we een dergelijk verschijnsel. **Springvloed treedt dus in, als de middelpunten van zon, maan en aarde zich in eene rechte lijn bevinden, doode getij ten tijde der kwartierstanden.** Tusschen springvloed en doode getij wordt de hoogste stand van den vloed langzamerhand lager, tusschen

Fig. 28.



doode getij en springvloed langzamerhand hooger. Deze ongelijkheid noemt men de halfmaandelijksche ongelijkheid.

§ **127. Verschil in tijd.** Dit verschil in tijd tusschen de resulteerende golf en de samenstellende zal ons duidelijk worden uit de beschouwing van fig. 28, die de tijden aangeeft voor het invallen der waterstanden. De verticale lijnen stellen de tijdsverdeeling voor, zooals aan hare boveneinden te zien is. Op de horizontale zijn de verschillende vloedgolven afgebeeld. Op de bovenste vinden we ze bij Nieuwe Maan. Dan bevindt de aarde zich juist tusschen zon en maan. De maangolf zoowel als de zonnegolf bereikt dan om 12 uur in den middag en ongeveer 12 uur 's nachts haar hoogsten stand.

De tijd van twaalf uur 's nachts is niet zuiver, het moet 12 uur 25 minuten zijn; daar echter de figuur slechts ter verklaring dient, hebben we haar zoo eenvoudig mogelijk gemaakt.

Daar de samenstellende golven gelijk aankomen, is de resultante gelijk aan hare som en valt op denzelfden tijd in, als zij elk afzonderlijk.

Beschouwen we nu den stand in het eerste octant. Dan bereikt de maanvloed ongeveer om drie uur haar hoogsten stand. De zonnevloed is dan op zijn doode punt, midden in den overgang tusschen hoog en laag water, welk laatste om 6 uur intreedt. De hoogste stand van de zonnegolf werd om twaalf uur bereikt. De resulteerende vloedgolf is nu de resultante tusschen twee vloedgolven, waarvan de eerste om twaalf uur, de tweede om drie uur haar hoogsten stand bereikt. De hoogste stand van die resultante ligt dus tusschen 12 en 3 uur, met andere woorden: de resulteerende vloedgolf treedt vroeger in dan de maangolf. De zonnegolf trekt haar tijd van inval als het ware vooruit. In onze figuur treedt de hoogste stand van het water om ongeveer 2 uur in.

Op de derde lijn is de verhouding bij Eerste Kwartier afgebeeld. De maanvloed bereikt haar grootste hoogte om 6 uur ongeveer. De zon bewerkt op dat uur ebbe en er is dus van vervroeging of verlating geen sprake.

Geheel anders is het op de vierde lijn, die de verhouding voorstelt in het derde octant. De maanvloed bereikt haar hoogsten stand om negen uur 's avonds, de zonnevloed om 12 uur 's nachts (immers even goed als om 12 's middags). De resulteerende vloedgolf zal dus haar hoogste punt bereiken tusschen 9 uur en 12 uur, met andere woorden: De resulteerende vloedgolf treedt later in dan de maangolf. De zonnegolf trekt den tijd van inval van de maangolf nu achteruit.

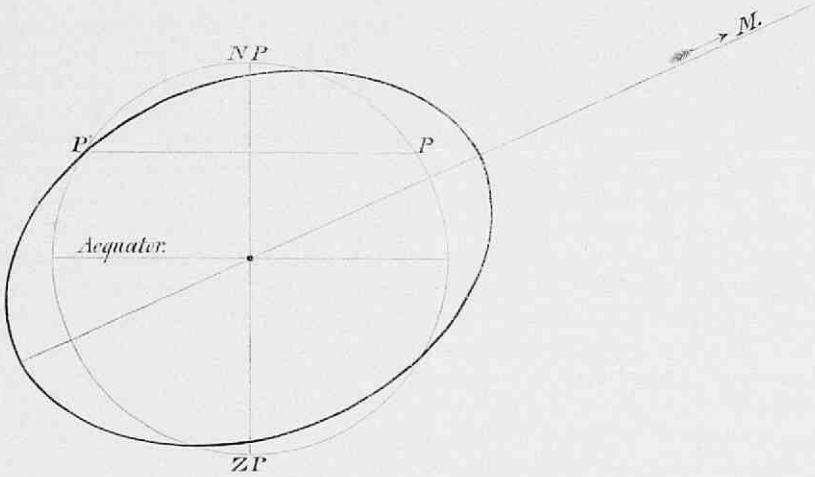
Het vierde octant (Volle Maan) komt met Nieuwe Maan, het vijfde met het eerste, enz. overeen.

We hebben dus eene vervroeging in het eerste en vijfde, eene verlating in het derde en zevende octant.

De octanten zijn de achtste deelen van den omloop der maan, even als de kwartieren de vierde deelen.

§ **128. Dagelijksche ongelijkheid.** Een ander verschil in vloedhoogte ontstaat op de volgende wijze. Staat de maan juist in het vlak van den aequator of wat hetzelfde is, staat ze voor de bewoners onder den evenaar in top, dan

Fig. 29.



zullen de beide vloedgolven haar grootste hoogte ook onder den aequaetor bereiken. Maar de maan staat daar niet altijd. Wanneer zij buiten het vlak van den aequator staat, wanneer zij b. v. nagenoeg in top staat voor eene plaats P, zal daar hoogen vloed worden waargenomen (Zie fig. 29). Draait nu de aarde om hare as, dan zal na 12 uur de plaats P gekomen zijn in P', waar de vloed niet die groote hoogte bereikt. Daardoor ontstaat dus een dagelijksche ongelijkheid in de hoogte der vloedgolven. Evenzoo kan de zon een dagelijksche ongelijkheid veroorzaken. Gedurende onzen zomer zal op het noordelijk halfrond de dagvloed; gedurende onzen winter de nachtvloed daar het hoogst zijn. Deze ongelijkheid noemen we de dagelijksche ongelijkheid.

Hoe is dit op het zuidelijk halfrond?

§ **129. Resumé.** Bij de berekening is er op gewezen, dat de banen van aarde en maan een elliptischen vorm hebben. In Januari staat de zon in het perihelium, in Juli in het aphelium, de zonnevloed zal dus in onzen winter grooter zijn dan in onzen zomer. Dit noemen we de jaarlijksche ongelijkheid. De verschillende afstanden der maan veroorzaken op deze wijze eene maandelijksche ongelijkheid.

De hoogte van de vloedgolf en de tijd, waarop de hoogste stand van het water intreedt, hangen dus af:

1° van den onderlingen stand van aarde, zon en maan; deze veroorzaakt half-maandelijksche ongelijkheid.

2° van de declinatie van beide hemellichamen, deze veroorzaakt dagelijksche ongelijkheid.

3° van hunne afstanden tot de aarde; deze veroorzaken jaarlijksche en maandelijksche ongelijkheid.

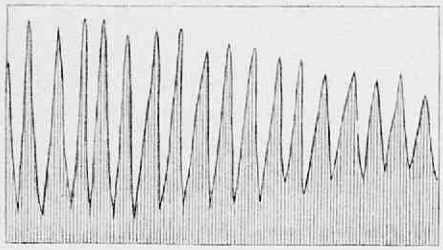
Wat de dagelijksche ongelijkheid betreft, verdient nog opgemerkt te worden, dat deze niet bestaat aan den aequator en ook dan bij de andere plaatsen op aarde opgeheven wordt, als de declinatie van de zon en die van de maan = o is.

§ **130. Werkelijke vloedgolf.** Tot hiertoe hebben we ons alleen met de theoretische vloedgolven beziggehouden en daarbij hebben we twee zaken aangenomen, die in werkelijkheid niet vervuld worden; namelijk ten eerste, dat de hydrospheer de geheele aardoppervlakte bedekte, ten tweede dat het water ongestoord aan elke kracht, die er op werkte, kon gehoorzamen. De aardoppervlakte bestaat echter uit land en water en dit water is ook onderworpen aan de wetten der traagheid en der wrijving. Door de vereenigde werking dier beide zal de vloedgolf den loop van zon en maan in hare schijnbare dagelijksche beweging om de aarde, slechts op eenigen afstand kunnen volgen. Bovendien is de zee niet overal gelijk van diepte en ligt de landmassa zoodanig, dat ze de vloedgolf onoverkomelijke hinderpalen in den weg stelt. De hoogste stand van het water zal dus eerst intreden eenigen tijd na den doorgang van zon en maan door den meridiaan. Dit verschijnsel noemt men het achterblijven van den vloed. Alleen in het zuidelijk gedeelte van den Grooten Oceaan zou zich een werkelijke vloedgolf tamelijk vrij kunnen ontwikkelen en Laplace vond daarin aanleiding om de hypothese te stellen, dat daar de vloedgolf een aanvang nam. Hij werd daartoe geleid door het feit, dat de springvloeden en de doode getijden eerst anderhalven tot derdehalven dag na Volle en Nieuwe Maan of na Eerste en Laatste Kwartier in den Atlantischen Oceaan worden waargenomen. Tegen deze theorie zijn echter ernstige bedenkingen gerezen. Was het verschijnsel in theorie echter reeds zeer samengesteld, dan moet het dat in de praktijk nog veel meer zijn, en de wetenschap is nog verre van het standpunt verwijderd, waarop alle raadselen in dit opzicht zijn opgelost. Tegen de theorie van Laplace, maar meer overeenkomstig met de theorie in 't algemeen is het feit, dat niet alleen de oceanen, maar ook de bijna geheel afgesloten binnenzeeën ebbe en vloed hebben en dat zelfs in het geheel afgesloten bekken van het Michiganmeer de getijden worden waargenomen.

§ **131. Staande vloedgolf.** In den laatsten tijd komt men meer en meer tot de overtuiging, dat elke zee haar eigen vloedgolf bezit, die zich van 't oosten

naar 't westen voortbeweegt. En dit dunkt ons vrij natuurlijk. Nemen we bijvoorbeeld den noordelijken Grooten Oceaan. Aanvankelijk heeft zich, ten minste dit kan men zich zoo voorstellen, een vloedgolf bewogen van het oosten naar het westen. Deze is tegen de Aziatische kust gestuit en werd daar teruggekaatst. Zij kwam daardoor in botsing met de achter haar aankomende golf, en zoo ontstond een staande vloedgolf voor den noordelijken Grooten Oceaan, op dezelfde wijze ongeveer als bij het geluid een teruggekaatste golf met een nieuwe een staande golf vormt. In een eenigszins afgesloten bekken, en ook bijna elke wereldzee is een zoodanig, heeft men dan steeds aan de eene kust (west- of oostkust) hoogwater, terwijl aan de tegenovergestelde zijde laag water wordt waargenomen. De diepte en de uitgebreidheid van het bekken zijn natuurlijk factoren, die de golvende beweging aanmerkelijk wijzigen. Ferrel berekende, dat de wijdte en diepte van den Noord-Atlantischen Oceaan (van N. Foundland—Ierland, breedte 45°, diepte 3,2 kilometer) vrijwel overeenkomen met de verhouding, welke tusschen deze beide grootheden moet bestaan, om de vloedslingeringen aanmerkelijk te versterken. Daar vinden we dientengevolge het grootste verschil tusschen vloed en ebbe.

Fig. 30.



Getijden in den Noord-Atlantischen Oceaan.

Uit den aard der zaak kan men in volle zee geen waarnemingen aangaande de hoogte van ebbe en vloed verrichten. In de nabijheid van de kust wordt door de onregelmatigheid van de landmassa en de stijgende ondiepte van 't water de vloedgolf zoodanig gewijzigd, dat uit die waarnemingen weinig of niets betreffende den vloed in volle zee is op te maken. Bovendien zijn Thomson en Lentz langs verschillende wegen tot het resultaat gekomen, dat de slingeringen van het zeewater aan door hen onderzochte kusten, grootendeels het gevolg waren van den heerschenden wind. Ook valt soms het onderscheid in de geographische breedte weg. Maar eigenaardig is het, dat in een eenigszins afgesloten zeebekken de vloeden langs de kusten opmerkelijke overeenkomst hebben. In Liverpool (type van den Noord-Atlantischen Oceaan, zie fig. 30) vervalt de dagelijksche ongelijkheid, zelfs

Fig. 31.



Getijden in den Noordelijken Grooten Oceaan.

als de maan haar maximum van noorder declinatie bereikt heeft; te Peterpaulowsk (type van den Noordelijken Grooten Oceaan, zie fig. 31) is de dagelijksche ongelijkheid zelfs duidelijk merkbaar, als de maan in het aequatoriaalvlak staat. In de Golf van Tonkin en op Manilla is het dagelijksche onderscheid zoo groot, dat de tweede golf nagenoeg verdwijnt.

§ **132. Haventijd.** We hebben gezien, dat de werkelijke vloedgolf later intreedt dan de theoretische. Den tijd nu, die er verloopt tusschen den doorgang van de maan bij Volle of Nieuwe Maan door den meridiaan en het oogenblik, waarop het daarop volgende hoogwater intreedt, noemt men haventijd. Om een beter overzicht over het verloop der vloedgolf te hebben, bracht Whewell de haventijden der verschillende kustplaatsen in kaart en vereenigde de plaatsen met gelijken haventijd door lijnen, isorachiën genoemd. Deze lijnen zijn voor de kust nauwkeurig; voor de open zee echter niets dan phantaisie-producten. De haventijd voor de verschillende plaatsen leert ons duidelijk, hoe samengesteld, hoe raadselachtig het verloop van de werkelijke vloedgolf is, maar voor eene bepaalde plaats is de haventijd toch steeds dezelfde en wel:

voor Londen 2 uur 45 min.,	voor Hamburg 5 uur 6 min.,
voor Cuxhaven 1 uur 5 min.,	voor Helgoland 11 uur,
voor Cherbourg 7 uur 45 min.,	voor Brest 3 uur 45 min.,
voor Bayonne 3 uur 30 min.,	voor Lissabon 4 uur,
voor Cadix 1 uur 15 min.,	voor Vlissingen 1 uur.

§ **133. Hoogte van den vloed.** Is de tijd, waarop de hoogste stand van het water intreedt zeer ongelijk, reeds met een enkel woord is ervan gewag gemaakt, dat ook de hoogte aanmerkelijke verschillen vertoont. Bijzonder gunstig voor hoogen vloed zijn driehoekige inhammen, daar het water dan in de hoogte moet winnen, wat het aan breedte verliest. Wordt daarenboven de inham langzamerhand ondieper, zoo zal daardoor het verschil tusschen ebbe en vloed aanmerkelijk vergroot worden. In het Kanaal van Bristol stijgt de vloed tot eene hoogte van nagenoeg 16 meter, in de Fundybaai zelfs tot 21,3 meter. Reeds is gezegd, dat in den Noordelijken Atlantischen Oceaan de vloed eene aanmerkelijke hoogte bereikt. In open zee is de hoogte geringer: aan de oevers van eilanden, die ver van de kust liggen, overtreft zij nooit $2\frac{1}{2}$ meter.

Volgende tabel geeft nog voor eenige plaatsen het verschil tusschen ebbe en vloed.

Vlissingen	362 cm.	Brest	450 cm.
Hellevloetsluis	183 »	St. Malo	10 m.
Hoek van Holland	167 »	Liverpool	6 »
Delfzijl	268 »	London	5 »

Vroeger meende men, dat in binnenzeeën geen ebbe of vloed voorkwam, de Phoeniciërs maakten er dan ook eerst kennis mede, toen ze de Zuilen van Hercules

door waren. Echter is het ook weder hier waar, dat nauwkeuriger waarneming de feiten juister deed kennen. Wel is de schommeling in binnenzeeën gering, maar ze ontbreekt geenszins. Zoo is het verschil tusschen ebbe en vloed

in het westen van de Middellandsche Zee	0,6	meter
aan de Fransche kust van de Midd. Zee	0,3	"
in de Syrten	3	"
aan de Deensche kust van de Oostzee	0,3—0,4	"
aan de Duitsche kust van de Oostzee	0,1—0,01	"
in de Zuiderzee: bij Helder	1,42	"
" Medemblik	0,61	"
" Muiden	0,09	"

Zelfs geheel afgesloten meren hebben hunnen vloed: in het Michiganmeer bereikt die eene hoogte van 7 centimeter.

§ **134. De vloedgolf aan den mond van rivieren.** De vloedgolf dringt natuurlijk ook in de monden der rivieren op. Het verval van den stroom wordt daardoor verminderd, het water tot stilstand gebracht en de stroomsnelheid minder. Alleen bij de rivieren, die in den oceaan uitmonden, doet de invloed van den vloed zich rivieropwaarts gevoelen maar dan tot zeer verschillende afstanden. In de Maas tot op 80, in de Schelde tot op bijna 90, in de Elbe tot op 148, in den Ganges tot op 250 en in de Amazone tot op 320 kilometer. Soms rolt de vloedgolf als een watermuur van aanzienlijke hoogte de rivier op, zooals in de Amazone, waar zij Pororoca (10 meter hoog) en in den Ganges, waar zij Bore (6 meter hoog) genoemd wordt. Natuurlijk wordt het verschil in waterstand vergroot door eenen trechtervormigen riviermond; te Vlissingen is het verschil tusschen ebbe en vloed 362 cm., te Neuzen 393 cm., te Bath 441 cm., te Veere 288 cm., te Zierikzee 285 cm., te Wemeldinge 322 cm., te Bergen-op-Zoom 369 cm.

§ **135. De vloedhoogten zijn betrekkelijke waarden.** Bij onze verklaring van de theoretische vloedgolf, hebben we aangenomen, dat de inwendige vaste aardmassa aan geen vormverandering onderhevig zou zijn. Dit is echter aan gegronden twijfel onderhevig sinds Thomson heeft bewezen, dat de vaste massa eveneens een dergelijke beweging (natuurlijk geringer) moet hebben, al bezat zij de hardheid van ijzer of glas. Is dit echter zoo, dan is het nulpunt van de peilschaal geen standvastig punt en meten wij slechts het onderscheid tusschen de beweging van de vaste en die van de vloeibare massa.

§ **136. Invloed van de vloedgolf op de aswenteling.** De vloedgolf volgt de beweging van den schijnbaren loop van zon en maan om de aarde. Daar de genoemde schijnbare loop ontstaat door de aswenteling der aarde in tegengestelden zin, zal de vloedgolf dus ook in tegengestelden zin om de aarde

wentelen, als waarin deze om haar as draait. Door de wrijving van het water en het stuiten tegen de landmassa, die zich op zijnen weg bevindt, zal dus de aswenteling der aarde worden tegengewerkt en in snelheid verminderen. De duur van den dag zal daardoor worden verlengd. Naar de berekening van den Engelschman Adams is de sterredag tegenwoordig dan ook 0,012 seconde langer dan ten tijde van Hipparchus (160—125 v. Chr.).

c. **Zeestroomen.**

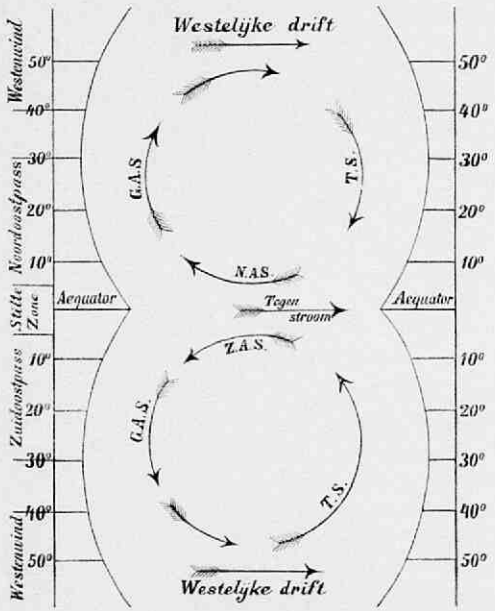
§ **137. Middelen ter opsporing.** Behalve de slingerende beweging van het water, die in nauwe straten en langs de kusten in eene voortgaande kan veranderen, heeft men in het water nog eene andere voorwaartsche beweging opgemerkt. Echter beweegt zich daarbij niet de geheele wateroppervlakte van een bekken in eene richting, integendeel slechts op bepaalde plaatsen bemerkt men den stroom. De zeestroomen in den oceaan hebben daardoor groote overeenkomst met de rivieren op het vastland; ook de eerste komen in duidelijk begrensde beddingen voor, soms zoo beslist begrensd, dat de eene helft van een vaartuig zich in den stroom, de andere helft zich daarbuiten kan bevinden. De oever wordt gevormd door het rustige water, waarin de stroom zijne bedding heeft. Niet alleen aan de beweging, ook aan de eigenschappen van het water kan men den stroom herkennen: verschil in soortelijk gewicht, verschil in temperatuur en verschil in zoutgehalte zijn doorgaans zekerder kenmerken, dan waargenomen snelheid. Franklin was de eerste, die den thermometer bezigde om het verloop van een zeestroom te bepalen. Hij deed dit op zijne reizen van Amerika naar Engeland en terug en leerde den schepelingen, hoe men den Golfstroom kan gebruiken ter bekorting van den weg tusschen de Oude en de Nieuwe Wereld.

Onze kennis van de zeestroomingen is echter niet zoo nauwkeurig, als onze kaarten wel zouden doen denken. Komen er voor, waarvan de grenzen beslist zijn aan te geven, er zijn ook andere, waarvan de uitgebreidheid niet altijd dezelfde is. Betrekkelijk zijn er dan ook weinig stroomen, waarbij de vergelijking met eene rivier op het vastland steeds doorgaat. De Floridastroom tot New-Foundland en de Koeroe-Siwo leenen zich tot deze vergelijking het best. Andere hebben meer veranderlijke grenzen en zijn daardoor niet zoo nauwkeurig bepaald. Sommige zijn bij ongunstige omstandigheden in enkele deelen van hun gebied geheel niet waar te nemen. Daarbij komt nog, dat onze kaarten natuurlijk slechts den algemeenen toestand weergeven.

Bewijzen, dat er werkelijk zeestroomen bestaan, had men reeds in vroegere eeuwen. Amerikaansch drijfhout vondt men aan de kusten van IJsland en Noorwegen. Ook aan de overige gedeelten van Europa's westkust waren voor den tijd van Columbus vaak planten uit Amerika komen aandrijven. In 1823 kwamen te Hammerfest vaten met palmolie aanspoelen, die aan een schip behoorden, dat een jaar te voren aan de kust van Guinea in Afrika was verongelukt; op Jan Mayen

liggen boomstammen, die, klaarblijkelijk uit het binnenland van Noord-Amerika afkomstig, door de Mississippi naar de Golf van Mejico en vandaar naar het noorden gevoerd zijn. Zelfs schijnen in vroegeren tijd Indianen in hunne kano's uit Amerika naar Europa gedreven te zijn. Verder is het bekend, dat Cabral door de zeestroomen tegen zijn wil de ontdekker van Brazilië werd. Al deze feiten bewijzen, dat er strooming in het zeewater is. Meer doet de zoogenaamde flesschenpost. De Duitsche oorlogschepen zijn bijv. op hunne reizen verplicht elken middag eene gesloten flesch in zee te werpen, waarin zich een biljet bevindt, waarop nauwkeurig staat aangegeven, op welke plaats de flesch in zee werd geworpen. De meeste van deze flesschen gaan verloren, slechts enkele worden teruggevonden. Zij geven dan het begin en het einde van den stroom aan, die als vervoerkracht diende. Over de richting tusschen beide punten blijft echter volkomen onzekerheid bestaan. Nauwkeurige kennis van het verloop der zeestroomen kan men alleen verkrijgen met den thermometer en den areometer, terwijl men om de snelheid te meten andere werktuigen heeft uitgedacht.

Fig. 32.



Schematisch verloop der zeestroomen.

§ **138. Schematisch verloop.** Voor we tot eene nadere beschouwing van het verloop der verschillende zeestroomen overgaan, geven we een schema van dat verloop in het algemeen (Zie fig. 32, welke een oceaan van 50° N.B. tot 50° Z.B. met zijne stroomen voorstelt).

Ten noorden van den aequator loopt op 10° B. een stroom in oost-westelijke richting, die men den **Noordelijken Aequatoriaalstroom** noemt. Deze buigt tegen de westelijke kust naar het noorden om (*G.A.S*) en beweegt zich langs die kust tot ongeveer 40° N.B., waar hij eene westelijke richting aanneemt en dus naar de oostkust terugkeert. Tegen deze laatste gekomen buigt hij zich

weder naar den aequator (*T.S.*) en voleindigt een kringloop. Op gelijke wijze heeft de beweging ten zuiden van den aequator plaats.

Ga dit na.

Tusschen beide kringloopen in bevindt zich onder den aequator een stroom, die eene west-oostelijke richting bezit en den **Aequatorialen Tegenstroom** genoemd wordt.

In werkelijkheid wordt natuurlijk dit algemeen verloop door verschillende omstandigheden gewijzigd, we zullen ruimschoots gelegenheid hebben dit op te merken, maar in hoofdzaak kunnen we in elken oceaan ons schema terug vinden.

§ **139. Kringloop in den Noordelijken Atlantischen Oceaan.** De stroomen in den Atlantischen Oceaan zijn het best bekend; wij beschouwen ze daarom het eerst, altijd naar aanleiding van kaart XIII. Tusschen 10° en 20° N.B. vindt men daar den Noordelijken Aequatoriaalstroom. Zijne grenzen zijn niet altijd dezelfde, zooals blijkt uit het kaartje op de volgende bladzijde. In September wordt hij door de parallel van 10° N.B. begrensd; in de overige maanden strekt hij zich meer naar den aequator uit. Tusschen den aequator en 10° Z.B. vinden we den Zuidelijken Aequatoriaalstroom van den Atlantischen Oceaan. De snelheid, waarmede zich het water van deze beide Aequatoriaalstroomen voortbeweegt, is niet altijd en overal dezelfde. Tijdens de zon boven den keerkring staat is zij het grootst, steeds neemt zij van den aequator poolwaarts af. In den noordelijken stroom bedraagt zij gemiddeld 13 tot 14 zeemijlen per dag, zelden overschrijdt zij 18 zeemijlen; in den zuidelijken is zij onder den aequator ongeveer 20, op 10° Z.B. ongeveer 11 zeemijlen per dag. Opmerking verdient het, dat de zuidelijke steeds op het noordelijk halfrond treedt, terwijl de noordelijke minstens 5° van den aequator verwijderd blijft.

1 zeemijl snelheid per dag is 0,0215 meter per seconde. 13 zeemijlen is dus ongeveer $^1/_4$ meter, 20 zeemijlen ongeveer $^1/_2$ meter per seconde.

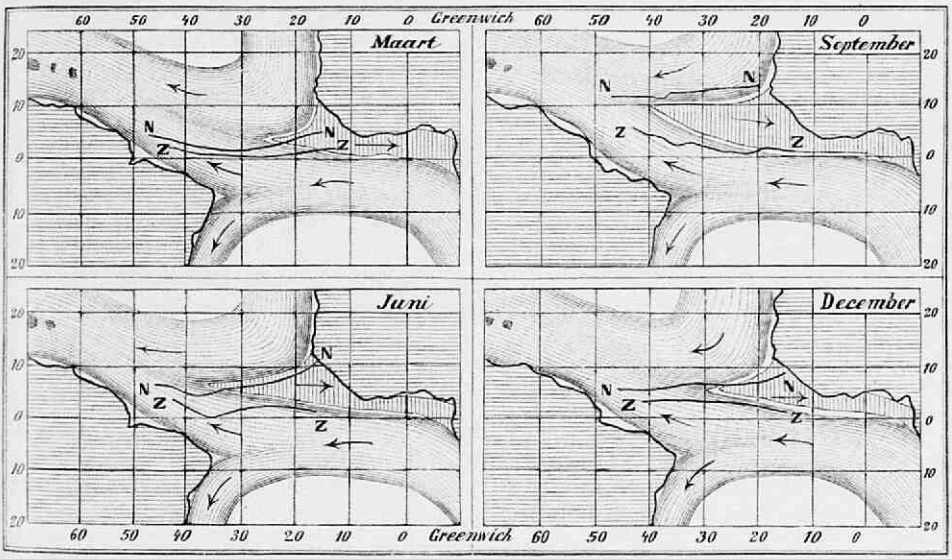
Tusschen deze beide stroomen in, beweegt het water zich naar het oosten en vormt dus een tegenstroom, die in den Atlantischen Oceaan den naam van Guineastroom draagt. Zijne snelheid is grooter dan die der beide andere, in een etmaal toch legt het water een weg van 20 zeemijlen af, soms zelfs van 80. Dit komt overeen met snelheden van bijna $\frac{1}{2}$ tot ruim $1\frac{1}{2}$ meter per seconde. De grenzen van den Guinea-stroom veranderen met de jaargetijden.

Wanneer strekt hij zich 't verst naar 't westen, naar 't zuiden, naar 't noorden uit? Zie fig. 33.

Bij de Zuid-Amerikaansche kaap San Roque wordt de zuidelijke Aequatoriaalstroom door den vorm der landmassa in twee deelen gesplitst. De noordelijke arm vereenigt zich met den Noordelijken Aequatoriaalstroom en wendt zich naar het noordwesten. Weldra verdeelt deze zich andermaal in tweeën: deels toch dringt het water door de straat tusschen Venezuela en Grenada, de vele openingen

tusschen de Kleine Antillen en het kanaal tusschen Haïti en Cuba in de Caraïbische Zee, deels gaat het van de oostzijde der genoemde eilanden naar 't noorden. Den laatsten arm noemt men den Antillenstroom, ook wel den Oceanischen arm. De eerste arm stroomt van uit de Caraïbische Zee naar de Golf van Mejico. Door den ontzettenden aanvoer van water kan deze golf het oorsprongspunt zijn van een kolossalen stroom, die zich bij den Mississippimond duidelijk laat waarnemen en van daar naar de Straat van Florida of de Engte van Bemini loopt. Hier treedt de stroom uit de Amerikaansche Middellandsche Zee en loopt onder

Fig. 33.



Grenzen der stroomen in den aequatorialen Atlantischen Oceaan. De Tegenstroom is loodrecht gearceerd.

den naam van Florida-stroom langs de oostkust van Amerika tot aan kaap Hatteras. Van daar verlaat hij de kust en vertoont teekenen van verval. Hij verdeelt zich in strooken en lost zich in armen op, waartusschen de 3° tot 4° koudere onderlaag te voorschijn komt, zoodat afwisselend koude en warme banden gevormd worden. Men kan aannemen, dat hij in het zuidoosten van de bank van New-Foundland, op 40° W.L., doodloopt.

Oorspronkelijk droeg deze stroom den naam van Golfstroom, aangezien hij uit de Golf van Mejico zijnen oorsprong nam. Vroeger meende men, dat de Floridastroom zich tot de kusten van Engeland en Noorwegen uitbreidde. Dit is gebleken onjuist te zijn, waardoor eene scheiding

in twee stroomen noodzakelijk werd: één langs de oostkust van Amerika tot ongeveer 45° N.B. en 40° W.L., dien wij Floridastroom genoemd hebben, en één daar ten noorden van, die thans nog Golfstroom heet.

De Floridastroom kenmerkt zich door een donkerblauwe kleur, groot zoutgehalte en hooge temperatuur. Deze laatste bedraagt in het Kanaal van Florida bijna 28° C. en neemt naar 't noorden tot ruim 16° af. De breedte wisselt af tusschen bijna 100 en 200 kilometer; de diepte tusschen 800 (bij Florida), 183 (bij de Bermudas) en 100 meter (aan het einde). De snelheid bedraagt gemiddeld bij Cuba 72—120 zeemijlen; d. i. per sec. $1\frac{1}{2}$ tot $2\frac{1}{2}$ meter of eene snelheid, die de Rijn in ons land bij zijn hoogsten waterstand nauwelijks bereikt.

Beschouwen wij nu nog even den Antillenstroom of den Oceanischen arm. Deze buigt zich aan de oostzijde van de Antillen naar 't noorden, loopt daarna evenwijdig aan, misschien nagenoeg vereenigd met den Floridastroom naar 't noorden en 't noordoosten.

Door deze stroomen wordt een groote hoeveelheid warm water naar het midden van den Noordelijken Atlantischen Oceaan gevoerd, waardoor dus de gemiddelde temperatuur van dezen op 40° N.B. aanmerkelijk wordt verhoogd.

Als eene voortzetting van beide stroomen kan de noordoostelijke Golfstroom niet aangemerkt worden, zooals we boven reeds opmerkten; wel kan men den stroom, die naar de kusten van Spanje en Portugal gaat, als zoodanig beschouwen. Deze buigt zich langs de westkust van Afrika naar 't zuiden. We noemen hem Noord-Afrikaanschen-stroom. In tegenstelling met de reeds genoemde beweegt deze zich van hooger naar lager breedte en brengt dus geen warmte aan; juist het tegengestelde is waar, hij is kouder dan het klimaat van de streken, waarheen hij gaat. Vandaar dan ook, dat hij op de kaart blauw is geteekend.

Koude stroomen zijn stroomen, die van hooger breedte komen en dus kouder zijn in betrekking tot de streek, waarheen zij gaan. Warme stroomen komen van lager breedte en zijn dus warm in betrekking tot de streek, waarheen ze gaan.

Zijn alle koude stroomen koud, alle warme warm? Vergelijk de invloed der zeestroomen op het klimaat, § 34.

Tusschen 10° en 40° N.B. hebben we dus in den Atlantischen Oceaan een kringloop van zeestroomen. In het midden van dezen kringloop verkeert het water in rust. Eene menigte planten, door de zee van het strand of van een ondiepen zeebodem losgerukt en door de stroomen medegevoerd, worden daar verzameld. Het zijn voor 't meerendeel wiersoorten (Sargassum bacciferum of Fucus nutans L.), welke vrij in zee rond drijven en eene menigte lagere zeedieren voedsel en woning verschaffen. Naar aanleiding van Humboldt's overdreven beschrijvingen, kregen deze plantenmassa's in de menschelijke verbeelding weldra het voorkomen van uitgestrekte wiervlakten, waardoor een schip zich slechts met moeite kon

heenworstelen. Meer en meer bevestigt het zich echter, dat eigenlijke samenpakkingen slechts zelden worden waargenomen; doorgaans vindt men losse, oppervlakkige strooken van 30—40 meter lengte, die de vaart slechts zeer weinig belemmeren. Laten wij dan ook den naam Sargasso-zee (zoo noemt men deze wiervlakte) onaangetast, men wachte zich voor een overdreven voorstelling.

§ **140. Golfstroom.** Noordelijk van 40° N.B. sluit zich aan den Floridastroom de beroemde noordoostelijke stroom aan, dien wij den naam van Golfstroom laten behouden. Door zijne diepte en uitgebreidheid voert hij een ontzaglijke watermassa naar het noordoosten. Bij de westelijke rotspilaar van Europa, het eiland Rockal (ten westen van Groot-Brittannië) ligt de isothermobate van 5° C. ruim 600 m. dieper dan in den aequatorialen Atlantischen Oceaan. De grenzen van dezen grooten stroom zijn niet altijd dezelfde: in den zomer breiden zij zich het verst naar het noorden uit. Van zijn aanvang breidt hij zich waaiervormig uit, zich vertakkende naar alle richtingen, waar de omstandigheden het toelaten. Een arm dringt in de Baffinsbaai langs de westkust van Groenland ongeveer tot het eiland Disco op 70° N.B.; een tweede arm bespoelt de kusten van IJsland en de westkust van Spitsbergen; een derde arm wendt zich meer naar 't oosten, brengt aan West-Europa warmte en vocht, buigt zich langs Noorwegen tot Nova-Zembla, waar hij echter in de straat tusschen de beide eilanden nog slechts eene diepte van 2 meter bezit; hier loopt hij dus dood. De warme stroom, die in den nazomer bij ijsvrije zee langs de noordkust van Siberië gaat, kan daarom geen uitlooper van den Golfstroom zijn, maar dankt zijn ontstaan aan de Siberische rivieren, voornamelijk aan de Ob en Jenisseï.

Bovengenoemde uitbreiding bestaat alleen in den zomer, in den winter strekt de invloed van den Golfstroom zich niet zoo ver uit, maar altijd werkt hij toch verwarmend op het klimaat van geheel IJsland en geheel Noorwegen.

§ **141. Poolstroomen in den Noordelijken Atlantischen Oceaan.** Uit de Noordelijke IJszee komen drie koude stroomen in dit gebied. In de eerste plaats uit de Baffinsbaai de Labradorstroom, die uit verschillende straten en kanalen van den Amerikaanschen poolarchipel gevoed wordt. Ongeveer bij New-Foundland stuit hij op het warme water door de aequatoriaalstroomen aangebracht. Een gedeelte wendt zich nu langs de oostkust van de Vereenigde Staten naar het zuidwesten en scheidt den Floridastroom van de kust. Deze koude watermassa draagt den naam van Kouden Muur. Vaak voert de Labradorstroom ijsbergen uit het noorden mede. Deze nemen van New-Foundland af vaak hun weg recht naar het zuiden, door het uiteinde van den Floridastroom, een bewijs, dat onder het warme water de poolstroom in de richting naar den aequator voortvloeit.

Langs de oostkust van Groenland begeeft zich evenzeer koud water naar den Atlantischen Oceaan. Deze stroom, de Groenlandstroom, buigt zich bij Kaap Farewell om de zuidspits van dit groote eiland heen en vormt dus eenigermate een

tweeden kouden muur. Bij IJsland stuit hij op een uitlooper van den Golfstroom. In den zomer gaat zijn water deels daaronder door, deels blijft het aan de oppervlakte.

Hier verschilt dus de Groenlandstroom in verhouding tot den warmen stroom, dien hij ontmoet, van den Labradorstroom. Dit verschil is een gevolg van 't verschil in spec. gew. De Floridastroom is zout maar warm, de uitlooper van den Golfstroom bij IJsland minder zout en veel minder warm.

Van de gesteldheid van den Groenlandstroom in den winter is nagenoeg niets bekend, evenmin als van den derden kouden stroom, die tusschen Nova-Zembla en Spitsbergen doorloopt.

Hoe zou dit komen?

In dit overzicht mist men den Rennelstroom, die in de Golf van Biscaye ontstaat. Men komt namelijk tot de overtuiging, dat deze niet met de stroomingen in den Atlantischen Oceaan samenhangt, maar waarschijnlijk een gevolg is van de verplaatsing van de watermassa veroorzaakt door ebbe en vloed.

§ 142. Klimaatverhoudingen van 't noordelijk bekken van den Atlantischen Oceaan. De invloed van de temperatuur van het water op den atmospheer is ontzettend groot. 1 M^3 water geeft, wanneer het 1° C. afkoelt, 1000 caloriën af. De soortelijke warmte van lucht is 0,237 (Zie v. d. Stadt I § 79), het soortelijk gewicht 0,001293, zoodat door die 1000 caloriën ruim 3000 M^3 lucht 1° C. in temperatuur kunnen stijgen, d. i. 3000 maal het volume van het water.

Na de beschouwing van de zeestroomen is ons veel opgehelderd, wat in het klimaat van West-Europa en Oost-Amerika nog raadselachtig was. De poolwaartsche bocht van de isothermen boven 't oostelijk deel van den Atlantischen Oceaan, de aequatoriaalbocht boven 't westelijk deel verschijnen nu als een natuurlijk gevolg. De Golfstroom dekt Europa met een warmen mantel (let wel: niet de Floridastroom). Ook de waaiervormige uitbreiding der oceanische oppervlakte-isothermen, waarvan in § 115 gesproken is, komt ons zeer natuurlijk voor. Tot illustratie geven wij nog het volgende lijstje van klimaatverschillen tusschen beide kusten van den Atlantischen Oceaan.

Graden N.B.	West.	Oost.	Verschil.
70°	Igloolik [1]) jaart. —16,6° C. De Franklin-expeditie komt ten westen van Boothia-Felix om. Eeuwigdurend ijs.	Altengaard [2]) jaart. . . . 1,3° C. In Noorwegen verbouwt men gerst. De haven van Hammerfest is altijd ijsvrij. Geen ijsbergen aan de kust.	18° C.
58°	Nain (boomgrens) . —4° C.	Bergen. . . . . 7° C. Bij Drontheim reeds beuken.	11° C.
50°	Quebec. . . . . 4,6° C. Zeehondenvangst bij Newfoundland. IJsbergen.	Nantes. . . . . 12,6° C. Wijnbouw in Frankrijk en Duitschland. In Ierland blijft het vee het geheele jaar buiten; myrten en laurieren in Zuid-Engeland.	8° C.
40°	New-York. . . . 12° C.	Napels . . . . . 16,7° C.	4,7° C.

[1]) Igloolik is een klein eiland aan de noordkust van 't Melville-schiereiland.

[2]) Altengaard ligt ten Z.Z.W. van Hammerfest; het is het noordelijkste metereologisch instituut der aarde-

Zoek in de temperatuur-tabel van § 43 nog eenige verschillen, die ge met behulp van den invloed der zeestroomen meent te moeten verklaren. Tracht ook het verloop der isanomalen in dit bekken te verklaren.

De invloed van den Golfstroom is aan de westkust van Europa zelfs zoo groot, dat de gemiddelde Januari-temperatuur op enkele plaatsen poolwaarts toeneemt, en dus de zon niet meer de hoofdfactor voor de temperatuurverdeeling is. Dit blijkt uit de volgende tabel, waar de Januari-temperaturen zijn opgenomen van plaatsen, die aan den vollen invloed van de zee zijn blootgesteld.

Plaats.	Breedte.	Jan. t.	Plaats.	Breedte.	Jan. t.
Bordeaux	45°	5,6° C.	Valentia	52°	7.4° C.
Brest	48°	6.3° C.	Stornoway	57°	6° C.
Scilly-eil.	50°	7,7° C.	Thorshaven	62°	3,1° C.

De temperatuur op de Scilly-eilanden is het hoogst.

§ **142. Andere stroomen.** Wenden we ons nu weder naar den Zuidelijken Aequatoriaalstroom, waar deze door Kaap San Roque in twee deelen gesplitst wordt en volgen wij nu het zuidelijke deel. Dit gaat onder den naam van Braziliaansch en stroom langs de kust van Zuid-Amerika naar het zuiden. Verder dan 47° Z.B. komt het echter niet en reeds op 30° Z.B. wendt zijne grootste watermassa zich naar 't oosten, naar de kust van Afrika, waar zij als Benguelastroom naar 't noorden gaat. Daar deze van hooger naar lager breedte stroomt, is hij koud. Op 23° Z.B. heeft het water aan de Afrikaansche kust een oppervlakte-temperatuur van 20° C., aan de Amerikaansche kust van ruim 24° C. Op 10° Z.B. zijn deze getallen 24 en 27.

Wijs met eene lijn het schematisch verloop van de oppervlakte-isotherme van 24° C. aan. Op 35° Z.B. loopen die isothermen nagenoeg evenwijdig met den parallelcirkel. Kunt ge hier de waaiervormige verbreiding ook in ontdekken, waarvan in § 115 gesproken is?

De Braziliaansche stroom loopt echter niet altijd onmiddellijk langs de kust. Langs de oostkust van Patagonië dringt uit de zuidelijke IJszee een koude stroom naar het noorden, de Falklandstroom, waarvan de invloed zich tot Rio Janeiro doet gevoelen. Ten zuiden van den kringloop heeft men in den Zuidelijken Atlantischen Oceaan eene beweging naar het oosten; we betreden dan het gebied van de Zuidelijke IJszee, waarover in dit opzicht nog weinig licht is verspreid.

Vergelijk de beide deelen van den Atlantischen Oceaan met elkander ten opzichte van de warme en koude stroomen en hunne richting. Vergelijk ze ook met het schematisch verloop der zeestroomen, dat we in § 138 hebben gegeven.

§ **143. Overige Oceanen.** Geheel anders van vorm is de Groote Oceaan en deze vorm laat niet na zijn invloed op de zeestroomen te doen gelden.

Tusschen 10° en 20° N.B. vinden we weer een Noordelijken Aequatoriaalstroom, tusschen 0° en 10° Z.B. een Zuidelijken. Ze zijn van elkander gescheiden door een Aequatorialen Tegenstroom, die geen afzonderlijken naam draagt, en daardoor van den Guinea-stroom afwijkt, dat deze zich alleen in het oostelijk gedeelte, gene zich daarentegen over de geheele breedte van den oceaan uitstrekt en dus de beide Auquatoriaalstroomen meer beslist van elkander scheidt. De zuidelijke stoot tegen de oostkust van Nieuw-Holland en buigt zich als Oost-Australischen stroom poolwaarts. Gedeeltelijk vloeit ook het water door de Torresstraat en verdere openingen naar den Indischen Oceaan. Waarschijnlijk buigt zich ook een arm langs de oostkust van Nieuw-Zeeland naar den Antarctischen Oceaan. Het schijnt, dat reeds bij de Lage of Gevaarlijke eilanden zich een zuidelijke stroom van den Auquatoriaalstroom afscheidt, welke zich dan op 40° Z.B. naar het oosten buigt en de Chileensche kust bereikt. Daar wendt hij zich naar 't noorden en stroomt onder den naam van Perustroom tot aan de Golf van Guayaquil langs de kust. Een kleine arm stroomt zuidwaarts om Vuurland heen en vormt den aanvang van den reeds genoemden Falklandstroom.

De Perustroom is koud; zijn water heeft eene temperatuur van 16°—17° C., terwijl dat van den oceaan buiten den stroom een warmtegraad van 25° C. bezit. Bij de Gallapagos-eilanden loopt hij in den Zuidelijken Aequatoriaalstroom uit.

Ten noorden van den aequator vinden we nu eerst den Aequatorialen Tegenstroom en verder poolwaarts den Noordelijken Aequatoriaalstroom. Deze is regelmatiger dan de zuidelijke, maar zijne snelheid is minder groot. Tegen de Philippijnen stootend, wendt hij zich naar 't noorden en volgt dan de oostkust van Azie. Na deze ombuiging draagt hij den naam van Koero Siwo, d. i. zwarte stroom, naar de indigokleur van zijn water. Doorgaans wordt hij als een evenbeeld genoemd van den Florida-stroom,

> Welke overeenkomst heeft hij daarmede en welk verschil kunt ge in den loop van beide stroomen ontdekken?

maar in elk opzicht is hij zwakker. Bij eenigermate krachtige oostenwinden verdwijnt de strooming aan de oppervlakte geheel en al, dus is zijn snelheid gering. Ook is zijn watervoorraad aanmerkelijk minder. Toch heeft men duidelijke bewijzen, dat zijn water tot naar San Francisco aan de westkust van Amerika wordt gevoerd. De Groote Oceaan heeft namelijk niet zulk eene verbinding met de Arctische Zee als de Atlantische: de Beringsstraat is smal. Daardoor buigt de stroom zich geheel naar 't oosten om, begeleidt de Amerikaansche kust, waar hij natuurlijk koud is, en vereenigt zich daarna met den Noordelijken Aequatoriaalstroom, waardoor dus ook hier de kringloop voltooid is. In het centrum van dezen kring bevindt zich een opeenhooping van wier, die wij ten zuiden van den evenaar niet hebben aangetroffen.

Wordt het water van den Noordelijken Aequatoriaalstroom in den Grooten Oceaan zoo beslist tot ombuigen gedwongen, als dat in den Atl. Oceaan plaats vond? Komt in den Grooten Oceaan ook water van 't zuidelijk halfrond in den noordelijken kringloop?

Het warme water van den Koeroe-Siwo bereikt de Beringszee niet. Als standvastige stroom schijnt daar slechts een zwakke beweging naar het zuidwesten te bestaan. De koude stroom, welke langs de oostkust van Noord-Azië te vinden is, ontstaat voornamelijk in de Zee van Ochotsk, bespoelt de westkust van de Japansche Zee (de oostkust heeft een warmen stroom) en eindigt bij het eiland Formosa. Deze heeft dus veel overeenkomst met den Labrador- en den Falklandstroom.

Aangezien het verloop hier hetzelfde is, als in den Atlantischen Oceaan, heeft het stelsel zeestroomen hier gelijken invloed op het klimaat. Wij raden aan de krommingen van de isothermen ook hier in verband te brengen met den loop der zeestroomen. De isanomalenkaart dient ook thans weer ter hand genomen. Tracht ook hier de waaiervormige uitbreiding der oceanische isothermen te begrijpen. De streek, waaruit ze zich verbreiden, ligt van Japan tot de Philippijnen; de streek, waar ze aankomen, van Aljaska tot de Gallapagos-eilanden.

De Indische Oceaan verschilt in zoo verre van de beide vorige, dat hem een uitbreiding en dus ook een stroomstelsel ten noorden van den aequator ontbreekt.

Ten zuiden van den aequator vinden we er echter onzen kringloop weer. Tusschen 10° en 20° Z.B. stroomt de Zuidelijke Aequatoriaalstroom naar het westen. Tegen Madagaskar stuitende loopt een groot gedeelte van zijn water reeds naar het zuiden. Het overige wordt door de oostkust van Afrika deels noordwaarts deels zuidwaarts gedrongen. In het eerste geval voedt het den Tegenstroom, die tusschen 0° en 10° Z.B. voorkomt; in het tweede stroomt het door het Kanaal van Mozambique onder den naam van Mozambiquestroom of Agulhasstroom, vereenigt zich met den anderen zuidelijken arm van den Aequatoriaalstroom en stuit op de koude stroomen ten zuiden van de Kaap de Goede Hoop. Daar neemt hij eene oostwaartsche richting aan, om langs de westkust van Nieuw-Holland, als West-Australische stroom, naar zijn uitgangspunt terug te keeren. Waarschijnlijk wordt een deel van den Agulhasstroom langs het Kerguelen-eiland naar de Zuidelijke IJszee gevoerd.

Ten noorden van den aequator wisselen de stroomen van richting naar gelang van de jaargetijden. Gedurende onzen zomer, ten tijde dus van den zuidwestmoesson, beweegt zich het water van de Arabische Zee en de Bengaalsche Golf naar het oosten en vormt ten zuiden van Ceylon een sterken stroom. Gedurende onzen winter, ten tijde van den noordoostmoesson, is de richting juist eene omgekeerde en wordt er weder ten zuiden van Ceylon een sterke stroom gevormd. Hier bewegen zich dus jaar in jaar uit groote watermassa's zonder zich met poolwater te vermengen.

Ook in de Chineesche Zee loopt de stroom in dezelfde richting als de wind.

In den Antarctische Zee gaat rondom de geheele aarde een sterke stroom

naar het oosten, doorgaans naar 't noordoosten. Deze stroom strekt zich minstens tot 60° Z.B. uit. Daar eindigt onze kennis van de stroomingen in de Zuidelijke IJszee.

§ **144. Invloed van de zeestroomen.** Om het belang voor ons werelddeel hebben we den invloed van de zeestroomen in het noordelijk bekken van den Atlantischen Oceaan in een afzonderlijke paragraaf reeds aangewezen. Nu willen we dien meer in het algemeen nagaan. In de eerste plaats letten we weder op den invloed op het klimaat. In het algemeen kan men zeggen: **zeestroomen verbreiden**, even als de winden maar veel meer dan deze, **het klimaat van hun oorsprong naar hun einde**. Komen ze van hooger breedte dan zijn ze koud, in het tegenovergestelde geval warm. Nemen we nu de isothermenkaart ter hand, zoo zullen ons enkele bochten zeer begrijpelijk voorkomen. Beproef de volgende te verklaren:

Op kaart I: de aequatoriale bocht aan de westkust van Californië;
de aeq. bocht aan de westkust van Afrika;
de aeq. bocht aan de oostkust van N.-Amerika ten noorden van 40° N.B.;
de poolwaartsche bocht langs de westkust van Europa;
de aeq. bocht aan de oostkust van Azië;
de aeq. bocht aan de westkust van Zuid-Amerika;
de aeq. bocht aan de westkust van Zuid-Afrika.
Wat zou de oorzaak kunnen zijn van het afbreken van de streek van 25° C. en daarboven aan de westkust van Middel-Amerika?
Zoek nu op kaart II en III zelf de bochten en verklaar ze, zoover ge dit kunt.
Neem nu kaart IV. Waarom zijn de westkusten van Zuid-Amerika en Zuid-Afrika te koud? Waarom de noordelijke oceanen te warm?
Natuurlijk is de zeestroom voor dit alles dikwijls niet de eenige oorzaak, zooals we vroeger reeds verklaard hebben.

Wanneer warme stroomen in koudere streken aankomen, geven zij aanleiding tot het vormen van depressie's. Vandaar draagt de Floridastroom den naam van stormkoning. Waar koude en warme stroomen op elkander stuiten worden dichte nevels gevormd.

Tracht te verklaren, hoe dergelijke depressie's en nevels ontstaan.

In de tweede plaats zijn de koude stroomen vervoerders van visschen en zeezoogdieren. Daar waar zij op warme stooten worden deze zeedieren in hunnen voortgang gestuit. New-Foundland, de Bassstraat, de Gallapagos-eilanden, de kusten van Japan zijn de tooneelen van den vangst. Ook op de Sandwichseilanden verzamelen zich vele walvischvaarders die op de walvisschen jagen, welke zich met de weekdieren van het Sargassomeer des Grooten Oceaans voeden. Hout wordt door de zeestroomen vervoerd. Daardoor verkrijgen de boomlooze streken het onontbeerlijke brandhout. Zoo visschen de bewoners van IJsland het drijfhout, dat de Golfstroom aan hunne kusten brengt, de bewoners der Aleoten, dat wat de Koeroe Siwo medevoert.

Eindelijk zijn de zeestroomen ook van grooten invloed op den duur en de richting van eene zeereis. Met den stroom mee dreef Cabral naar Brazilië, voeren de

Maleiers uit hun geboorteland naar Madagaskar, de Phoeniciërs waarschijnlijk naar Indië, de Arabieren naar het oosten van Zuid-Afrika, de Noormannen uit IJsland naar Groenland en naar Amerika. Groot is het verschil in duur der reis. Ten tijde van Franklin legden de Amerikaansche schepen den weg van Europa naar Amerika in 14 dagen minder tijd af dan de Engelsche, omdat de schippers der eersten den Golfstroom wel, die der laatsten hem niet kenden. Van Callao uit bereikt men Valparaiso in 21 dagen, terwijl men voor de terugreis slechts 14 dagen noodig heeft.

Als men van Liverpool naar Melbourne gaat, stoomt men dicht bij kaap San Roque en ten zuiden van Tristan da Cunha langs. Zou dat alleen om den wind zijn (Zie § 73)? Houdt de stoomvaartmaatschappij Nederland in den Indischen Oceaan ook rekening met de stroomen?

§ **145. Oorzaken der zeestroomen.** Hebben we er op gewezen, dat de richting der zeestroomen dikwijls nog alles behalve nauwkeurig bekend is, over de oorzaken heerschen nog de meest verschillende theorieën. We zullen ons slechts bezighouden met die welke ons het waarschijnlijkste voorkomt. Als factoren, die zeestroomen in het leven kunnen roepen, komen in aanmerking de warmte, het zoutgehalte, de aswenteling der aarde en de winden.

De warmte van de zon dringt niet dieper dan 180 meter onder de zeeoppervlakte door en is dus niet geschikt om een grooten zeestroom in het leven te roepen. Bij den dampkring is dit geheel iets anders, daar werd de onderste laag door verwarming lichter; hier zou het juist de bovenste zijn. Wel wordt door de verdamping de bovenste laag zouter en zal dus zinken, maar daardoor ontstaat eene verticale beweging van geringe grootte, geen horizontale van een bepaalde watermassa te midden van het overige water. Daarenboven verschilt de gemiddelde temperatuur van een waterzuil in de tropen nog geen 3° C. met een van gelijke diepte in de poolzeeën en hun afstand bedraagt meer dan 8000 kilometer.

Het verschil in zoutgehalte is evenzeer te gering om stroomingen van een dergelijke uitgebreidheid en een dergelijke snelheid in het leven te roepen. Immers we hebben gezien, dat het spec. gewicht van het zeewater tusschen 1,024 en 1,028 ligt.

Verder komt de aswenteling der aarde in aanmerking. Dat deze van invloed is, blijkt uit de richting der zeestroomen. Op het noordelijk halfrond wijken de meridionale stroomen naar rechts, op het zuidelijk halfrond naar links af.

Zijn hierop ook uitzonderingen?

Intusschen kan de aswenteling de oorzaak der zeestroomen niet zijn, al heeft ze invloed op de richting.

Zoo blijven ons **alleen de winden** over.

§ **146. Overeenkomst tusschen het oceanisch windsysteem en het verloop der zeestroomen.** Om deze overeenkomst duidelijk te zien leggen we kaart XIII naast kaart VII. In den Atlantischen Oceaan zien we de

Noord-Atlantische cyclone boven den Golfstroom, den Groenlandstroom en den Labradorstroom; het Subtropisch maximumgebied boven het midden van den kringloop; passaatwinden boven den Noord-Afrikaanschen en den Noordelijken Aequatoriaalstroom. Boven den zuidelijken kringloop ligt het zuidelijk maximumgebied; ja de wind maakt vrijwel denzelfden kringloop als de stroom. Boven den Grooten Oceaan is de overeenkomst niet zoo groot. Het Noord-Pacifische maximumgebied scheidt hier echter nog duidelijk oostelijke en westelijke stroomen, de eerste ten noorden ervan onder de westenwinden [1]) de tweede ten zuiden ervan onder de oostelijke passaten. Ten zuiden van den aequator is de overeenkomst in kringloopen in het oostelijk gedeelte van den Oceaan weer opmerkelijk groot, evenals in den Indischen Oceaan ten zuiden van den aequator. De Florida-stroom en de Koeroe-Siwo bewegen zich in tegenovergestelde richting als de wind, die over hen heen waait.

Het duidelijkste bewijs, dat de winden de bewerkers der stroomen zijn, vindt men wel hierin, dat in den Indischen Oceaan de stroomen met de moessons wisselen. Wijzen we nu nog op een paar andere overeenkomsten. De zuidoostpassaat dringt evenals de Zuidelijke Aeq. stroom bij kaap San Roque tot aan den aequator door; van de kust van Afrika blijven beide verwijderd: daar vinden we in Januari tusschen 0° en 10° Z.B. een moessonachtige afwijking van den wind en een anderen stroom. Onze fig. 32 vertoont duidelijk overeenkomst tusschen de verschillende grenzen der passaten en die der stroomen.

De passaatgrenzen zijn door de lijnen NN en ZZ aangegeven.

De Tegenstroom bevindt zich in den Atlantischen en den Grooten Oceaan op het noordelijk halfrond evenals de stiltegordel tusschen de passaten. Vergelijk ook nog kaart VIII met kaart XIII.

§ 147. Hoe de wind een standvastigen stroom kan veroorzaken.

We hebben bij de golfbeweging gezien, dat het water door den wind voorwaarts gedreven wordt.

Het kan ons dus niet verwonderen, dat de luchtstroomen het water aan de oppervlakte van den oceaan in beweging kunnen brengen. De vraag blijft echter, of deze beweging zich onbegrensd naar de diepte voortplant. Denken we ons een oceaan, waarin het water geheel in rust verkeert en op welks oppervlakte een luchtstroom in eene bepaalde richting begint te werken om nimmer te eindigen. Aanvankelijk zal alleen de laag aan de oppervlakte den invloed van den wind ondervinden, maar door de wrijving der waterdeeltjes zal de ontstane beweging zich mededeelen aan de volgende laag. Deze deelt hare beweging op hare beurt mede aan de derde laag en zoo gaat het voort, tot de gansche watermassa eenen stand-

[1]) De winden worden genoemd naar de streek, waaruit ze waaien, de stroomen naar de streek, waarheen ze gaan. Een westenwind heeft dus dezelfde richting als een oostelijke stroom.

vastigen toestand van beweging heeft aangenomen en wel zoodanig, dat de snelheid aan den bodem = 0, en op de halve diepte gelijk is aan de halve snelheid van de laag aan de oppervlakte. Deze voortplanting van de beweging naar de diepte heeft uiterst langzaam plaats, zooals uit de volgende getallen te zien is. Op 100 meter diepte zal na 41 jaar de snelheid $\frac{1}{10}$ van die aan de oppervlakte bedragen; na 239 jaar $\frac{1}{2}$ daarvan. Op 2000 meter diepte zal na 10000 jaar de snelheid 0,037 van die aan de oppervlakte bedragen, na 100000 jaar 0,461 daarvan en na 200000 jaar 0,499. Na 200000 jaar zal dus nagenoeg de nieuwe stationaire bewegingstoestand bereikt zijn in een oceaan die 2 × 2000 meter of 4000 meter diep is.

Is die toestand bereikt en houdt de wind daarna op te werken, dan keert de toestand van rust weer even langzaam terug, maar deze verandering begint van onderen.

We hebben hier gesproken van een luchtstroom, die zijne richting niet wijzigde en verkregen daardoor het eenvoudigste resultaat. Iets samengestelder is dit, waar de wind niet steeds uit denzelfden hoek waait.

Stellen we ons weder een oceaan voor in den toestand van rust en verdeelen we haar in waterlagen, die wij van boven naar beneden met de letters A, B, C, D, E, enz. aanduiden, zoodat laag A aan de oppervlakte ligt, daaronder laag B, vervolgens laag C, enz. Strijkt er nu eenigen tijd een krachtige zuidwestenwind over laag A, dan zal deze eene beweging naar het noordoosten aannemen. Waait de wind lang genoeg, dan deelt A hare beweging mede aan B, B op hare beurt aan C, enz. Houdt de wind een jaar lang aan, dan is op 10 meter diepte de snelheid $\frac{1}{13}$ van die aan de oppervlakte, op 100 meter diepte is zij dan nog niet merkbaar. Stellen we ons voor, dat de wind naar het noordoosten draait, als laag E, in beweging is gebracht. Door de nieuwe windrichting wordt de beweging van A en dus ook die van B, C, D en E verzwakt. Na een oogenblik van rust vangt A de beweging naar het zuidwesten aan. Dan hebben we dus twee tegengestelde bewegingen boven elkaar: A gaat naar 't zuidwesten, B, C, D en E naar 't noordoosten. De beweging van A werkt die van B tegen, verzwakt haar en keert haar eindelijk om. Waait de noordoostenwind evenlang als de zuidwesten, dan zal ook de beweging van E vernietigd worden; waait hij korter, dan houdt E hare beweging, misschien ook D en C, terwijl A dan weer aan een nieuwen luchtstroom moet gehoorzamen.

Bij wisselenden wind heeft dus de stroom in de diepere lagen eene andere richting dan in de bovenste. Bovendien kan de beweging zich niet ver in de diepte voortplanten: zij blijft dus oppervlakkig. De stroomen in het noordelijk gedeelte van den Indischen Oceaan kunnen dus niet diep zijn. In gebieden met wisselende winden zal op eenige diepte echter de stroom te vinden zijn, die in richting overeenkomt met den meest heerschenden wind.

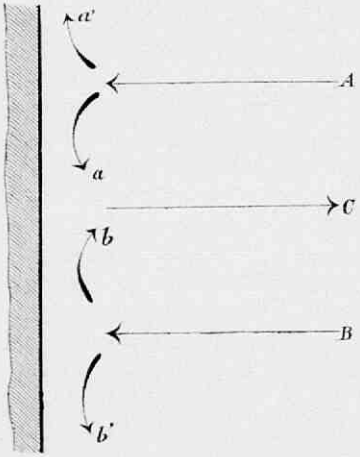
De stroomen, die steeds aanwezig zijn, noemen we **constante stroomen**; die, welke met den heerschenden wind wisselen, **driftstroomen.**

§ **148. Invloed van den vorm der landmassa op de stroomrichting.** Gaan we nu op de kaart de stroomen nog eens na in verband met de winden, dan zien we de Aequatoriaalstroomen verschijnen als gevolgen van de passaatwinden, die duizenden bij duizenden van jaren over de tropische oceanen heenstreken; we ontmoeten hen dus als constante stroomen.

Meer poolwaarts dan 40° breedte komen we in het gebied der wisselende winden. We vinden daar dus wisselende stroomen aan de oppervlakte. Maar evenals de hoofdrichting van den wind westelijk is, zal de zeestroom oostelijk zijn. De Golfstroom is dus een driftstroom, even als de Groenlandstroom en de Labradorstroom. De moessonsstroomen zijn dat eveneneens.

De kringloopen schijnen echter hier en daar den spot met de windtheorie te drijven en de Aequatorialen Tegenstroom, waarboven de stiltegordel ongeveer ligt, doet dat voor ons nog in hooge mate. Toch is dit in werkelijkeid niet het geval. Al is de wind namelijk de oorzaak der beweging dan behoeft hij daarom niet overal de richting dier beweging te bepalen. De waterdeeltjes, die eenmaal in beweging zijn, hebben eene neiging om in beweging te blijven en gaan op den ingeslagen weg voort, al geraken ze buiten het windgebied. Maar ze zijn aan de grenzen van den oceaan gebonden, en wel zoodanig dat elke Aequatoriaalstroom stuit tegen een landmassa, die hem den weg volkomen verspert. Wat nu gebeurt, zal de nevenstaande figuur ons doen zien.

Fig 34.



Zij de gearceerde wand de oostkust van eene landmassa en *A* en *B* twee Aequatoriaalstroomen, die tegen haar stuiten. Door deze belemmmering zal in ons geval elke stroom zich verdeelen in twee takken, een noordelijken en een zuidelijken, in de figuur door *a* en *a'*, *b* en *b'* voorgesteld. Deze bezitten dezelfde stroomsnelheid, maar de halve breedte van den oorspronkelijken stroom. De zuidwaartsche stroom van den noordelijken en de noordelijke van den zuidelijken ontmoeten elkander en, daar er geen andere uitweg bestaat, vullen zij de ruimte tusschen de oorspronkelijke stroomen, vloeien

in tegengestelde richting en vormen den tegenstroom *C*. In de natuur zijn de omstandigheden niet geheel, zooals we ze stelden. De oostkusten der werelddeelen staan niet loodrecht op de stroomrichting; bovendien bezitten ze eene menigte bochten en stijgen niet loodrecht maar glooiend uit de oceaandiepte omhoog, zoodat de tegenwerking reeds ver van de kust een aanvang neemt. Toch vinden we in elken oceaan een Aequatorialen Tegenstroom.

Intusschen is het er verre af, dat deze theorie over het ontstaan van den Tegenstroom door ieder als de ware erkend wordt. Een groot raadsel blijft ons daarbij n.l. onopgelost en wel dit, dat de Guinea-stroom alleen in het oostelijk deel van den Atlantischen Oceaan te vinden is. De voortbrengende kracht schijnt dus meer in het oosten te moeten liggen. Dit is de voornaamste grond, waarop anderen aannemen, dat de tegenstroomen reactie-verschijnselen zijn. In onze rivieren kunnen we boven kribben dergelijke reactie-stroomen vaak opmerken.

Door den invloed van den vorm der landmassa gaan ook de takken van de aequatoriaalstroomen poolwaarts, zoodat we ons niet behoeven te verwonderen, dat boven de Floridastroom in Januari een tegengestelde wind waait.

De zeestroomen, die door den wind worden veroorzaakt, kan men dus als volgt groepeeren:

A. **Constante stroomen**:

1. Passaatstroomen, waartoe behooren
   a. Koude stroomen aan de westkusten der continenten,
   b. Aequatoriaalstroomen en
   c. Oostelijke terugkeerende stroomen.
2. Uitloopers van passaatstroomen:
   a. Warme stroomen aan de oostkusten der continenten en
   b, Aequatoriale Tegenstroomen.

B. **Driftstroomen**:

3. Moessonstroomen in den Indischen Oceaan en de Chineesche Zee,
4. Oostelijke stroomen in het gebied der veranderlijke winden en
5. Poolstroomen.

Als de wind de zeestroomen veroorzaakt, is het dan ook begrijpelijk, dat de aswenteling der aarde invloed heeft op de richting? Is die invloed middellijk of onmiddellijk?

Hoe de groote hoeveelheid water, die van den aequator naar de pool wordt gevoerd, naar den eersten terugkeert, is niet met zekerheid te zeggen. De koude stroomen zetten zich onder de warmere doorgaans nog een eind voort. Bovendien hebben we gezien, dat in den Antarctischen Oceaan de geheele watermassa eene beweging naar 't noordoosten heeft. Van meer waarde in deze zijn de temperaturen aan den bodem van den oceaan, die ons overtuigend hebben doen zien, dat koud water uit de poolzeeën naar den evenaar dringt. Echter geschiedt dit niet in den

vorm van stroomen, de geheele massa schijnt zich langzaam voort te bewegen (Zie § 118).

§ **149. Zeestroomen uit andere oorzaken.** Voor we van de zeestroomen afstappen, willen we nog wijzen op locale stroomingen, die, in tegenstelling met de genoemde oceanische, door locale omstandigheden worden in het leven geroepen. Een van de voornaamste factoren is vaak het verschil in spec. gewicht. Denken we ons twee glazen vaten, die met elkander in verband staan, door twee buizen, een van boven en een aan den bodem, welke door kranen kunnen gesloten worden (Teeken twee zulke vaten). Vullen we het eene vat met olie en het andere met water, na de kranen gesloten te hebben. Openen we nu de kranen, dan zullen we in de verbindingsbuizen stroomen bemerken; in de bovenste zal de olie naar het watervat vloeien, in de onderste het water naar het olievat. Even als tusschen deze vaten, ontstaat tusschen twee bekkens, gescheiden door een nauwe straat, een boven- en een benedenstroom, zoodra het spec. gew. aan weerszijden der straat verschillend is. **Er ontstaat dan altijd een bovenstroom van het lichtere naar het zwaardere bekken, een benedenstroom van het zwaardere naar het lichtere.**

Verschil in spec. gewicht ontstaat door verschil in verhouding tusschen verdamping en toevoer van zoetwater (Zie § 113). Als voorbeeld nemen we de Middellandsche Zee. Het zuidoostelijk bekken ligt in warmer gebied dan het westelijk en noordoostelijk, de verdamping is er dus grooter. De toevoer van rivierwater is geringer, al is de Nijl soms een ontzaglijke stroom. Daaruit laat zich dus het grooter zoutgehalte in het zuidoostelijk bekken verklaren. De Straat van Konstantinopel en die tusschen Italië en Tunis zijn de wegen, waardoor de uitwisseling plaats heeft; men zal daar dus een stroom van zwaarder water op den bodem, van lichter water aan de oppervlakte aantreffen.

Het westelijk bekken van de Middellandsche Zee bevat water van grooter spec. gewicht dan de Atlantische Oceaan.

De Oostzee en de Noordzee liggen nagenoeg onder gelijk klimaat, maar de eerste krijgt grooten toevoer van de rivieren, is dus minder zout en bevat soortelijk lichter water.

Welke stroomen gaan dus in de Straat van Konstantinopel, van Gibraltar, de Sicilische Straat, in de beide Belten en in de Sond?

Daar het verschil in spec. gewicht een gevolg is van verdamping en weinig toevoer, zal het lichtere bekken meer water moeten afgeven dan ontvangen, want de niveau's trachten gelijk te blijven. De bovenstroom moet dus altijd de sterkste zijn. Is de straat zeer ondiep, zoodat er als het ware geen onderste verbinding bestaat, dan verdwijnt de benedenstroom en vloeit alleen het water weg, dat door de rivieren meer aangevoerd wordt, dan er verdampt.

De stroomen door eb en vloed, of aan de monden van rivieren door deze te

voorschijn geroepen, gaan we stilzwijgend voorbij. Tusschen eilanden of in nauwe straten bij onregelmatige kustvormen ontstaan vaak draaikolken, waarvan de kracht in vroegere tijden tot in het fabelachtige werd vergroot. Het meest bekend zijn de draaikolk bij de rots Scylla op de Calabrische kust van de Straat van Messina en de Charybdis bij de stad Messina; de Maalstroom of Moskoestroom, tusschen de Lofoden-eilanden Moskoe en Möskenäs. Aan verbrokkelde kusten komen ze eveneens veelvuldig voor. Deze draaikolken staan in verband met wind, ebbe en vloed, locale stroomen, enz.

DE LITHOSPHEER.

§ **150. Verdeeling der stof.** Na den atmospheer en den hydrospheer blijft ons nu ter behandeling over de lithospheer of het vaste gedeelte van de aarde. Wij blijven daarbij echter grootendeels aan de oppervlakte en nemen het inwendige alleen dan in onze beschouwing op, wanneer daarvan krachten uitgaan, die invloed op de oppervlakte uitoefenen, gelijk trouwens de geheele natuurkundige aardrijkskunde een wetenschap is van de verschillende werkingen op de aarde in haar onderling verband. Bij den lithospheer komen dus ter sprake:

1° de horizontale vorm; d. i. de vorm, dien hij bezit, wanneer men hem afbeeldt op een horizontaal vlak. Hierbij behoort dus de verdeeling in vastlanden, schiereilanden en eilanden, de vorm van de kust en de veranderingen, welke daarin plaats grijpen.

2° de verticale vorm; d. i. de vorm, dien men verkrijgt, wanneer men den lithospheer langs een verticaal vlak doorsnijdt. Hiertoe behoort dus het verschil tusschen hoog en laag, de beschouwing der gebergten, enz.

3° de krachten, die storend op die vormen inwerken. Hiertoe behooren zoowel onderaardsche als dezulke, die alleen aan de oppervlakte werken; zoowel vulkanisme en aardbeving, als de vernielende en opbouwende invloed van het water, de verweerende kracht van lucht en warmte en de werkingen van planten en dieren.

Tot gemakkelijker groepeering nemen we de werking van de zee op de kust onder de eerste afdeeling, ofschoon ze volgens het begrip tot de laatste zou behooren: terwijl we ten laatste als vierde afdeeling toevoegen een beknopt overzicht der bestanddeelen van den lithospheer en der wordingsgeschiedenis van de aarde.

HORIZONTALE VORM VAN DEN LITHOSPHEER.

A. Kustveranderingen.

§ **151. Voorkomen der kust.** Daar we den oceaan hebben beschouwd, kunnen we thans geleidelijk de grens tusschen water en land in oogenschouw nemen, waaraan men den naam van kust geeft. De kust is echter niet de wiskunstige grens, zij behoort tot de landmassa, daarvan vormt zij den uitersten rand. Zij kan steil en vlak zijn, vandaar dat men twee hoofdvormen onderscheidt: steilkusten en vlakke kusten.

In enkele gevallen heerscht over eene groote uitgestrektheid dezelfde soort van kustvorm. Zoo heeft men bijvoorbeeld van Chiloë op 42° Z.B. tot de Puget-sond op 49° N.B. langs de westkust van Amerika eene bijna onafgebroken steilkust, terwijl aan de oostkust van Kaap Hatteras tot in Midden-Amerika het land vlak in zee afloopt. Maar veeltijds wisselen de beide vormen elkander af, zooals b.v. in Italië en aan de oostkust van Spanje, waar vlakke streken zich tusschen de hoogere kusten tot aan de zee uitstrekken.

Doorgaans valt de steilkust loodrecht naar omlaag en peilt men op geringen afstand in zee reeds een aanmerkelijke diepte, ofschoon het niet noodzakelijk is, dat daar reeds oceaandiepte gevonden wordt. Het zijn veilige kusten, wanneer zij niet door klippen worden omzoomd en bevatten doorgaans natuurlijke havens. Slechts waar de hoogvlakte zich tot aan het water voortzet, vormt zij een onafgebroken geheel zonder baaien en havens, b.v. de kusten van de Austraalgolf, de Fransche kust tusschen de Seine en de Somme (de zoogenaamde Falaises). Als voorbeeld van een havenrijke steilkust dienen ons de kust van de Vereenigde Staten ten noorden van Kaap Hatteras, die van Engeland van den Theemsmond zuidwaarts om tot Liverpool, en de noord- en noordwestkust van Spanje; in Azië onderscheidt zich vooral de Kust van Malabar en in Australië de zuidoostkust met hare talrijke baaien.

Soms echter bestaat de steilkust uit onregelmatige rotsen en wordt dan omzoomd door tal van klippen en eilanden, die de nadering zeer gevaarlijk maken. Door de nauwe engten kunnen zich alleen vaartuigen van geringe diepte bewegen. Alleen de zeeman, die er door en door bekend is, waagt zich tusschen de vele klippen en eilanden in. Zoo is de kust voor de vreemdeling ongenaakbaar en verschaft den bewoner een veilig toevluchtsoord. Vandaar, dat deze klipkusten de broeinesten waren van zeerooverij, zooals de kust van Dalmatië ten tijde der Romeinen, de kusten van Noorwegen in de Middeleeuwen; in de negentiende eeuw geeft nog El Ahsa aan de Perzische Golf een voorbeeld ervan.

Fjordkusten en koraalkusten zijn bijzondere vormen van klipkusten. Steilkusten kunnen ook voorkomen in het laagland, namelijk daar, waar dat laagland eenigszins het karakter van hoogland aanneemt, al verheft het zich nu juist niet tot 300 meter

en daarboven. Zoo bezit Rügen een prachtige steilkust, ofschoon het voorgebergte Arcona maar 55 meter hoog is.

Vlakke kusten ontstaan door de langzame voortzetting van de laagvlakte onder den zeespiegel. Vandaar dat een groot gedeelte ervan bij vloed overstroomt en bij ebbe droog ligt. Dit gedeelte noemt men het strand. In de tropische landen is dit strand met ondoordringbare wouden van mangroven of wortelboomen bezet. Vlakke kusten zijn natuurlijk arm aan havens; de schepen, ja zelfs de visscherspinken kunnen niet dicht aan den wal komen. Daarom vindt men alleen havens, waar kunstmatig bassins zijn uitgegraven of waar rivieren in zee uitmonden. Bovendien maken tal van zandbanken het naderen hoogst gevaarlijk, waardoor een stelsel van betonning noodzakelijk is, evenals bij de klipkusten. Om het gevaar en de havenarmoede is de IJzeren kust van Jutland gevreesd, evenals de westkust van de Sahara. Bijzonder gevaarlijk is een vlakke kust, als de zee op eenigen afstand plotseling diep wordt. Dan ontstaat er een woedende branding.

Wordt de voortgang van de golf dan belemmerd?

Vooral de Kust van Koromandel is in dit opzicht berucht; hier ankeren de schepen in open zee en alleen aan de inwoners gelukt het, zich door de branding heen te werken.

Duinkusten zijn bijzondere vormen van vlakke kusten.

We hebben dus het volgende schema:

1e Steilkusten.

a. Steilkusten in engeren zin;

b. Klipkusten, waartoe fjord- en koraalkusten behooren.

2e Vlakke kusten, waartoe duinkusten behooren.

§ **152. Strijd tusschen land en zee.** Water en land, hoe rustig ze soms ook naast elkander kunnen liggen, zijn met elkander in voortdurenden strijd: onophoudelijk wordt de kust door de golven en de zeestroomen bedreigd; wind en getijden brengen de zee in beweging en deze beukt eeuwigdurend de kust, die langzaam onder hare slagen bezwijkt. De kracht van het water kan niet gemakkelijk overschat worden. Blokken van 100 centenaars worden vaak verplaatst, ja bij Biarritz werd een rotsblok van 34000 K.G. 10—12 meter voortgeworpen en men kent een voorbeeld, waarbij een van 43000 K.G. 1½ meter verplaatst werd. Bij den vuurtoren van Bell-Rock (voor de Tay-baai in Schotland) oefent de branding een kracht uit van bijna 20000 K.G. en bij de Skerryvore (vuurtoren in de Hebriden, ten westen van 't eiland Jona en den ingang van de Firth of Lorn) zelfs van 30000 K.G. per vierk. meter.

Natuurlijk is de kracht van de branding niet altijd even groot en bovenstaande getallen zijn maxima. Die kracht is afhankelijk

1e van de sterkte van den wind,

2e van de windrichting. Staat deze loodrecht op de kust, dan oefent de wind zijn volle kracht er op uit en wordt de invloed van het water vermeerderd met den geheelen winddruk.

3e van de hoogte der vloedgolven, indien er branding door zulke golven ontstaat.

Noem een paar plaatsen, waar de vloed eene ontzettende hoogte bereikt.

§ **153. Vernieling van steilkusten.** Het karakter van den strijd tusschen de landmassa en den oceaan, die haar belegert en onophoudelijk aanvalt, is niet overal gelijk; bij de steilkust levert het een geheel anderen aanblik op dan bij de vlakke kust. Waar een rots zijn hoofd tot in den oceaan verheft, heeft deze de oceanische helling in een loodrechten wand herschapen. Door den stoot bij elke golf, die het rotsgevaarte raakt, worden kleine stukken van de massa afgescheurd. Zij vallen in zee en worden later weer met kracht tegen de kust geslingerd, waar ze nieuwe vernieling veroorzaken. Evenzoo werken ijsschotsen ten nadeele van het vastland, zoodat dit hoe langer hoe verder voor het vloeibare element terugdeinst.

Bij het woedende geweld der baren komt nu nog de scheikundige invloed van het zeewater, dat tegen den rots wordt geworpen. Dit toch lost vaak enkele deelen van de vaste steenmassa op, maakt haar poreus en des te gemakkelijker valt zij ten prooi aan haar natuurlijken vijand. De vernieling maakt de grootste vorderingen in een streek, waarvan de bovenste en de onderste grenzen iets hooger liggen, dan die van hoog en die van laag water. Daar wijkt dus de rots het spoedigst en het hoogere gedeelte hangt weldra over de woedende golven heen, tot het zijn steunpunt door de ondermijning verliest en met donderend geweld omlaag stort. Vaak vormt het op deze wijze gevormde gruis een soort van wal, die de kracht der golven breekt en dus de kust voor verdere aanvallen behoedt; maar is de zee diep genoeg, dan begint de ondermijning opnieuw.

De eindvorm, die door dit vernielingsproces ontstaat, is doorgaans een soort van terras, dat op nagenoeg gelijke hoogte met den zeespiegel ligt en langzaam tegen de kust oploopt, tot zich de oorspronkelijke rotswand daarop loodrecht verheft. Zoodanige terrassen vormen den bodem van de continentaalzee (Zie § 110). Natuurlijk hangt het ook van het weerstandbiedend vermogen der kustgesteenten af, of de vernieling snel of langzaam, regelmatig of onregelmatig voortgaat. Treedt een zachter gesteente tusschen hardere aan de kust, dan zal dit spoediger worden weggeslagen en er ontstaat een inham, die een natuurlijke haven vormt.

Waarom zijn nu steilkusten havenrijker dan vlakke kusten?

In zeer losse steensoorten, bijv. kalksteen, dat onmiddellijk in water oplosbaar is, vormt de zee geen terrassen, maar diepe holen, welke ook ontstaan als in vaste gesteenten kloven en spleten voorkomen.

Een merkwaardig voorbeeld van den vernielenden arbeid der zee vinden we in

de Giant's Causeway (den Reuzendam) aan de noordoostkust van Ierland. Deze wordt gevormd door duizenden bij duizenden basaltzuilen, die op eene hoogte van 12—16 meter zijn afgebroken. Ook de Fingalsgrot op het eiland Staffa, een der zuidelijkste Hebriden, levert een schoon voorbeeld. Hier en daar komen aan de steilkusten holen voor. De Blauwe Grot van Capri en de holen aan de zuidkust van Java zijn algemeen bekend.

Verdere tooneelen van den strijd tegen steilkusten vinden we langs de westkust van Ierland, Schotland en Noorwegen. We moeten hier echter opmerken, dat de zee geen smalle dalen of kanalen in het land maakt, en dus de fjorden op dusdanige wijze niet kunnen ontstaan zijn.

Om een denkbeeld te geven van de hoeveelheid vaste stof, die door de zee op het land veroverd wordt, deelen we nog mede, dat het afgebroken materiaal aan de Kanaalkust van Engeland jaarlijks op 10 millioen kubieke meter wordt geschat.

§ **154. Vernieling van vlakke kusten.** Aan vlakke kusten is de vernieling eene geheele andere. In gewone tijden rollen daar de golven nu hooger dan lager tegen het strand op en verliezen daar hare kracht, zonder dat de kust er onder lijdt. Maar wanneer het water door den storm naar eene zijde wordt opgestuwd en groote gebieden overstroomd worden, dan eerst neemt het vernielingswerk een aanvang; dan worden groote stukken lands weggeslagen, soms dorpen en steden door den oceaan verzwolgen. Ons vaderland levert daarvan voorbeelden in overvloed op: Het meer Flevo breidde zich achtervolgens uit tot de Zuiderzee, de Dollart ontstond op Kerstnacht van 1277, de Biesbosch in 1421. In 1218 werd de Jahdeboezem gevormd. Is ons land het tooneel van een dergelijke verwoesting geweest, niet minder voorzeker is zulks het geval met de eilanden aan de westkust van Sleeswijk en Holstein. »Op de Halligen wordt menigeen ouder dan zijn vaderland." Noordstrand was vroeger zoowel met Sylt en Föhr als met het vastland verbonden, maar in 1240 werd het losgerukt en in 1634 door een stormvloed in drie eilanden verdeeld. Er ligt weinig overdrijving in de bewering, dat ten tijde van Karel den Grooten het kustland der Friezen tweemaal zoo groot was, als het nu is. Het totale landverlies van Vlaanderen tot Jutland sinds de 13de eeuw bedraagt ongeveer 50 □ myriameter, waarvan ruim 25 weder aan de zee zijn ontwoekerd.

Welke grond heeft meer waarde, de verlorene of de ontwoekerde, en waarom?

De ontzettendste stormvloed aan de Deensche kust was die van 4 Februari 1825, waarbij het Agger-kanaal ontstond; toen steeg het water 3,48 meter boven den gemiddelden stand.

Daar voor de vlakke kust doorgaans eene ondiepe zee ligt, is het gebied van de continentaalzee daar betrekkelijk groot. Over de duinen zie men § 166.

§ **155. Uitbreiding van de kust.** Wordt de kust op vele plaatsen door de golven der zee aangegrepen en vernield, op andere legt het water er langzamerhand

de afgerukte en medegevoerde massa's zand en slib weder neer. Daardoor strekt de kust zich allengs verder zeewaarts uit. De ondiepe Friesche wadden worden onophoudelijk door aanslibbing ondieper: elke volgende vloed brengt er een nieuwe laag op; al is die nog zoo dun, vele kleintjes maken een groote. Weldra is de zeebodem zoo hoog gestegen, dat er planten op kunnen groeien. Tusschen deze planten blijft nog meer van de bezinksels hangen en eindelijk oordeelt de mensch, dat de kwelder of het schor rijp is, d. i. geschikt om ingedijkt te worden. Dan wordt er een dijk omgelegd en een nieuw stuk grond is aan de zee ontwoekerd.

Zoek in ons vaderland deelen, die aldus op de zee veroverd zijn.

Ook in andere landen heeft men overvloedige bewijzen voor eene dergelijke aanslibbing. In de haven van Nauset aan de oostkust van de Vereenigde Staten heeft men waargenomen, dat tegenwoordig aldaar voorkomende weiden in historischen tijd nog zandplaten waren. Kaap Cod neemt aan de oostzijde voortdurend af, maar breidt zich aan de westzijde uit.

Ook bij delta-vorming schuift de kust in zee vooruit.

Waar zeestroomen zich van het bezinksel meester maken, voeren zij het tegen andere kusten aan. Een sprekend voorbeeld zien we daarvan in het verzanden van Frankrijk's Middellandsche-Zeekust ten westen van den Rhônemond. Alle havens daar gelegen zijn verzand, alleen Cette is nog eenigszins te genaken. Zoo voert de Rennelstroom het gruis van de Spaansche noordkust tegen de Fransche kust ten zuiden van den mond der Gironde aan. In de Golf van Venetië wordt het slib der Alpenrivieren westwaarts gevoerd. Een zeestroom voert het Nijlslib naar de Syrische kust, deed de havens der Phoeniciërs verzanden en werkte alzoo meer mede tot den bloei van Alexandrië, dan het machtwoord van den Macedonischen vorst. Ook in de Zwarte Zee voert een stroom het slib der rivieren naar de Debroedsja. Fragmenten van de Engelsche krijtkust worden naar de Fransche kust gedreven; zoo werkt zelfs de natuur ten voordeele van Albion's havens en handel en bezit Frankrijk aan 't Kanaal slechts kunsthavens.

Door genoemde aanslibbing worden sommige eilanden met het vastland verbonden.

Worden ze door de kracht van de golven er ook afgescheurd? Noem eenige voorbeelden.

Als zoodanig kennen wij de residentie Djapara. Ten zuiden van den berg Moeria wijst de alluviale strook nog de plaats aan, waar vroeger het zeewater golfde; het eiland Madoera zal na verloop van tijd evenzeer met Java verbonden zijn. Zoo werd Portland met de Engelsche Kanaalkust en de Mont-Argentaro met de Toskaansche kust vereenigd.

Maar de aanwinst is niet zoo groot als het landverlies. In den strijd is de landmassa de lijdende partij. Waar zouden trouwens anders de litorale bezinksels van daan komen, die wij op den bodem der zee hebben aangetroffen (Zie § 112).

De zee bergt een gedeelte van het veroverde in haar schoot en werkt dus voortdurend aan de slechting van de landmassa.

§ **156. Verheffingen en dalingen van de kust.** Hebben we in de vorige paragraven gezien, dat de kustlijn zeer onstandvastig is door den strijd tusschen land en water, er is een ander verschijnsel, waardoor die onstandvastigheid nog wordt vergroot. In vroegere tijden was de verdeeling tusschen land en water niet zoo als tegenwoordig. Bewijzen daarvoor vindt men hierin, dat zeebezinkingen een groot aandeel hebben in de vorming van de aardkorst (Zie geologie). Het land moet dus ten opzichte van de zeeoppervlakte gedaald en gerezen zijn. Heeft dit in vroegere tijden zoo plaats gehad, dan is er geen enkele reden om aan te nemen, dat het in den tegenwoordigen tijd niet meer zou gebeuren. Men heeft trouwens ook nu dergelijke verschijnselen waargenomen, het eerst aan de kusten van Scandinavië. Het zeewater trok zich daar langzamerhand terug, de landmassa breidde zich uit. Celcius gaf door zijne verhandeling in 1743 er aanleiding toe, dat het verschijnsel nauwkeurig werd onderzocht. Hij meende, dat de spiegel van de Oostzee daalde. Later heeft men aangenomen, dat de landmassa steeg: in beide gevallen treedt het land uit het water te voorschijn.

Verheffingen of dalingen van de kust kunnen plotseling geschieden, b.v. bij uitbarstingen van vulkanen, bij het instorten van onderaardsche holen, enz. of hebben uiterst langzaam plaats. In het laatste geval noemt men ze s e c u l a i r (d. i. honderdjarig).

Was de zeeoppervlakte overal evenhoog, dan zou het verschijnsel altijd een gevolg van eene beweging der kust zijn. We weten evenwel, dat dit niet het geval is: de zeeoppervlakte is concaaf gebogen: tegen de landmassa stijgt zij. Een verplaatsing van eenig deel van het land, verandert de aantrekking op het water uitgeoefend, heeft daardoor invloed op de continentaal-golf en dus op de hoogte, waarop het zeewater tegen de kust staat.

't Is dus moeielijk uit te maken, of de kust werkelijk stijgt dan wel of de zeespiegel daalt, daarom spreekt men liever niet van verheffingen en dalingen van de kust, maar van p o s i t i e v e en n e g a t i e v e niveauveranderingen.

Positieve niveauveranderingen zijn dezulke, waarbij de oceaan aan gebied wint en het land in uitgebreidheid afneemt. Bij negatieve verliest de oceaan aan gebied en wint het land in uitgestrektheid. Bij de eerste rijst de zeespiegel in betrekking tot het land, bij de tweede daalt hij.

§ **157. Positieve niveauverandering.** Sporen van deze verandering liggen natuurlijkerwijze niet zoo voor de hand als die van de tegenovergestelde beweging; de zee toch bedekt die sporen grootendeels. Als voorbeeld voeren we de Nederlandsche en Duitsche kust aan. Daar komen aan de buitenzijde van de duinrij onderzeesche wouden en veenlagen van tijd tot tijd voor den dag. Intus-

schen is het zeer twijfelachtig of ons land in de laatste eeuwen nog is gezonken. Wel is de grond ten gevolge van de indijking ingeklonken en ligt het ingepolderde gedeelte dus lager dan voorheen; maar daar onze sluizen nog op dezelfde hoogte liggen als voor 300 jaar, moet aan eene daling na dien tijd getwijfeld worden. Wel schijnen de stormvloeden in de laatste eeuw hooger te stijgen dan vroeger en de oorzaak daarvan zou eene positieve niveauverandering kunnen zijn. Zekerder is onze wetenschap in dit opzicht aangaande den grooten inham, die zich tusschen Bretagne en Cotentin bevindt, waar de landmassa zich ten tijde van de Romeinen verder uitstrekte dan tegenwoordig.

Dat ons land sinds der Romeinen tijd gedaald is, blijkt o.a. uit de ligging van den Brittenburg.

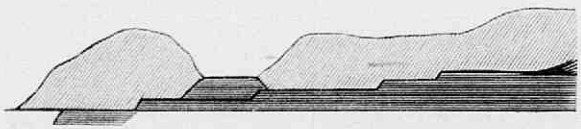
De kust van Dalmatië is sedert de oudheid evenzeer achteruit geweken. Aan de kusten van de Golf van Biscaye treft men ook onderzeesche wouden aan, waaruit men tot positieve verandering zou kunnen besluiten. Een treffend voorbeeld ervan vinden we aan den mond van den Amazonestroom. In 1837 werd daar $\frac{1}{2}$ K.M. van de kust een vuurtoren gebouwd, die thans ernstig door de golven bedreigd wordt. Minder te vertrouwen als bewijs is, wat een reiziger voor de westkust van Groenland aanhaalt: de palen, waaraan men vroeger de vaartuigen bevestigde, waren geheel onder water geraakt.

Opgemerkt zij, dat dikwijls het achteruitwijken van de kust een gevolg is van de vernielende kracht van het water, zonder dat daarbij aan eenige beweging van zeespiegel of kust behoeft gedacht te worden.

§ 158. Negatieve niveauverandering. Bij de negatieve beweging komt bloot, wat de zee eenmaal bedekte. Overblijfselen van zeedieren, zooals schelpbanken, boormossels in rotsen, oude strandlijnen en terrasvormige kustbouw zijn voldingende bewijzen, dat de zee zich heeft teruggetrokken. Het duidelijkst komen al deze verschijnselen aan de Scandinavische kust voor. Tusschen 16 meter en 166 meter boven de zee vindt men daar schelpbanken, waarvan de laagste dezelfde soorten vertoonen, als nog tegenwoordig aan de kusten worden waargenomen. Een voorbeeld van terrasvormigen bouw levert fig. 35.

Van de hoogte af vindt men daar voorgesteld 5 terrassen, die uit zand en leem bestaan, vermengd met de overblijfselen van zeedieren en -planten. Het vijfde terras is met de zeeoppervlakte gelijk. Komt een dergelijk terras over eenige uitgestrektheid langs de kust voor, dan vertoont het zich uit zee gezien als eene lijn,

Fig. 35.



welke men eene strandlijn noemt. Op sommige plaatsen liggen twee zulke strandlijnen boven elkander.

Mosselbanken en strandlijnen vindt men ook aan de kusten van Finland, Lijfland en Esthland; aan die van de Britsche eilanden en aan de Fransche kust bij het Nauw van Calais; aan de oostkust van Groenland, terwijl ook aan de westkust sporen van negatieve niveauverandering worden aangetroffen, vooral in het noorden.

Reeds Peschel merkte op, dat de continenten hun arctische kust hoe langer hoe verder naar de pool vooruitschoven. De toendra's schijnen droog geworden zeebodems te zijn. Tusschen den mond van de Lena en de Beringsstraat vindt men groote massa's van drijfhout op meer dan 50 kilometer afstand van de tegenwoordige kust. Voor verdere aanwijzingen sla men kaart XIV op; wij noemen hier alleen nog het feit, dat in onzen Oost-Indischen Archipel hier en daar koraalbanken in het binnenland ver boven het bereik van den vloed voorkomen. Op Nieuw-Guinea liggen ze wel 75 meter hoog.

§ **159. Afwisseling van beide veranderingen.** Bij de beschouwing der kaart zal men ontdekken, dat bij enkele kusten, zoowel eene roode als eene blauwe lijn is geteekend. Aan de aldus gemerkte kusten heeft men beide bewegingen na elkander waargenomen. Bij sommige is de negatieve weder in een positieve overgegaan. Zoo vindt men aan de kusten van Groot-Brittanië onderzeesche wouden met rechtopstaande stammen, welke zich in Lancaster nog onder de duinen uitstrekken. Aan de Amerikaansche kust van Georgië tot Nieuw-Schotland komen 5 kilometer van het strand onderzeesche wouden voor. Dat de zee hier nog voortdurend aan terrein wint, blijkt uit het feit, dat een huis aan den mond van de Deleware in 1804 ruim 100 meter van de zee afstond, en er zich thans nog geen 55 meter vanaf bevindt. Sub-marine wouden treft men ook langs de zuidkust van Chile aan.

Bij andere volgde op de positieve een negatieve. Zoo blijkt uit de grondslagen, waarop Ystad in het zuiden van Zweden gebouwd is, dat daar eerst het land onder den zeespiegel is gedaald, maar er later weer uit te voorschijn kwam.

Een sprekend bewijs voor de afwisseling tusschen positieve en negatieve verandering levert ons de ruïne van den Serapistempel. Deze tempel werd in 325 n. C. door Alexander Severus nabij Puzzuoli opgericht. Reeds in de negende eeuw stond hij in het water. Daarna schijnt eene opheffing te hebben plaats gehad tot in de 16de eeuw, waarna weder eene daling is ingetreden. Thans staan nog drie zuilen overeind. Hun ondereinde is tot op eene hoogte van $2\frac{1}{2}$ meter glad, maar van daar tot op 6 meter hoogte door boormossels zwaar beschadigd. Tot eene hoogte van 6 meter moeten dus de zuilen eens onder water hebben gestaan. In 1807 kon men nog droogvoets op den vloer loopen, na 1823 moest men er eerst eene rij steenen nederleggen, in 1838 ving men er weder visch. Regelmatige waarne-

mingen hebben doen zien, dat de daling daarna jaarlijks ongeveer 7 millimeter bedroeg. Thans schijnt ze weer opgehouden te zijn.

Natuurlijk zinkt de geheele kust in dien omtrek. Visschers uit die streek verzekerden in 1828, dat het landverlies naar hunne herinnering negen meter bedroeg; trouwens meer tempels en zelfs Romeinsche straten zijn aldaar onder 't niveau van de zee geraakt

Vroeger meende men, dat bij vele landen en eilanden het eene gedeelte zonk, terwijl het andere zich verhief. Deze beweging heeft echter den toets van verder onderzoek niet kunnen doorstaan.

§ **160. Oorzaken der niveauveranderingen.** Bij het bepalen van de oorzaken der niveauveranderingen moet men hoogst omzichtig te werk gaan, daar de wetenschap nog over te weinig gegevens kan beschikken, om reeds een vast oordeel uit te spreken. Wij geven de volgende op als de waarschijnlijkste:

1e een werkelijk omhoog rijzen van de kust. Dit nu kan het gevolg zijn van onbekende oorzaken. Er zijn er, die hierbij aan de kristalliseering van de amorphe gesteenten (Zie geologie) denken, waarbij eene aanzienlijke vermeerdering van volume plaats grijpt: kristalliseert een amorph gesteente, dan zal het de boven liggende landmassa doen rijzen.

2e een werkelijk dalen van de kust door volume-vermindering van de onder haar liggende gesteenten. Men meent bijv. dat steenkolenbeddingen tot op $\frac{1}{5}$ of $\frac{1}{12}$ van haar volume zijn ingekrompen.

3e eene niveauverandering ten gevolge van de rimpeling van de aardkorst of van eene instorting van onderaardsche holen.

4e eene niveauverandering ten gevolge van den arbeid der zee, die hier land wegslaat en het op andere plaatsen weder als bezinksel afzet. Hierbij zal eene daling van het land het landverlies, eene rijzing de landaanwinst zeer in de hand werken.

Om een voorbeeld te geven, hoe het mogelijk is, dat nog geheel andere oorzaken gewerkt hebben, halen we het volgende aan. In den diluviaanschen tijd was Noordelijk Europa geheel door ijsmassa's bedekt. Deze oefenden natuurlijk eene zekere aantrekkingskracht uit op de watermassa, waardoor de continentaalgolf (zie § 107) tegen de kusten van Noord-Europa hooger stond, dan tegenwoordig. Toen die ijsmassa's verdwenen, hield die aantrekking op en de hoogte van de continentaalgolf werd geringer, dus de kust kwam meer uit de watermassa te voorschijn. Natuurlijk is dit eene hypothese.

Ten slotte merken we nog op, dat door het rijzen der landmassa de aantrekking op de zee grooter wordt, waardoor ook het zeeoppervlak aan de kust zal stijgen. Het dalen van den zeespiegel bestaat dus slechts met betrekking tot de kust. Zoo zullen dus in vele gevallen en zee en kust gerezen of gedaald zijn, ofschoon wij, de beweging ten opzichte van eene der bewegende deelen beschouwende, meenen, dat de eene gedaald en de andere gerezen is.

Kunt ge nog meer dergelijke betrekkelijke bewegingen bedenken?

§ **161. Kustontwikkeling.** Carl Ritter is de eerste, die den invloed van den oceaan op het menschelijk geslacht in een helder daglicht heeft gesteld. Die invloed is een paedagogisch element in de opvoeding der volken. Echter heeft het geruimen tijd geduurd, eer de mensch zich meester gevoelde op den oceaan. Daarom treedt de watermassa zoowel scheidend, als verbindend op. De volken in West-Afrika wagen zich niet op zee en dus is deze voor hen een onoverkomelijke muur, die hen van andere volken scheidt. Eerst als de mensch het watervlak in alle richtingen bevaart, is de zee het verbindende lid tusschen verschillende werelddeelen. Hoe meer een landmassa is verbrokkeld, des te geschikter is zij in het algemeen om den mensch in zijn streven naar ontwikkeling te steunen. De mate van verbrokkeling of geleding noemt men de kustontwikkeling. Deze heeft men op verschillende wijzen in getallen uitgedrukt..

Men meende aanvankelijk, dat de invloed van den oceaan op de ontwikkeling van de volken afhing van de lengte der kustlijn en drukte daarom in getallen uit, hoeveel □ mijl van een land er kwamen op 1 mijl van de kust. De lengte van de kustlijn is echter zeer moeielijk te bepalen en hangt grootendeels van den schaal der kaart af, die men gebruikt. Voor Australië krijgt men volgens deze methode 50, voor Europa 37, voor Scandinavië 2.3, voor de Peloponesus 2.6.

Daar Europa echter grootendeels het tegenbeeld van Australië is, blijkt uit de verkregen getallen, dat deze wijze van bepaling der kustontwikkeling niet juist kan zijn.

Bij eene tweede methode dacht men zich een cirkel ter grootte van de gegeven landmassa en vergeleek zijn omtrek met de lengte der kustlijn. Bij Australië verhoudt zich de laatste tot de eerste als 1 : 2,2.

Later is men tot de overtuiging gekomen, dat de lengte der kustlijn niet van zoo overwegend belang kon zijn: eene menigte plaatsen, die niet onmiddellijk aan zee waren gelegen, trokken toch nog voordeel van de zee. Het kwam er op aan, of de watermassa diep in het land doordrong, of er veel eilanden en schiereilanden gevormd werden. Daarom levert eene derde methode betere resultaten. Men vergelijkt daarbij de oppervlakte van eilanden en schiereilanden met de oppervlakte van de overblijvende landmassa of den stam. Voor de verschillende werelddeelen krijgen we dan:

Europa 1 : 2	Azië 1 : 3	Afrika 1 : 47
Amerika 1 : 8	Australië 1 : 36.	

B. **Kustvormen.**

§ **162. Boogvorm.** Nadat we een blik geworpen hebben op de krachten, die er op de kust werken en haar onophoudelijk, al is het dan ook langzaam, van

gedaante veranderen, gaan we na, welke vormen de tegenwoordige kusten aan ons oog vertoonen. En dan vinden we de volgende:

1e den boogvorm,

2e den fjordvorm en

3e den haf- of lagunevorm.

Nemen we eerst den eersten in oogenschouw. De kaart van Europa zal ons er op verschillende plaatsen mede bekend maken. Vooral de Middellandsche Zee bevat er tal van voorbeelden van; bijzonder karakteristiek is de oostkust van Spanje. Kaap de Gata, de Palos, de La Nao, de Creus steken als vaste punten in zee vooruit, waartusschen de kust boogvormige inhammen vormt. De Golf du Lion, van Genua en een ontelbaar aantal aan de westkust van Italië zijn op kaarten, op kleine schaal geteekend, nog duidelijk op te merken. Van Istrië tot Ancona breidt zich de boogvorm van de Golf van Venetië uit, van daar tot den Monte Gergano een niet minder duidelijke.

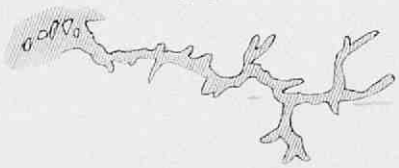
Doorgaans zijn het de hardere steengevaarten, die de hoekpilaren vormen, terwijl de weekere daartusschen langzaam zijn vernield; maar aan Italië's westkust vormen vaak rotseilanden, die door aanslibbing met het vastland vereenigd zijn, de uitstekende punten, en in sommige streken is de vorm meer een gevolg van de richting van het gebergte, zooals in de Golf van Genua en tusschen Kaap de Gata en Gibraltar.

Deze voorbeelden leeren ons, dat de boogvorm niet uitsluitend aan steile kusten voorkomt.

Zoek in andere werelddeelen voorbeelden van dezen vorm op. Zijn het daar vlakke of bergachtige kusten?

§ **163. Fjorden.** Bij de beschouwing van de verschillende kusten merken we hier en daar nog een anderen vorm op. Als typisch voorbeeld noemen we de westkust van Scandinavië. Steil verheft zich de landmassa uit de wateren, loodrecht verrijzen de wanden er uit den oceaan. We hebben dus te doen met een steilkust. Maar een geheel andere dan we aan de westzijde van Amerika tusschen 42° Z.B. en 49° N.B. aantroffen. Was daar een inham eene bijzonderheid, hier wemelt het van inhammen, die alle loodrecht op de kust staan, en met geringe breedte diep in het land dringen. Zulke inhammen noemt men **fjorden.**

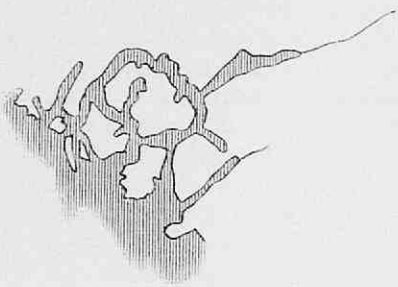
Fig. 36.



Sogne-fjord.

Door de vele inhammen wordt de kustlijn zeer vergroot; van de Noorweegsche kust is de werkelijke lengte bijna 7 maal, van die van Maine ruim 13 maal zoo groot, als zij zonder de fjorden zijn zou. Voor we de verschillende streken opsommen, waar deze vorm voorkomt, willen we enkele fjorden wat nader beschouwen. We kiezen

Fig. 37.



Fiske- en Aniggokfjord.

daartoe in de eerste plaats de Sogne-fjord, ten noorden van de stad Bergen in Noorwegen (Zie fig. 36).

In vergelijking van hare lengte is ze uitermate smal. Door de evenwijdigheid van hare wanden, doet zij dadelijk aan een dal denken. Zijdalen monden dan in het hoofddal uit. Voor den mond liggen verschillende eilanden, die door het geweld der golven, misschien ook door niveauverandering van de kust zijn weggeslagen. Deze eilanden worden scheeren genoemd. Bij sommige fjorden versperren zij den ingang bijna geheel. Zoo heeft de zeeman, die Bergen tracht te bereiken, naar gelang van wind en tij te kiezen tusschen 10 verschillende wegen in den doolhof van scheeren, die voor deze stad liggen.

Ook levert de Fiske-fjord in West-Groenland (Zie fig. 37) een voorbeeld van een vereeniging van vele fjorden tot een. Maar er bestaat een groot onderscheid in de wijze van vereeniging: bij de Sogne-fjord loopen de zijarmen in het hoofdkanaal uit, terwijl bij de laatstgenoemde zich juist het hoofdkanaal in verschillende armen splitst. Echter is bij deze ook nog de evenwijdigheid der wanden bewaard gebleven, wat van de beide onderstaande (de Drontheimfjord en de Laxe-fjord in Noordelijk Noorwegen) niet kan gezegd worden.

Fig. 38.



Drontheim-fjord.

Fig. 39.



Laxe-fjord.

Op de beteekenis van deze bijzondere vormen komen we bij het ontstaan van deze inhammen terug.

Beschouwen we nu weder de kaart om te zien, waar deze kustvorm zooal gevonden wordt en beginnen we bij Europa. Van Scandinavië is reeds sprake geweest; verder vindt men fjorden langs de westkust van Schotland en Ierland, waar ze op onze atlassen duidelijk te zien zijn. Ook in Bretagne is deze kustvorm zeer ontwikkeld, evenals in het noordwesten van Spanje, in Gallicië, waar de Ria's echte fjorden zijn. Minder duidelijk zijn op onze atlassen de fjorden van Istrië, waar te nemen. 't Zijn de rechtstandig op de kust staande Canali's, waarvan het Canali di Leme het voornaamste is. Ook de Bocche di Cattaro moet men er toe rekenen en de Straat van Konstantinopel kan niet uitgesloten worden, al eindigt zij nu in de Zwarte Zee.

In Azië komen fjorden voor aan de Chineesche kust zuidelijk van 30° N.B.

In Amerika treffen we ze aan zoowel aan de oost- en aan de westkust, als in het binnenland. Aan de eerste van Labrador tot Maine (42° N.B.) en aan de oost- en westzijde van Groenland. Aan de tweede in Noord-Amerika ten noorden van de Juan-de-Fuca-straat op 49° N.B. en in Zuid-Amerika ten zuiden van 40° Z.B. Dat ze niet uitsluitend tot de oceaankust beperkt zijn, bewijst hun voorkomen aan de Canadasche meren, vooral aan den noordelijken oever van het Huronmeer.

In Australië levert de noordwestkust van Nieuw-Holland op 15° Z.B. een voorbeeld (de Cambridge-golf), terwijl de zuidwestkust van het zuidelijk eiland van Nieuw-Zeeland mede eenige fjorden aanbiedt.

Is de Lymfjord in Denemarken geen fjord?

Zooals men ziet zijn we afgeweken van de leer, dat de jaarisotherme van 10° C. de aequatoriaalgrens van de fjorden is. Trouwens de schoone Ria's in Gallicië vallen daar reeds beslist buiten. Ga het verloop van deze isotherme na en vergelijk het met de verbreiding der fjorden.

We zien de verspreiding de volgende wetten:

1° de fjorden komen doorgaans in grooten getale naast elkander voor.

2° zij zijn het meest ontwikkeld op hooger breedte dan 40°. (Welke uitzondering is hierop?)

3° zij komen voor in regenrijke gebieden (verg. kaart IX).

§ **164. Oorsprong der fjorden.** Over den oorsprong der fjorden heerschen nog verschillende meeningen. Tot voor weinige jaren was men van oordeel, dat ze ontstaan waren bij de opheffing der kust. Daardoor zou namelijk deze laatste op verscheidene plaatsen gespleten zijn. Werden de alzoo ontstane kloven nu door verweering spoedig gevuld, gelijk in de warme gewesten het geval was, dan ging de vorm verloren; maar in de koudere streken vloeiden weldra gletschers door die kloven in zee af, hielden ze niet alleen open, doch vergrootten ze tevens. Koude en vocht waren dus hoofdfactoren om een fjord te vormen of liever te behouden; gletschers waren er een noodzakelijk element voor en daarom kan het ons geenszins verwonderen, dat uit de verbreiding der fjorden de verbreiding der gletschers in den ijstijd werd afgeleid. Nadere onderzoekingen, vooral in China, hebben echter geleerd, dat deze kustvorm ook in gebieden voorkomt, waar aan geen gletschers kan gedacht worden.

Beschouwen wij nu nog eens onze afbeeldingen op de vorige bladzijden, dan treft ons de overeenkomst, die de fjorden met dalen hebben. Vooral dit, dat de wanden doorgaans neiging bezitten om evenwijdig te loopen, doet ons aan dalen denken. De Sognefjord is zelfs een type van een dal. Twee zaken schijnen er zich echter tegen te verzetten, dat men de fjorden voor ondergedoken dalen zou houden en wel ten eerste de verhouding van hoofd- en zijkanalen en ten tweede de diepte,

terwijl het feit, dat deze inhammen zich altijd in dalen op het land voortzetten, er voor pleit.

Wat de verhouding van hoofd- en zijkanalen aangaat, stuiten we op het vreemde verschijnsel, dat een fjord zich vaak aan zijn mond in meerdere armen splitst, terwijl een eigenlijk dal alleen zijdalen opneemt. Nauwkeurige waarnemingen aan de Noorweegsche kust hebben echter doen zien, dat tusschen de dalen diepe, vlakke passen voorkomen. Wanneer zulk een dalsysteem onder water geraakte, zou het dan ook veel overeenkomst hebben met een fjordensysteem. Op smalle bergachtige eilanden kan door het onderwater raken van een pas een fjord ontstaan, die het eiland in twee deelen verdeelt; de straat tusschen de beide eilanden van Nova-Zembla levert daarvan een voorbeeld.

In de tweede plaats meende men, dat de eigenaardige verhouding der diepte zich er tegen verzette om fjorden en dalen als een zelfden vorm te beschouwen. Over 't algemeen toch zijn de eerste aan hun ingang ondieper dan in het midden, terwijl dalen doorgaans langzaam afhellen. Opmerking echter verdient het, dat in de dalen vaak meren voorkomen. Vooral is dit het geval bij die, welke in Schotland in het verlengde der fjorden gevonden worden. Over die meren en haar ontstaan zullen we later spreken, wij hebben hier slechts te doen met het feit, dat ze er zijn. De Schotsche fjorden zijn alle in het midden het diepst; in Schotland vindt men ook meren in bijna alle dalen. Bij die fjorden, waar de bodem in het midden het diepst is, vinden we dus, naar deze theorie, onder den zeespiegel gezonken dalen met meren. Het dwarsdal van de Reuss zou een prachtige fjord zijn, indien het zich tot aan den zeespiegel uitstrekte. Het Comomeer en het Lago Maggiore waren fjorden, toen de Povlakte nog een deel van de Adriatische Zee was.

Fjorden zijn dus dalen, die onder den zeespiegel zijn gezonken. Zij zijn dus geen uitsluitend eigendom van de koudere luchtstreken, maar komen daar 't meest voor, omdat daar de factoren voor dalvorming het meest hun invloed doen gevoelen. We geven hier maar één van de vele theorieen. Waarschijnlijk is het echter, dat niet alle fjorden op dezelfde wijze zijn ontstaan. Merken we nog op, dat bedoelde dalen niet alleen loodrecht op de kust maar ook loodrecht op de richting van het kustgebergte staan, zoo dit eene bepaalde richting heeft.

§ **165. Hafvorm.** Kwamen de fjorden uitsluitend aan steile kusten voor, alleen aan vlakke kusten vindt men haften. De meest bekende zijn: het Friesche en het Koerische Haf in Oost- en West-Pruisen; de strandmeren aan de Pommersche kust tusschen Oder- en Weichselmond; de Étangs aan de kust van de Landes in Frankrijk; de Marisma's in het zuidwesten van Spanje; de Albufera's aan de oostkust van dat land; de Étangs ten westen van den Rhône-mond; de tijdelijke plassen, die in Italië den naam van Maremmen dragen; de Lagunen van de Po-vakte; die van den Donau en de Limans

der Zuid-Russische rivieren aan de noordwestzijde van de Zwarte Zee. Gaan we buiten Europa, dan vinden we in Amerika vooral voorbeelden van dezen kustvorm; vooral Noord-Carolina, Florida en Tejas zijn er rijk mede bedeeld.

Uit de beschouwing van enkele der opgenoemde haffen kan ons het algemeen voorkomen van een haf, eene lagune of een strandmeer duidelijk worden. Kiezen we daartoe in de eerste plaats het Koerische Haf, dat in elken atlas tamelijk duidelijk is afgebeeld. Genoemd haf vormt eene soort van golf, die slechts door eene nauwe opening (bij de stad Memel) in gemeenschap staat met de Oostzee. Overigens is het van de zee afgescheiden door een smalle landtong (de Koerische Nehrung). Deze landtong bestaat uit eene duinrij (»wandelende bergen"), maar de tegenovergestelde oever is vlak en wordt door eene vruchtbare laag alluvium gevormd. In het haf stroomt eene rivier uit, de Memel, die zich in twee armen (de Gilge en de Roess) verdeelt.

Vergelijk hiermede het Friesche Haf.

Bij het Stettiner Haf ontbreekt de landtong als zoodanig; in haar plaats bemerken we twee eilandjes: Usedom en Wollin. Op deze eilandjes vinden we de duinen terug. De oorspronkelijke rij is hier dus in twee deelen verdeeld. Groot is dit verschil niet, want vroeger bestond de Koerische Nehrung ook uit eilandjes.

Ten oosten van den Odermond vinden we in Pommeren langs de kust eene menigte plassen, die zeer nauw verwant zijn met de beschreven haffen. Ze verschillen echter, dat ze doorgaans niet met de zee in verbinding staan: ze zijn er door de duinrij geheel van afgesloten. Een dergelijken vorm noemt men een strandmeer.

Van het Nauw van Calais tot aan Kaap Skagen in het noorden van Jutland ontmoeten we een haf, dat nergens dien naam meer draagt, en waartoe de Zuiderzee en de Wadden behooren.

Ga de duinrij na, die dit haf afsluit. Waar vormt zij een geheel, waar is zij verbrokkeld? Welke rivieren stroomen in dit haf uit? Stroomen in de strandmeren van Pommeren ook rivieren uit?

In de Landes vinden we haffen en strandmeren, maar onder den naam étangs, evenals aan de Fransche kust van de Middellandsche Zee ten westen van de Rhônedelta. In elk ervan stroomt een riviertje uit.

Ten noorden van den mond van de Guadalquivir, in het zuidwesten van Spanje, vinden we weer een verwanten vorm. Daar ligt een moeras, Las Marismas geheeten. Evenals de haffen wordt ook dit van de zee afgescheiden door eene duinrij, de Arenas Gordes (d. i. dikke zanden). In dat moeras vloeien een paar kleine riviertjes uit, of liever zij verdrogen erin, en de genoemde hoofdrivier stroomt er langs. In den regentijd is het een waar moeras, bij droogte wordt de grond vaster. Groote overeenkomst met de Marismas vertoonen de Maremmen. Onder dezen naam rangschikken wij ook de Pontijnsche moerassen. Ook hier liggen duinen langs

de kust, ook hier verdrogen kleine riviertjes, voordat ze de zee bereiken, ook hier ligt het moeras gedurende het zomerhalfjaar droog en vormt dan door zijne uitdampingen een broeinest van koortsen.

Aan den mond van de Po dragen de haffen den naam van lagunen. In die van Venetië liepen vroeger de Brentas en de Bacchiglione uit, maar thans zijn deze riviertjes door kanalen zuidwaarts afgeleid.

De genoemde voorbeelden hebben nog deze overeenkomst, dat zij hunne grootste afmeting langs de zee uitstrekken. Dit is nu niet het geval bij de limans aan de noordwestkust van de Zwarte Zee, die loodrecht op de kust staan. We vinden er echter even goed een duinrij, eene daarachter liggende, ondiepe plas en eene rivier, die in deze uitmondt.

Aangaande de haffen, welke buiten Europa voorkomen, wijzen we alleen op de groote uitgestrektheid van de landtongen, ofschoon afgebroken, in Noord-Carolina, Florida en Tejas, waar ze eene lengte van 350, 300 en 390 kilometer bereiken.

Vergelijk hiermede: afstand Weenen—Triëst 350, Utrecht—Helder 100 kilometer

Wij zien uit deze beschouwingen:

1e Haffen komen aan vlakke kusten voor.

2e Zij worden door eene duinrij van de zee afgescheiden.

3e Zij dienen eene rivier tot uitvloeiingsbekken.

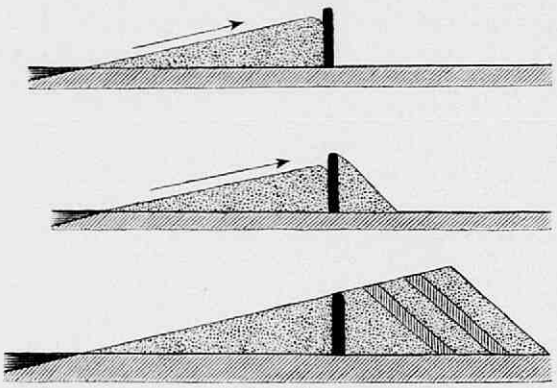
§ **166. Duinen.** Bij alle haffen of daarmee verwante vormen hebben we de duinrij opgemerkt. Deze is een noodzakelijke factor bij het ontstaan van den genoemden kustvorm. We willen daarom in de eerste plaats nagaan, op welke wijze de duinen het aanzijn krijgen.

Daartoe moeten we ons naar het vlakke, zandige zeestrand verplaatsen. Dat zeestrand wordt bij vloed door het water bedekt en ligt bij ebbe droog. Van tijd tot tijd komt bovendien een golf, die haar water verder op het strand brengt, dan andere. Het water van den vloed en van de golf brengt fijn verdeeld zand mede, dat bij het terugtreden op het strand achter blijft. Zoo lang het nog nat is, blijft het stil liggen, doch de zon koestert en droogt het, en na eenigen tijd buiten het bereik van het water te zijn geweest, is het droog en licht genoeg voor den wind. Deze maakt het tot zijn speelbal en jaagt de fijne korreltjes voor zich uit. Wie ons Noordzee-strand wel eens bezocht heeft, kent dat spel van den wind zeer goed. Niet alleen rollen de fijne zandkorrels, maar ze verheffen zich vaak op aanmerkelijke hoogte van den grond. Altijd gaan ze voort, gejaagd door den luchtstroom, nu sneller dan weer langzamer, al naarmate de kracht, die hen voortdrijft, en haar eigen zwaarte, die hen in rust wil houden, tot zij tegen een hindernis stuiten, waarvoor ze blijven liggen.

Denken we ons een paal in het strand geslagen, zooals in fig. 40 is voorgesteld. Die paal zal de rollende zandkorrels tegenhouden en aan hare windzijde zal eene

opeenhooping van zand ontstaan, die eindelijk de hoogte van de paal bereikt en naar de zeezijde langzaam afhelt. Tegen den top van deze hindernis zal de luchtstroom nog lang terugkaatsen, waardoor daar een kuiltje in het zand ontstaat, zooals de eerste afbeelding van onze figuur dat te zien geeft. Er zijn echter ook zandkorrels over de paal heengewipt en hoe hooger de zandheuvel ervoor wordt, hoe meer drijft de wind de korreltjes langs de schuine helling erover. Indien zij er achter geraken, zijn ze buiten den invloed der voortdrijvende kracht en vallen dus ter aarde, zoodat achter de hindernis evenzeer eene opeenhooping van zand ontstaat. De wind glijdt langs de helling voorwaarts en dus zal de zandhoop achter de paal eene zoodanige hoogte bereiken, dat hare helling in het verlengde der reeds bestaande helling komt te liggen, zooals de laatste afbeelding van onze figuur aanwijst. In deze afbeelding zijn tevens verschillende lagen geteekend. Deze ontstaan, doordat de wind niet altijd met dezelfde kracht werkt. Bij storm zullen veel zwaarder zanddeelen, veel grover korrels worden medegevoerd dan bij eene zachte koelte, die alleen het fijne zand in beweging brengt.

Fig. 40.



Duinvorming.

Uit onze afbeeldingen blijkt duidelijk, dat de duinen hunne steile helling bezitten aan de zijde, die van den wind is afgekeerd. De oorzaak hiervan is gelegen in de werking van de zwaartekracht en het onmiddellijk eindigen van den invloed van den wind, als de zandkorrels achter de hindernis of achter het reeds ontstane duin zijn gekomen. Is de zeewind de heerschende, zooals op onze kusten, dan is dus de helling aan de zeezijde het flauwst. Zoo is de westelijke helling van de duinen in de Landes 7°—12°, de oostelijke daarentegen 29°—32°. Is echter de landwind de heerschende, dan is de helling der duinen aan de zeezijde het steilst, zooals dit b.v. in Syrië voorkomt en aan de Atlantische kust der Sahara. In dit geval wordt het samenstellende zand door de landmassa geleverd. Intusschen is met het bovengenoemde de vorming der duinen nog niet ten einde. Door nieuw aangevoerd zand worden zij voortdurend verhoogd. Maar vaak neemt een woedende storm de bovenste deelen weg en jaagt het zand verder. Op eenigen afstand van de oorspronkelijke

rij ontstaat dan eene nieuwe zandhoop, die weldra evenzeer in een duin herschapen wordt, om misschien even spoedig weer vernietigd te worden en de bouwstof te leveren voor eene nieuwe vorming. Opmerkenswaard is daarbij het verschijnsel, dat de volgende rij de voorgaande in hoogte overtreft.

Men tracht dit hieruit te verklaren, dat de luchtstroom door de voorste rij reeds in zijne richting is afgeleid.

Tot de vorming van eene duinrij is dus noodig:

1° een vlakke bodem;
2° zeer bewegelijk zand;
3° golfslag of ebbe en vloed, voor zoover de duinrij aan de kust ligt;
4° wind;
5° eene hindernis.

Tot hindernis kan zelfs het kleinste schelpje dienen, daar elk reeds gevormd zandhoopje een vast punt aanbiedt voor verdere vorming; zoo maakt het zand de hindernis hoe langer hoe grooter. Evenwel is daarmede nog geenszins bevredigend verklaard, hoe langs vele kusten zulke regelmatige reeksen kunnen ontstaan. In den laatsten tijd meent men echter, dat ook zonder eene dergelijke toevallige hindernis een duinrij kan ontstaan, als de overige voorwaarden gunstig zijn. De wind toch treft het hellende strand, altijd onder een zekeren, al is het dan ook kleinen invalshoek; hij zal worden teruggekaatst evenals de lichtstraal bij den spiegel.

Teeken een hellend strand en stel daarop de richting van den windstoot voor. Teeken ook het volgende.

Op de plaats nu, waar de windstoot het hellende strand raakt, zal in dit laatste een kuiltje ontstaan: het weggedrongen zand zal daarachter een wal vormen, waarvan de voorste helling door de richting van den teruggekaatsten wind wordt bepaald.

Deze lage wal is reeds een duin in het klein en niets belet thans den voortgang van de duinvorming.

De hoogte van den golfslag en vooral het verschil tusschen ebbe en vloed bepalen den aanvoer van nieuwe grondstof en daarmede de hoogte van de duinrij. Deze hoogte kan dus op verschillende plaatsen zeer ongelijk zijn, even als de breedte. Aan de kusten van de Landes, waar de zee jaarlijks ongeveer 6 mill. M³ zand aanvoert, bereiken zij eene hoogte van 75 tot 89 meter, terwijl zij aan de kust van Norfolk slechts 15—20 meter hoog zijn. In ons vaderland zijn ze gemiddeld 12—15 meter hoog, in Provence slechts 7 meter. Over 't algemeen is de hoogte aan de kusten van binnenzeeën gering.

Staat dit ook met het verschijnsel van ebbe en vloed in verband?

De duinen van de kusten der Middellandsche Zee, de lidi's, verschillen dan ook alleen in dit opzicht van die van de westkust van Europa.

De hoogste duinen worden waarschijnlijk aan de West-Afrikaansche kust aangetroffen, waar ze bij Kaap Bojador tot 120—180 meter klimmen.

Uit de wordingsgeschiedenis der duinen volgt, dat ze eene neiging moeten bezitten om zich in de richting van den meest heerschenden wind te verplaatsen; bij ons te lande bewegen ze zich landwaarts evenals langs de geheele westkust van Europa, aan de noordwestkust van Afrika daarentegen zeewaarts. Zoo zijn bijvoorbeeld de duinen in Suffolk (ongeveer tusschen Yarmouth en Harwich) in 100 jaar reeds ruim 6 kilometer landwaarts voortgedrongen. In het Koerische Haf bewegen zich de duinen der landtong voortdurend naar het haf toe met eene jaarlijksche snelheid van ongeveer 6 meter: men heeft berekend, dat na 200 jaar de watervlakte geheel gevuld zal zijn. In de Landes schijnt de snelheid der landwaartsche beweging in het laatst der vorige eeuw nog 20—25 meter per jaar bedragen te hebben.

Vroeger door het zand bedolven voorwerpen kunnen door deze beweging aan de andere zijde weder te voorschijn komen. Daarvan zijn de volgende voorbeelden in ons land het meest bekend:

1° De fundamenten van het oude huis van den strandvoogd op Rottum. Dit huis was aan de oostzijde der duinen gebouwd; thans liggen de grondslagen aan de westzijde van het eiland in zee.

2° De geraamten van de gesneuvelden, die in 1799 bij Schoorl aan de binnenzijde der duinen werden begraven, vond men in 1864 aan de buitenzijde terug.

3° De grondslagen van den Brittenburg, door de Romeinen zeer waarschijnlijk aan de binnenzijde der duinrij gelegd, liggen nu ver in zee; in 1694 kwamen ze voor 't laatst bij zeer laag water bloot.

4° Op sommige plaatsen komt aan de buitenzijde zeeklei voor den dag; op andere worden stukken laag veen naar boven gewerkt.

Men tracht de verstuiving van het zand door middel van het beplanten met helm (Ammophila), zandhaver (Elymus), zandwilg (Salix arenaria), enz. of door het inzetten van stroowisschen te beletten. In Frankrijk bedient men zich bovendien van den wijnstok, den tamarindestruik en eene soort van den (Pinus pinea); in Oost-Pruisen van dennen, berken en populieren. Daardoor is op dergelijke plaatsen de voortgaande beweging vrijwel tot staan gebracht. De duinen, die aan de zuid- en westkust van Australië voorkomen, bevatten eene groote hoeveelheid kalk, waardoor de zandkorrels zich vast met elkander vereenigen en zandsteen vormen.

§ **167. Ontstaan der haffen.** Nu we de duinrij in haar ontstaan en voorkomen hebben leeren kennen, kunnen we nagaan, hoe een haf ontstaat. Wanneer eene rivier in zee uitmondt, zullen de vaste deelen, die haar water nog bevat, mede in den oceaan worden gevoerd. Door den tegenstand, dien het zeewater aan de voortgaande beweging biedt, of door een stroom, die vaak langs de kust voor-

komt, vermindert de snelheid van het rivierwater. Een onmiddellijk gevolg daarvan is, dat de vaste deelen, die nog in dit laatste voorhanden waren, nabij de kust bezinken. Er vormen zich dus zandbanken op eenigen afstand van de kust.

Tot welke soort van bezinksels moet men deze banken rekenen?

Door voortdurende bezinking komen deze banken bij ebbe bloot en vormen dus den grondslag voor duinen. De ruimte tusschen deze duinen en de kust wordt daardoor van de zee afgescheiden en vormt dus reeds het haf. Intusschen voert de rivier steeds water aan en zoo zij al geen uitweg tusschen de duinen heeft opengehouden, zal zij die spoedig maken, daar anders het niveau in het haf voortdurend zou stijgen. Het water in het haf is in vergelijking van dat van de zee tamelijk rustig, want de duinrij heeft het aan den invloed van den golfslag onttrokken. De vaste deelen, door de rivier medegevoerd bezinken er dus en tevens vormen eene menigte waterplanten er een veenbodem. Zoodoende raakt het haf ten laatste gevuld met klei en veen. Bij de opnoeming van de haffen hebben verschillende graden van hafvorming ontmoet. De Marismas en de Maremmen zijn reeds moerassen. In ons vaderland was ten tijde van de Romeinen het haf ook bijna geheel gevuld, tot hooge vloeden den veenbodem weder wegsloegen. Natuurlijk zijn niveauveranderingen bij deze vormingen van grooten invloed. Een positieve werkt het ontstaan van duinen tegen, omdat de zandbanken dan niet zoo licht boven den ebbestand komen, een negatieve werkt het in de hand. Reeds gevormde haffen worden door de eerste aan de woede der golven overgeleverd, door de tweede buiten het bereik van het water gebracht.

Bovendien zijn duinen en lagunen zeer wisselvallig van vorm. Aan de Koerische landtong zijn drie gesloten openingen waar te nemen, terwijl er thans nog maar één opening bestaat. Door de opvulling met bezinksels worden lagunensteden eindelijk van de zee gescheiden, zooals Ravenna, dat ten tijde der Romeinen eene havenplaats was. 't Zelfde lot hangt Venetië, de trotsche handelsstad der Middeleeuwen, boven 't hoofd.

C. **Schiereilanden.**

§ **168. Verdeeling.** Door de vele en velerlei inhammen, die den oceaan in de landmassa maakt, wordt de horizontale vorm van het vastland bepaald. Die gedeelten, welke aan drie zijden door water zijn omringd, maar met de vierde zijde, de basis, aan het vastland zijn gehecht, noemt men schiereilanden. Deze zijn zeer ongelijkmatig over de oppervlakte der aarde verdeeld. Zij verschijnen voornamelijk op het noordelijk halfrond. Ons werelddeel is zeer rijk aan dezen vorm.

Zoek de voornaamste schiereilanden in de verschillende werelddeelen.

Afrika is er geheel van ontbloot.

Gaan we enkele meer in bijzonderheden na. Het Pyreneesche schiereiland is door

een laagvlakte met de overige massa van Europa verbonden. Die laagvlakte bestaat uit gronden van zeer jongen datum. Geen der Fransche gebergten vertoont eenig verband met die, welke in Spanje en Portugal voorkomen: Het Pyreneesche schiereiland vormt dus een zelfstandig geheel. Anders verhoudt zich het Apennijnsche tot den romp van Europa. Wel wordt het ten noorden ook door eene laagvlakte (welke?) begrensd, maar deze vormt niet uitsluitend het verbindende lid, want in geval zij aan de golven werd teruggegeven, zou het schiereiland toch blijven bestaan. Het bergstelsel van het vastland zet zich namelijk in dit schiereiland voort: Het Apennijnsche schiereiland vormt dus geen zelfstandig geheel. Wenden we den blik naar kleinere en kiezen we Noord-Holland ten noorden van het Noordzeekanaal. Van een bergstelsel kan in deze lage gronden geen sprake zijn, maar wel kunnen we zeggen, dat de bodemvorm van Zuid-Holland zich in het schiereiland voortzet en dus is Noord-Holland geen zelfstandig geheel. Anders valt ons besluit, wanneer we den berg Moeria beschouwen, dien men haast niet meer onder de schiereilanden kan tellen. Dit bergachtig geheel is door een alluviaal gebied van het overige Java gescheiden. We krijgen dus eene verdeeling in

a. **zelfstandige schiereilanden, waarvan de verticale vorm in geen verband staat met die van het vastland en**

b. **niet-zelfstandige schiereilanden, waarvan de verticale vorm wel in verband staat met die van het vastland.**

Voorbeelden van de eerste soort zijn nog: Dekan, Scandinavië met Finland, de kleine rotsschiereilanden aan de westkust van Italië, de Monte Gargano in Italië, Morea en de Krim. Noesa Kembangan tegenover Tjilatjap en Madoera verschillen alleen in zooverre, als het verbindende lid nog niet boven den waterspiegel is verheven. Als voorbeelden van de tweede soort noemen we nog Kamsjatka, Korea, Achter-Indië, Arabië, het Turksche schiereiland, Bretagne, Cotentin, Californië, Nieuw-Schotland. Groot-Brittannië verschilt alleen daardoor, dat de zee het verbindende lid heeft verzwolgen.

§ **169. Oorsprong der schiereilanden.** Nemen we de zaak geheel abstract, dat is zonder haar te toetsen aan hetgeen werkelijk voorkomt, dan kan een schiereiland op twee wijzen ontstaan, en wel doordat een gedeelte van het vastland het water ten buit valt, en een harder, meer weerstandbiedend of hooger gedeelte als schiereiland achterblijft of doordat een nabij de kust gelegen eiland door aanslibbing met het vastland wordt verbonden. In het eerste geval heeft er dus afscheuring plaats, in het tweede geval aanhechting; in het eerste wordt de landmassa ter plaatse verkleind, in het tweede vergroot; in het eerste ontstaat er een niet-zelfstandig, in het tweede een zelfstandig schiereiland.

Nu kan een gedeelte van het vastland door tweeërlei oorzaken eene prooi der

golven worden: de bodem kan dalen (positieve niveauverandering), waardoor de lagere landen overstroomen en de hoogere deelen behouden blijven, of de kracht der golven kan een deel van het land verzwelgen. Zoo ook kan eene aanhechting plaats hebben door negatieve niveauverandering en door aanslibbing.

Is deze abstracte beschouwing niet met de feiten in strijd, dan moeten er overgangsvormen voorkomen, die we trouwens reeds hebben opgemerkt: Groot-Brittannië, Noesa Kembangan, Madoera. Het eerste is een reeds volkomen afgescheurd niet-zelfstandig, de laatste zijn nog niet aangehechte zelfstandige schiereilanden. De landengte, die Nieuw-Schotland aan Nieuw-Brunswijk verbindt, is door de werking van de vloedgolf in de Fundybaai reeds zeer versmald.

Is het schiereiland reeds afgescheurd of nog niet aangehecht, maar draagt het duidelijke sporen, dat de afscheiding nog niet lang voorbij is, of dat de aanhechting in een niet ver verwijderd tijdstip zal plaats hebben, dan noemt men het een verholen schiereiland.

Noem enkele verholen schiereilanden.

D. Eilanden

§ 170. Grootte en groepeering. In § 8 hebben we reeds gezien, dat het begrip eiland voldoende door de grootte bepaald wordt. We zullen ons hier dan ook alleen met de grootte bezig houden, in zooverre we wijzen op het aanmerkelijke verschil, dat er in dit opzicht bestaat. De 180 eilandjes, die den groep der Bermudas vormen, zijn te zamen nog niet zoo groot als de republiek San Marino, terwijl Borneo en andere de grootste Europeesche Staten nabij komen (Zie § 8). Meer opmerkzaamheid verdient het verschil in groepeering. Slechts enkele liggen geheel afgezonderd, meest komen ze in groepen vereenigd voor. Bij die groepen kan men vaak één, soms twee groote eilanden opmerken, waar de kleinere om gerangschikt liggen. Vaak liggen de verschillende eilanden op eene rij. Eilanden, die liggen als paarlen aan een snoer, zijn vulkanisch. De concave zijde der boog is altijd naar het vastland gekeerd.

Zoek voorbeelden van afgezonderde eilanden; van groepen met één hoofdeiland, met twee hoofdeilanden; van eilandenrijen. Nova-Zembla en Nieuw-Zeeland noemt men dubbel-eilanden.

Een groep eilanden, die schijnbaar zeer onregelmatig is samengesteld, maar bij nauwkeurige beschouwing uit verschillende rijen en groepen bestaat, noemt men een archipel. Evenals bij de eilanden op zich zelf, treft men ook hier zeer groote verschillen in uitgestrektheid aan; de Maleische Archipel is de reusachtigste.

§ 171. Oorsprong der eilanden. Klaarblijkelijk kan een eiland op tweeërlei wijzen ontstaan:

1° een gedeelte van de landmassa kan door de eene of andere omstandigheid in een eiland veranderen; of

2° een gedeelte land kan onafhankelijk van de overige

landmassa door de eene of andere kracht boven den waterspiegel worden opgeheven.

M. a. w. een tegenwoordig voorkomend eiland is vroeger met het vastland verbonden geweest of niet; een derde geval laat zich niet eens denken. Die, welke op de eerste wijze zijn ontstaan, noemt men vastlandseilanden, niet-oorspronkelijke of continentale. Wij zullen ze met den laatsten naam aanduiden, maar dan moet men in het oog houden, dat deze naam ziet op de afkomst van en niet op eene mogelijke ligging bij de tegenwoordige werelddeelen. Die van de tweede soort geven we den naam van oorspronkelijke eilanden.

Van beide soorten van ontstaan neemt men in den tegenwoordigen tijd nog wel voorbeelden waar. Bepalen we ons eerst tot de continentale eilanden. In § 152 enz. hebben we de vernieling behandeld, waaraan de kusten, zoowel de steile als de vlakke, zijn blootgesteld. Door die vernieling worden stukken van het land afgesneden, en ziedaar eilanden ontstaan. Zoo weet ieder, dat onze Waddeneilanden eenmaal een deel van het vastland uitmaakten. Engeland was mede in vroegeren tijd aan Europa verbonden, de landengte brak door en het schiereiland was voortaan een eiland. Dezelfde oorzaken, die de schiereilandenvorming in de hand werkten, droegen bij tot vergrooting van het aantal eilanden. Eerst zal een stuk land een schiereiland worden en daarna, wanneer de vernielende werking aanhoudt, zal alle gemeenschap met de overige landmassa verbroken worden. We moeten hierbij dus ook een goed deel stellen op rekening van de positieve niveauverandering. Daardoor zijn vooral, volgens de theorie van § 164, de scheeren ontstaan, die voor de fjorden liggen.

Nog op eene eenigszins andere wijze kan door de werking van water en door positieve niveauverandering een continentaal eiland ontstaan. Stellen we ons voor, dat Amerika in zijn geheel onderworpen was aan eene positieve niveauverandering, dan zou na verloop van duizenden bij duizenden jaren alleen nog het hoogste gedeelte boven den waterspiegel uitsteken. Dat hoogste gedeelte zou gevormd zijn door eenige bergtoppen, die dus eilanden waren geworden. Deze waren nu echter niet van het land *afgescheurd*, zooals de Wadden-eilanden, Engeland en de scheeren, maar het zouden de *overblijfselen* zijn van eene groote vastlandsmassa. Men onderscheidt daarom twee soorten van continentale eilanden, namelijk afgescheiden eilanden en overgebleven eilanden. De eerste liggen altijd dicht bij de kust en behooren daar staatkundig toe, tenzij ze groot genoeg waren om onafhankelijk te blijven.

Kent ge zulke?

§ **172. Continentale eilanden.** Gaan we nu nog enkele afgescheiden eilanden na. Zeer zelden is de afkomst van het continent zoo duidelijk als bij de Wadden-eilanden of bij den berg St. Michel, die bij ebbe nog een schiereiland

vormt. Doch ook andere bezitten nog de ondubbelzinnigste bewijzen, dat ze eenmaal met de groote massa zijn verbonden geweest. Zoo zijn bijvoorbeeld de eilanden aan de Dalmatische kust in bouw gelijk aan het Karstplateau, zelfs de richting stemt volkomen overeen met de richting der bergruggen in Dalmatië. In de Cycladen kan men duidelijk twee rijen herkennen, die in het verlengde liggen van Attica en Euboea. Hoe langer de afscheiding geleden is, hoe meer zijn de kenmerken, die op een vroegeren samenhang wijzen, verloren gegaan. 't Is daarom van groot belang, dat er nog in eene andere richting bewijzen te vinden zijn, en wel zulke, die ons tevens iets mededeelen omtrent den tijd, waarin de afscheiding plaats vond. Die bewijzen zijn gelegen in de meerdere of mindere overeenkomst tusschen de flora en fauna van het eiland en die van de nabij gelegen kust. Het is hier de plaats niet, daarover verder uit te wijden; we verwijzen dienaangaande naar de verspreiding van planten en dieren.

Als zeer oude afgescheiden eilanden merkt men doorgaans Celebes, Ceylon en Madagaskar aan. De overeenkomst, die er tusschen de fauna van deze beide laatste eilanden bestaat, heeft aanleiding gegeven, dat men zich een vroeger werelddeel voorstelde, waarvan beide eilanden, en misschien ook Celebes, de overgebleven deelen waren. Die hypothese is echter onhoudbaar gebleken. Toch is het zeer waarschijnlijk, dat Madagaskar zich eens uitgestrekt heeft over de Seychellen, misschien tot aan de Kokos-eilanden. Even oude eilanden zijn de Antillen.

Het oudste van alle continentale eilanden is Nieuw-Zeeland, en dit is het eenige, waarop tegenwoordig nog de naam van overgebleven eiland van toepassing is. Het schijnt zich als vastland uitgestrekt te hebben tot aan het Chattam-, Auckland-, Howe-eiland en Norfolk. Het is echter nog twijfelachtig, of latere onderzoekingen niet zullen uitmaken, dat dit overgebleven eiland eens over Nieuw-Caledonië met het vastland van Australië samenhing. Tevens schijnen in den Grooten Oceaan onder de hooge eilanden er nog voor te komen, die niet uitsluitend door vulkanen zijn opgebouwd, zooals: enkele Fidsji-eilanden, Nieuw-Brittannië, de Salomons-, de Pelew-eil. en de Marquesas, maar de waarnemingen dienaangaande zijn nog niet beslissend.

§ 173. Oorspronkelijke eilanden. Hiertoe behooren nu alle eilanden, die nooit met eenig vastland zijn verbonden geweest. Men noemt ze ook wel oceanische, omdat ze doorgaans op verren afstand van de kust liggen.

Hebben we de niet-oorspronkelijke eilanden continentaal genoemd naar de ligging?

Intusschen ligt het continentale Nieuw-Zeeland tamelijk ver van de kust en worden de eilanden in de Golf van Guinea met recht tot de oorspronkelijke gerekend; waaruit blijkt, dat eene oceanische ligging geen algemeene eigenschap is van de oorspronkelijke, evenmin als de continentale ligging eene van de continentale eilanden.

Naar gelang van de oorzaak, waardoor oorspronkelijke eilanden boven den waterspiegel worden gebracht, kan men ze verdeelen in

1° die, welke ontstaan zijn door werking van vulkanen: vulkanische eilanden;
2° die, welke ontstaan zijn door opeenhooping van verschillende stoffen als zand, kalkgruis, enz.: opgeworpen eilanden.
3° die, welke aan een stijgen des zeebodems of een dalen van den waterspiegel dus eene negatieve niveauverandering hun ontstaan te danken hebben: niet-vulkanische verheffingseilanden.

Natuurlijk kan bij de twee eerste soorten eene negatieve niveauverandering de vorming van het eiland bespoedigen; in het laatste geval is zij hoofdoorzaak.

Eilanden van de derde soort zijn van gering belang en komen bovendien weinig voor. Een voorbeeld leveren de Golfstroom-eilanden, ten noordwesten van Nova-Zembla. In 1594 peilden de Hollanders daar eene diepte van 33 meter. Het rotseiland Harrilaid, aan den mond van de Golf van Riga tusschen Dago en Worms levert een tweede voorbeeld. Misschien is de St. Paulusrots in den aequatorialen Atlantischen Oceaan een derde.

Tot de opgeworpen eilanden behoort Edmondstone aan den mond van den Ganges, dat naar een bericht van 1819 uit een zandbank tot een eiland van ruim 2 vierkante kilometer aanwies. Vele vlakke koraaleilanden behooren er eveneens toe, daar zij ontstaan zijn door opeenhooping van koraalgruis. Deze vlakke koraaleilanden en de vulkanische eilanden vormen het grootste gedeelte van de oorspronkelijke eilanden.

§ **174. Vulkanische eilanden.** Dat er door vulkanische werking eilanden kunnen ontstaan, is door voorbeelden uit den laatsten tijd voldoende bewezen. Bestaan deze uit weeke stoffen (asch en slakken) dan worden ze spoedig weder een prooi der golven, zooals het eiland Ferdinandia, dat in 1831 in de Sicilische straat boven water kwam, en de eilandjes die in 1883 bij de uitbarsting van Krakatau ontstonden en in Aug. 1884 reeds weder verdwenen waren. Worden echter door vastere steensoorten (graniet, basalt, enz.) eilanden gevormd, dan blijven deze langer bestaan. In Europa zijn op deze wijze waarschijnlijk vele der Liparen gevormd. Het eiland Santorin of Thera is grootendeels op deze wijze ontstaan (Zie fig. 41).

Dit eiland is gelegen in het zuidelijk gedeelte van den Griekschen Archipel. In de omgeving liggen Therasia en Aspronisi. Vereenigt men de buitenzijden van deze drie dan blijkt het duidelijk, dat ze in een kring gelegen zijn; neemt men daarbij in aanmerking, dat de binnenzijde steil in zee afdaalt, terwijl de buitenzijde langzaam glooit, dan krijgt het geheel zeer veel overeenkomst met den rand van den krater van een vuurspuwenden berg. In den krater zijn in historischen tijd (van 46 n. Chr. tot 1866) drie nieuwe eilandjes ontstaan: Palão-Kaimeni (*P.K.*), Mikro-Kaimeni (*M.K.*) en Nea-Kaimeni (*N.K.*). Intusschen moet opgemerkt worden, dat Thera niet geheel en al een oorpsronkelijk eiland is: het kleine schiereiland aan de oostzijde wordt gevormd door den St. Eliasberg, die uit gekristalliseerden leisteen en kalk bestaat en daardoor toont tot de rij der Cycladen te behooren. Dergelijke

voorbeelden van vereeniging van een vulkanisch en een continentaal-eiland komen meer voor, de vulkanische werking heeft dan dit laatste vergroot.

Fig. 41.



Besloten we hier uit het voorkomen van vulkanische produkten tot het oorspronkelijke van het eiland, zoo maakten we gebruik van den zeer gevaarlijken regel, dat een continentaal eiland niet vulkanisch kan zijn. We weten trouwens zeer goed, dat deze wet niet doorgaat: onze Soendaeilanden zijn alle vulkanisch en toch bevindt er zich geen noemenswaard oorspronkelijk eiland bij, wat zich trouwens uit de eigenaardige ligging reeds liet vermoeden. Een voorbeeld ervan hoe voorzichtig men bij de bepaling der soort dient te wezen en hoe noodig het is, dat de flora en de fauna worden geraadpleegd, is het volgende. In de Golf van Guinea liggen vier vulkanische eilanden Annobon, St. Thomé, Principe en Fernando Po. Aan de kust tegenover dit laatste verheft zich het vulkanische Cameron-geb. Oppervlakkig zou men alle vier deze eilanden over denzelfden kam scheren; maar de fauna wijst er duidelijk op, dat Fernando Po in nog niet ver achter ons liggende tijden tot het vastland heeft behoord en alleen de drie andere als oorspronkelijke eilanden mogen worden aangemerkt.

Van zeer vele eilanden kan men nog niet beslissen, of ze tot de oorspronkelijke dan wel tot de continentale behooren. Zeker mag het te verwonderen zijn, dat ook IJsland tot deze twijfelachtige behoort. Dit komt hiervan, dat de geologische gesteldheid en de fauna nog niet nauwkeurig genoeg onderzocht zijn.

§ **175.** Resumeeren wij de verdeeling der eilanden:

A. **Continentale of Niet-oorspronkelijke.**

1° Afgescheiden eilanden.

2° Overgebleven eilanden.

B. **Oorspronkelijke.**

1° Vulkanische eilanden.

2e Opgeworpen eilanden.

3e Niet-vulkanische verheffings-eilanden.

De koraaleilanden vormen geen afzonderlijke groep. Zij zijn namelijk niet uit koraalstof opgebouwd: de koraalmassa is de kroon van een vulkanisch, een opgeworpen of, en dit heeft naar de theorie van Darwin (Zie § 312) het meest plaats, een zinkend eiland,

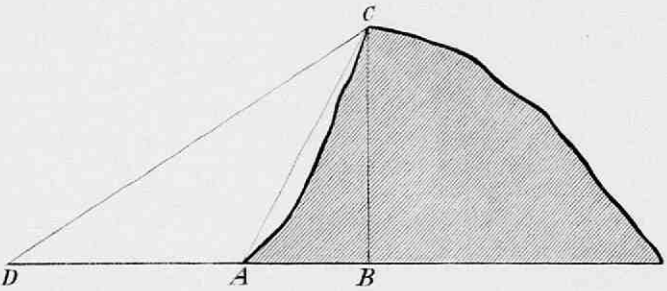
Welke plaats in de verdeeling kunnen ze dus innemen?

VERTICALE VORM VAN DEN LITHOSPHEER.

§ **176. Hoogtemetingen.** Na de behandeling van den horizontalen vorm van den lithospheer, beschouwen we zijne verticale geleding. Wij hebben hier dus te doen met de hoogte van zijne verschillende deelen en dienen vooraf na te gaan, hoe men deze hoogte bepaalt. Daarvoor bestaan vier methoden; men kan de hoogte door hoekmeting, door middel van den barometer, van den hypsometer en van het fleschjeswaterpas vinden.

Van de eerste methode (de trigonometrische) geeft het volgende een denkbeeld. Zij in fig. 42 C de top van een berg, waarvan men de hoogte wil

Fig. 42.



bepalen, en A en D twee punten in de laagte, waarvan men den afstand kent. Richt men nu in D een kijker op C dan zal DC de vizierlijn van dit instrument voorstellen. Door te meten, welken hoek het werktuig met het horizontale vlak maakt, vindt men dus $\angle CDA$. Op gelijke wijze kan $\angle CAB$ gevonden worden, en daaruit leidt men zijn supplement $\angle DAC$ af. Van den driehoek DAC zijn dan de basis en twee aanliggende hoeken bekend. Daardoor is de driehoek bepaald en kan men dus zijne hoogte BC vinden.

In de planimetrie zou dit als volgt moeten geschieden. Stel DA is 100 KM., $\angle CDA$ 20° en $\angle DAC$ 150°. Nu construeert men een driehoek, waarvan de basis 100 cM. is en de aanliggende

hoeken 20° en 150°, en trekt daarna de loodlijn BC. Zooveel cM. deze groot is, zooveel KM is de hoogte van den berg. Waarom?

De trigonometrie leert uit dezelfde gegevens de hoogte op eenvoudiger wijze berekenen.

Weet men nu de hoogte van AD, want deze vlakte behoeft niet juist gelijk met den zeespiegel te liggen, dan is de hoogte van C gevonden. Deze methode kan alleen bij geïsoleerde bergen worden toegepast. Waarom?

De tweede methode (de barometrische) berust op de wet, dat de luchtdruk met de hoogte afneemt. Onderstellen we, dat de luchtkolom, waarvan men de hoogte wil meten, uit droge lucht bestaat, die overal de temperatuur van 0° C. en ook overal de dichtheid van de onderste lagen bij een barometerstand van 760 mm. heeft. Dan woog zij 10515 maal minder dan een gelijke kolom kwik. Wanneer men dan met een barometer in den dampkring opsteeg, zou elk mm. daling van de kwikzuil een stijging van 10515 mm. aanduiden. Zoo gemakkelijk is de zaak in werkelijkheid niet. We weten, dat de dampkring ijler wordt, we weten ook dat de temperatuur vermindert, bovendien, dat het gehalte aan waterdamp niet altijd gelijk is en daardoor wordt de barometrische methode zeer ingewikkeld (Zie § 44).

Daarbij komt nog, dat het oppervlak der zee zich niet tot onder de te meten hoogte voortzet en men dus niet zeker kan zijn van den barometerstand, dien men daar zou aantreffen. Vandaar dat de uitkomsten langs dezen weg verkregen niet nauwkeurig kunnen zijn. Het meer Baikal ligt volgens waarnemingen met den barometer 409,3 meter hoog, terwijl het zich in werkelijkheid 469,4 meter boven de zee bevindt, wat op zoo geringe hoogte reeds een verschil geeft van 60 meter of bijna $\frac{1}{7}$.

De derde methode grondt zich op de wet, dat het kookpunt van vloeistoffen lager ligt, naarmate de drukking op het vloeistofoppervlak geringer wordt (v. d. Stadt I § 75). Water kookt bij een luchtdruk van 760 mm. op 100° C., van 700 mm. op 97,7°, van 600 mm. op 93,5°, enz. Ook deze methode geeft onzekere resultaten.

Een vierde methode, waarbij men wel geen groote hoogte kan meten, maar die overigens zekere resultaten oplevert, is de methode met het fleschjeswaterpas (v. d. Stadt I § 38).

§ **177. Absolute en betrekkelijke hoogte.** Men onderscheidt de absolute van de betrekkelijke hoogte. De eerste is de hoogte, waarop zich een punt boven den waterspiegel verheft. Laat men in de gedachte het zeevlak, doorgaan tot onder het te meten punt, dan is de loodlijn, uit het punt op dit vlak neergelaten, de absolute hoogte van het punt.

Om de absolute hoogte te bepalen neemt men dus aan, dat de zeespiegel den vorm bezit van de aan de polen afgeplatte aarde; wij hebben gezien, dat de oceaan in werkelijkheid een zoo regelmatig gebogen oppervlak niet bezit. (Zie § 107).

Het uitgangspunt voor het meten van de absolute hoogte eener plaats is dus een denkbeeldig vlak.

De betrekkelijke hoogte van een punt is de hoogte, waarop het zich boven zijne omgeving verheft. In fig. 42 is *BC* de betrekkelijke hoogte van den berg; vermeerdert men deze met de absolute hoogte van *DA*, dan verkrijgt men de absolute hoogte van den top *C*.

Doorgaans is de absolute hoogte grooter dan de betrekkelijke: Chimborazo 6310 meter, gemiddelde hoogte van de hoogvlakte van Ecuador 2600 meter; Kuenlnen 6800 meter, hoogvlakte van Tibet ongeveer 4000 meter. Toch kan ook het tegenovergestelde waar zijn: Jeruzalem 800 meter, de Doode Zee —394 meter.

In welke gevallen is de betrekkelijke hoogte grooter dan de absolute? Kunt ge wel streken aanwijzen, waar dit ook zoo zijn zal?

§ **178. Indeeling der vormen.** Ten opzichte van de hoogte verdeelt men de oppervlakte van de landmassa in hoogland en laagland. Het laagland bevindt zich voornamelijk aan de kust van de zee en kenmerkt zich door eigenaardige hoedanigheden, die wel niet onder een algemeenen regel zijn samen te vatten, maar die toch veel verschillen van de hoedanigheden van hooger gelegen landstreken. Daar echter de natuur geen scherpe grenzen tusschen laagland en hoogland heeft getrokken, kan geenerlei hoogte als grens worden aangenomen. Sommigen stellen 200 meter, andere 300 als uiterste hoogte van het laagland. Een paar voorbeelden zullen de moeielijkheid, om hier eene grens te stellen, ophelderen. De vlakte aan de Amazone behoort aan haren mond beslist tot het laagland. Het karakter, tropische woudgroei, strekt zich tot aan den voet van het gebergte uit. Daar echter heeft de vlakte eene hoogte van bijna 400 meter. Dit laagland verheft zich dus ver over de 300 meter. Nemen we nu de kalkplateau's der Alpen, die ongetwijfeld tot het hoogland behooren. In het noordoosten der Adriatische Zee zetten ze zich tot aan de kust voort. Eenzaamheid, dorheid, onbewoonbaarheid blijven hare kenmerken, tot waar ze steil in zee afvallen. Daar zijn ze echter doorgaans minder dan 200 meter hoog.

Deze twee voorbeelden mogen voldoende zijn om aan te toonen, dat eene bepaalde hoogtegrens tusschen hoog- en laagland niet te stellen is. Grondsoorten (de hooglanden zijn doorgaans rotsachtig, de laaglanden alluviaal en diluviaal) en de plantengroei bepalen het karakter.

De hooglanden vormen een kern, waarom zich de laaglanden uitstrekken; soms is het hoogland aan alle zijden door laagland omgeven, soms niet.

De overgang tusschen hoog- en laagland noemt men terrasland of trappenland. Daar daalt het land namelijk af, als de treden van een trap of met terrassen.

Ten opzichte van het oppervlak verdeelt men de landmassa

in vlak en oneffen land. Het vlakke land draagt den naam van vlakte, zoodat men hoogvlakten en laagvlakten heeft, al naar gelang de vlakte tot het hoogland of tot het laagland behoort. Is de oppervlakte van het hoogland oneffen, dan noemt men het bergland; in het laagland heet een dergelijke vorm heuvelland.

Afzonderlijk staande hoogten, meestal bestaande uit vasten steen, noemt men bergen. Liggen deze bergen in eene bepaalde rij, dan spreekt men van een bergketen; liggen ze ordeloos verspreid in een hoogland, dan noemt men dit eene bergmassa. De hoogten in het heuvelland heeten heuvels; zij vormen dikwijls heuvelrijen.

In eene der volgende hoofdstukken zullen we zien, dat de lithospheer bestaat uit verschillende lagen. Het hangt natuurlijk van de richting dezer lagen af, hoe de oppervlakte der aarde zal zijn. Is die ligging horizontaal, dan zal ook de oppervlakte horizontaal zijn; is de horizontale ligging verbroken, dan krijgen we oneffenheden op de oppervlakte. Daarenboven kan het nog gebeuren, dat door vulkanische krachten de lagen worden doorboord en er zich een vulkanische berg op verheft, zoodat we de volgende indeeling krijgen:

I. **Laagland**, doorgaans niet hooger dan 300 meter.
   A. Laagvlakte, met effen oppervlak.
   B. Heuvelland, met oneffen oppervlak.

II. **Hoogland**, doorgaans hooger dan 300 meter.
   A. Hoogvlakte, met effen oppervlak.
   B. Bergland, met oneffen oppervlak, weder verdeeld in:
      a. bergmassa,
      b. bergketen.

III. **Vulkanische verheffingen**, die in zekeren zin buiten verband met de geologische lagen der omgeving staan.

§ 179. **Europa en Azië.** Beschouwen we thans de orographische kaarten van de verschillende werelddeelen, zooals die in elken goeden atlas worden gevonden. Vangen we met Europa en Azië aan. We nemen deze beide werelddeelen bij elkander, omdat ze zich, wat hun verticalen vorm aangaat, moeilijk laten scheiden.

Hebben we nog meer bewijzen ontmoet, dat deze beide eigenlijk één geheel uitmaken? (Zie § 8).

Een groote gordel hoogland strekt zich van den Atlantischen tot aan den Grooten Oceaan uit. Maar er bestaat een groot verschil tusschen het Europeesch en het Aziatisch gedeelte ervan. In het eerste bestaat het hoogland voornamelijk uit bergketens, zelden uit bergmassa's; terwijl in het laatste de vorm der hoogvlakten op den voorgrond treedt.

Welke bergketens vindt men in Europa, welke bergmassa's? Zijn er in ons werelddeel ook hoogvlakten? Welke hoogvlakten en bergketens behooren er in Azië toe?

Als centrum kunnen we het Achter-Aziatisch hoogland beschouwen, dat naar noordoost, oost en zuidoost groote bergstelsels uitzendt. Daaraan sluit zich naar het westen het Voor-Aziatisch hoogland, het gebergte in het oosten van het Balkanschiereiland, de Karst, die reeds tot het Alpensysteem behoort (waartoe uit een geologisch oogpunt ook Karpaten, Jura en Apennijnen moeten gerekend worden), de Duitsche en Fransche middelgebergten, waaraan het Britsche gebergte, het Iberische bergland en de Atlas zich aansluiten. De gordel eindigt dus op Afrikaanschen bodem.

De grootste breedte bereikt deze zone in het oostelijk gedeelte van Azië, onder den meridiaan van Malakka, waar zij ruim 5000 kilometer breed is. Over het geheel genomen wordt zij naar het westen smaller. Ook neemt de uitgebreidheid der hoogvlakten in die richting af: in Europa is het hoogland zeer weinig samenhangend, maar vormt veel bergketens. In dezelfde richting worden ook de culminatiepunten geringer: Mont-Everest 8840, Demawend 5628, Elbroes 5660, Mont-Blanc 4810, Mulahacen 3567, Atlas 3500 meter.

Door het culminatiepunt van een bergland verstaat men den hoogsten top, die er in gevonden wordt.

Noordwaarts helt deze hooglandsgordel naar omlaag en gaat over in een laagland, dat zich uitstrekt van den voet der Pyreneën tot aan de gebergten, die de oevers der Lena begrenzen. Uit de onderstaande tabel blijkt deze trapsgewijze afdaling, zoowel voor Europa als voor Azië.

Azië.		Europa.	
Siberisch laagland	100 m.	Germaansche laagvlakte	60 m.
Dsjoengarije	500 »	Duitsch Middelgebergte	400 »
Tarim-bekken	1000 »	Zwabisch-Beiersche hoogvlakte	460 »
Tibet	3200 »	Oostalpen	1300 »

Ten noorden van deze vlakte heeft men in Europa het Scandinavisch-Finsch hoogland, waarvoor Azië geen overeenkomstigen vorm kan aanwijzen. Dit maakt echter geen inbreuk op onze stelling, dat Europa, wat den verticalen vorm betreft, een verlengstuk van Azië is; want die afgezonderde zelfstandige bergmassa in het noordwesten is eerst later met Europa verbonden.

Naar het zuiden valt de hooglandszone steil in den oceaan af. Vatten we de eigenaardigheid of de individualiteit van den verticalen bouw van Europa en Azië kort samen dan krijgen we: **Beide bestaan uit een hooglandszone, die zich nagenoeg evenwijdig aan de parallellen uitstrekt, die aan de poolzijde langzaam helt, aan de aequatoriaalzijde daarentegen steil in de zee stort, en die van oost naar west in massa afneemt.**

§ **180. Amerika.** In de Nieuwe Wereld vinden we veel punten van overeenkomst met Europa en Azië, maar ook een groot verschil. De overeenkomst bestaat in het voorkomen van een hooglandszone, die zich over het gansche werelddeel uitstrekt, doch niet in eene richting evenwijdig aan de parallellen, maar evenwijdig aan de meridianen.

Als centrum kunnen we aannemen het hoogland op ongeveer 40° N.B. Van daar gaat dan een noordelijk en zuidelijk hoogland uit, welk laatste zich tot aan Kaap Hoorn uitstrekt. In deze richting verdwijnen de hoogvlakten meer en meer. Intusschen is en het voorkomen van hoogvlakten en het verminderen van breedte niet zoo regelmatig als in de Oude Wereld. Wat de culminatiepunten aangaat is de orde bijna eene tegenovergestelde: Aconcagua 6834, Sorata 7563, Chimborazo 6310, Mount Withney 4640, Mont Hooker 4905, Eliasberg 5950 meter.

Aan de westzijde daalt de hooglandszone steil in zee, aan de oostzijde daarentegen vinden we eene langzame helling naar een laagvlakte, die in meridiaanrichting het werelddeel doorsnijdt en door de uitloopers van het gebergte in verschillende afzonderlijke vlakten (welke?) verdeeld wordt.

Tot vergelijking diene de volgende tabel:

Noord-Amerika.		Zuid-Amerika.	
Utah	2000 m.	Titicacameer	3900 m.
Llanos Estacado	1200 »	Bolivia	2500 »
Missouri-vlakte	500 »	Paraguay-vlakte	200 »
Mississippi-vlakte	200 »	Braziliaansch bergland	2000 »
Alleghanies	2000 »		

Aan de oostzijde komt het laagland hier en daar aan de kust, maar wordt er op andere plaatsen door een voorliggenden berggroep van gescheiden: de Alleghanies en het Braziliaansch bergland.

De individualiteit van den verticalen vorm van Amerika is dus gelegen: in de meridionale richting der aaneensluitende hooglandszone, die naar 't oosten in de vlakte afdaalt en in het westen steil in zee stort, en in het voorkomen van zelfstandige bergsysteemen aan de oostkust.

§ **181. Afrika.** Dit werelddeel wordt geheel ingenomen door hoogland, behalve de kleinere vlakten langs de kusten en langs de monden der rivieren. **Dat hoogland is niet verbrokkeld in gebergten, maar bestaat uit eene aaneenschakeling van komvormige plateau's. In het noorden is hunne uitbreiding, in het zuiden hunne hoogte en die van de scheidende bergen het grootst**, zooals uit de volgende tabel blijkt.

Zwarte bergen	1800 m.	Hoog-Soedan	630 m.
Karroo terras	1000 "	Tsadmeer-vlakte	240 "
Roggeveld	1800 "	Sahara	460 "
Ngamibekken	870 "	Lybische oasen	—10 " ?
Noordelijke randgeb.	1200 "	Barka	400 "
Congobekken	480 "		

Australië lijkt in vele opzichten op Afrika, maar de binnenste hoogvlakte schijnt over 't algemeen niet hooger dan 400 meter te zijn. Het hoogste randgebergte ligt aan de zuidoostzijde.

§ **182. Vergelijkingen.** Wat den horizontalen vorm betreft, hebben Afrika en Zuid-Amerika groote overeenkomst met elkander, en juist kan men wat verticalen vorm aangaat geen twee werelddeelen noemen, die scherper tegenover elkander staan. Afrika is het continent der hooglandformatie, Zuid-Amerika is voor het grootste gedeelte laagland. De een heeft een groote bergketen, de andere bestaat uit één bergmassa. We zien dus duidelijk, **dat de verticale vorm den horizontalen niet bepaalt.** Van de werelddeelen zijn er twee, die bijna uitsluitend tot het hoogland behooren; de drie andere bestaan uit een hooglandszone, die aan eene zijde in laagland overgaat, maar Amerika's bouw vertoont de meridionale richting en die van Europa-Azië de parallelle. Tot vergelijking dienen de volgende verhoudingen van hoogland en laagland bij de verschillende werelddeelen.

	Hoogland.	Laagland.	Verhouding.
Azië	63%	37%	1 : 0,6
Noord-Amerika	45%	55%	1 : 1,2
Zuid-Amerika	33%	66%	1 : 2
Europa	32%	68%	1 : 2

§ **183. Depressie's in de landmassa.** Doorgaans ligt de oppervlakte van het vastland hooger dan de zeespiegel. Maar op enkele plaatsen treft men streken aan, die lager liggen dan deze. Wij kunnen ze verdeelen in twee soorten, naar gelang die depressie's het gevolg zijn van den verticalen bouw of van den invloed van den mensch. De eerste noemen we natuurlijke, de tweede kunstmatige.

Natuurlijke depressie's zijn de volgende: het gebied aan de noordkust der Kaspische Zee, het dal van de Jordaan, de vlakte van Wargla, ten zuiden van den Atlas, de laagte der Lybische oasen en de depressie ten zuidoosten van het Abessynisch bergland.

Ten noorden van de Kaspische Zee ligt de grootste. Halfweg tusschen Sarepta en Saratow ligt de linkeroever van de Wolga gelijk met den zeespiegel, halfweg tusschen de eerste stad en den mond daalt de rechteroever er onder. Van deze basis

breidt zich om de noordkust tot 45° N.B. de depressie met nagenoeg gelijke breedte uit, aldus eene vlakte beslaande van 13500 □ geog. mijlen. Het oppervlak der Kaspische Zee ligt ongeveer 27 meter beneden den spiegel der Middellandsche.

Kan er wel eene onderaardsche verbinding bestaan tusschen de Zwarte en de Kaspische Zee?

Het ontstaan van deze depressie meent men op de volgende wijze te kunnen verklaren. Er is een tijd geweest, dat de noordelijke IJszee hare wateren tot tegen de hooglandszone voortdreef. Door aanslibbing der Siberische rivieren ontstond de Siberische vlakte. Nu was de zeearm veranderd in een meer, waarvan de spiegel gelijk lag met dien van den Arctischen Oceaan. Dit meer nu bevond zich in eene streek, waar de verdamping grooter was dan de neerslag en wel zoodanig, dat groote rivieren (o. a. de Wolga en de Oeral) het te kort niet konden herstellen. Vandaar dat de waterhoeveelheid langzamerhand verminderde en alleen de diepste plaatsen bedekte. Het daardoor bloot komende land ligt echter lager dan de spiegel van den Oceaan.

Volgt hieruit ook iets voor 't zoutgehalte der Kaspische Zee?

Het dal van de Jordaan is een depressie van geheel anderen aard. Het ontstond door eene gewelddadige verbreking van de horizontale aardlagen en door de instorting van groote deelen van het gebergte. Door de kloof stroomt de Jordaan van het Meer van Tiberias tot aan de Doode Zee; het eerste ligt 200, de laatste 400 meter onder den spiegel der Middellandsche Zee. De Doode Zee is op sommige plaatsen 550 meter diep; dus hebben we hier te doen met eene depressie, die op sommige plaatsen bijna 1000 meter diep is. Deze kloof wordt ten zuiden van de Doode Zee nog voortgezet in de Wadi Arabah en de Golf van Akaba. In vroegere tijden schijnt het dal van de Jordaan (El Ghor) één meer te zijn geweest, dat zich ook nog ten zuiden van de Doode Zee uitstrekte en door verdamping langzamerhand inkromp.

Langs den zuidrand van den Atlas, van Toeggoert tot aan de Golf van Gabes, breidt zich de vlakte van Wargla, of de streek der Zuid-Algerijnsche Schots (d. i. meren) uit. Zij ligt van 16 tot 22 meter onder de oppervlakte der Middellandsche Zee, waarvan ze door eene duinrij gescheiden is. Het lage gebied der Lybische oasen begint bij de Natronmeren, ten westen van Gizeh, en eindigt bij den zuidoostelijken inham van de Groote Syrte. De voornaamste oasen erin zijn Siwah (—29 m.), Dsjalo of Lebba (—35 m.), Audsjila (—52 m.) en Bir Rissam (—100 m.). Volgens andere metingen zou de depressie niet zoo groot zijn, ja bij Audsjila geheel niet bestaan.

Denk hierbij aan de onnauwkeurigheid van barometrische hoogtemetingen.

Bovendien vinden we in Afrika nog eene zeer locale depressie in het verlengde van de Tadsjoera baai, ten zuiden van de straat van Bab-el-Mandeb. Daar liggen ruim 150 meter beneden den zeespiegel de meertjes Assal en Abhebbad.

Kunstmatige depressie's ontstaan aan de kusten van zeeën en meren, als de mensch door dijken en dammen den grond tegen het water verdedigt. Voorbeelden daarvan zijn de klei- en veenpolders langs de vlakke kusten der Noordzee, in de Povlakte, enz. Het verschil tusschen waterspiegel en bodem is niet zoo groot en bedraagt b. v. in ons land hoogstens 6 meter. De uitgestrektheid van deze landstreken kan soms tamelijk groot zijn; langs de zuidoostelijke Noord-Zeekust van Vlaanderen tot Jutland bedraagt zij bijna 3000 □ kilometer.

Intusschen is en blijft eene depressie tot beneden de zeeoppervlakte eene uitzondering en kunnen we dus in het algemeen zeer goed zeggen, dat de landmassa overal boven den zeespiegel ligt.

§ 104. Gemiddelde hoogte der continenten. De aardoppervlakte is zeer ongelijk van hoogte, zooals uit de voorafgaande beschouwing der werelddeelen is gebleken. Toch heeft men getracht de gemiddelde hoogte van verschillende deelen te bepalen. De uitkomsten van die pogingen zijn benaderingsgetallen, die slechts tot vergelijking kunnen dienen. Hoe minder gegevens men tot zijne beschikking heeft, hoe minder vertrouwbaar de uitkomsten zijn. We geven hieronder de door de Lapparent op nieuw berekende

Gemiddelde hoogte der continenten

Europa	300 m.	Noord-Amerika	600 m.
Azië	880 »	Zuid-Amerika	525 »
Afrika	600 »	Australië	350 »

Daaruit volgt voor de gemiddelde hoogte van het geheele vastland ongeveer 550 meter. De gemiddelde diepte van de watermassa bedraagt 3320 meter (zie § 110). Denken we ons dus den oceaanbodem droog gelegd, dan verheffen zich de continenten als ontzaglijke hooglanden tot minstens 3320, gemiddeld tot 3870 meter hoogte. Daarop komen hier en daar gebergten voor, maar hun invloed op de massa in haar geheel is ontzettend gering. Als men de massa der Alpen gelijkmatig over Europa verspreidde, zou ons werelddeel daardoor maar 27,2 meter in gemiddelde hoogte winnen. Deed men hetzelfde met de massa van de Pyreneën dan was de verhooging 5 M.; met de massa van Rusland, zoo ver het boven den zeespiegel ligt, zou men meer doen; dan bedroeg de verhooging 90 meter. Men ziet hieruit ten duidelijkste, dat de invloed van een terreinvorm op de gemiddelde hoogte veel meer van zijne uitgestrektheid dan van zijne hoogte afhangt.

We zien verder ook, dat de massa van het vastland, die boven het water uitsteekt, zeer klein moet wezen in vergelijking van de watermassa.

De gemiddelde hoogte der continenten 550 m., die des oceaans 3320. De uitgebreidheid van 't vastland $^4/_{15}$, die van de zee $^{11}/_{15}$. Daaruit volgt de verhouding in massa als 1 : 16.

Werpt men dus al 't vastland, dat boven den waterspiegel uitsteekt in den oceaan, dan zou de zeebodem $^1/_{16}$ van 3320 meter of ruim 200 meter stijgen.

Geheel anders verschijnt de verhouding als men den bodem van den oceaan als basis neemt, waarop het vastland rust. Dan is de landmassa een enorme klomp, waarvan de inhoud bijna $\frac{5}{12}$ van die der watermassa is.

Deze landmassa draagt hier en daar gebergten, maar deze zijn verzwindend klein in vergelijking van den grooten romp en kunnen dus nooit den vorm ervan bepalen (Zie § 182). Loopt een ketengebergte dus langs een kust, dan is het verloop van de kust geen rechtstreeks gevolg van de richting van het gebergte.

Wanneer hebben we deze wet reeds gezien? Kunt ge voorbeelden noemen in onzen Indischen Archipel, waaruit duidelijk blijkt, dat de bergen den vorm van 't eiland niet bepalen? Intusschen kan een gebergte de vernielende werking der zee tegengaan en zoodoende de kustrichting aangeven. Maar vroeger meende men, dat de gebergten eerst waren ontstaan en de verdere landmassa door aanslibbing ertegen was gevormd. Daarom noemde men de gebergten „het geraamte der aarde". Dit is foutief: het kleinere kan het grootere niet bepalen. De landmassa is opgeheven en daarop zijn de gebergten ontstaan. Van de gebergten in de laatste geologische tijden gevormd, weet men, dat ze alle opgeheven zijn aan den rand van het vastland.

§ **185. Het ontstaan der continenten.** Verschijnen alzoo de continenten als ontzettende hooglanden boven den bodem van den oceaan en kunnen zij niet ontstaan zijn, door aanslibbing tegen het gebergte, dan rijst de vraag: hoe meent men, dat zij gevormd zijn, door welke kracht zijn ze geschapen?

We bewegen ons hierbij op het gebied der hypothese, en dit is een gevaarlijk terrein, waar ten zeerste van toepassing is, hetgeen de Génestet zegt: Wat ons de wijzen als waarheid verkonden, straks komt een wijzer, die 't wegredeneert.

De meest duidelijke theorie is de volgende. Oorspronkelijk was de aarde een gloeiend vloeibare bol. Door afkoeling werd de buitenste laag vast. Echter is niet aan te nemen, dat die korst overal even dik was. Waar zij de grootste dikte bezat, zonk zij door hare zwaarte eenigszins dichter naar het middelpunt. Daardoor ontstond een ondiepe laagte, waarin het water zich verzamelde. Door dien meerderen druk werd nieuwe aanleiding tot verdieping gegeven. Daarenboven verkoelde het water den bodem der zee en bewerkte dus inkrimping der binnenste kern, voor zoo ver die tegen de korst aanlag, welke het water droeg. Reeds bij het eerste inzinken van een gedeelte der korst was de rand van het latere waterbekken gebogen en daar dus de cohesie verminderd. Bij verder dalen van den zeebodem ontstond er een nieuwe zijdelingsche druk. Om zich hiervan te overtuigen, bedenke men, dat de zinkende zeebodem telkens een segment wordt van een kleineren bol en dus zal trachten zijwaarts plaats te winnen. Daardoor wordt dus de rand hoe langer hoe meer omhoog geheven.

Het voorkomen van gebergten op het vastland aan den rand van den oceaan is dus een natuurlijk verschijnsel. Intusschen is daarmede niet gezegd, dat alle gebergten op die wijze zijn ontstaan.

Eigenlijk is dus de diepte der zee het gevolg van de ongelijke inkrimping der aardkorst, en zijn de continenten bij die inkrimping achter gebleven. Merken we verder nog op, hoe bij dezen voortgang telkens de radiale kracht (d. i. de kracht in de richting der radius of van den straal) werd veranderd in eene tangentiale (d. i. eene in de richting van de tangens of raaklijn).

GEBERGTEN.

§ **186. Ontstaan der gebergten.** In verband met de laatste paragraaf van het voorgaande hoofdstuk kunnen we thans het ontstaan der gebergten nader beschouwen. Reeds is gezegd, dat juist niet alle aan de kusten behoeven ontstaan te zijn. Van enkele heeft men dienaangaande zekerheid. De Himalaya, de Alpen, de Jura, de Vogezen, het Zwarte Woud liggen nu wel niet meer aan de kusten der zee, maar men weet, dat ze dit wel deden, toen ze ontstonden. Echter kan door de inkrimping der aardkorst even goed op eene andere plaats als de kust een vouw in de oppervlakte ontstaan; mits die plaats zwak is, en was de kust der zee eene zwakkere, reeds gebogen streek, dit sluit niet uit, dat de aardkorst ook op andere plaatsen zwak kon zijn.

De oorzaak van het ontstaan van oneffenheden in de oppervlakte ligt dus in de voortdurende afkoeling en inkrimping van den aardbol.

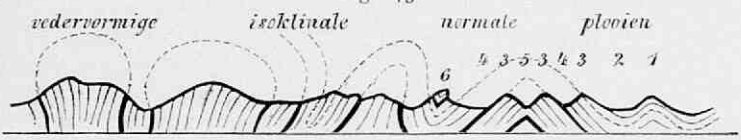
We hebben gezien, dat de bodem der zee het sterkst afgekoelde, het meest bezwaarde deel der aardoppervlakte was. Daar zullen we dus geen bergen aantreffen. Wel kan men hier en daar langs de kusten nog verzonken gebergten waarnemen. Voorbeelden daarvan vindt men in de Dalmatische eilanden, in de Cycladen, enz. Deze zijn als gebergten op het land ontstaan en dus door eene positieve niveauverandering met hunnen voet onder den waterspiegel geraakt. Zoo spoedig het water op hunne helling werkte, begon de zee haar alles gelijkmakenden arbeid. Is nu de niveauverandering in geringer tijd geschied, dan de zee noodig had om het gebergte te slechten, dan steken de toppen nog boven den zeespiegel uit; in het tegenovergestelde geval is het gebergte verdwenen voor het geheel onder den waterspiegel zou zijn gezonken.

Men heeft het ontstaan der gebergten door een proef weten duidelijk te maken. Een plaat van caoutchouc werd tot eene bepaalde lengte uitgetrokken. Daarna bracht men er een of twee lagen klei op en liet de caoutchouc langzamerhand hare vorige gedaante hernemen. De kleiplaten vertoonden toen dezelfde rimpeling, als men in de oppervlakte der aarde waarneemt.

We hebben de oneffenheden van de aardoppervlakte hier vergeleken bij eene eenvoudige rimpeling, ofschoon het hier gebergten geldt van duizenden meters hoog; wanneer men echter in aanmerking neemt, dat de hoogste berg op aarde op eene globe van 1 meter diameter slechts als $^1/_2$ mm. hoog moet worden voorgesteld, dan zal men overtuigd zijn, dat de hoogste verhevenheden in vergelijking van de aarde slechts onduidelijke rimpelingen zijn. Al onze reliefglobes zijn daarom veel onnauwkeuriger dan de effen globes.

§ 187. Vorm der plooien. Beschouwen we nu in de eerste plaats den vorm der plooien en wel naar aanleiding van fig. 43, die eene dwarse doorsnede van een gebergte voorstelt. De stippellijnen geven aan, hoe men meent, dat oorspronkelijk de vorm van 't gebergte geweest is. Bij *1* zien we eene hoogte, een zoogenaamden kam. Aan beide zijden van dezen kam vallen de plooien naar omlaag, zijne hellingen zijn dus aan elkander tegengesteld. Daarom heet deze kam een antiklinale (anti = tegen, klinaal komt van een ~~hebreeuwschen~~ stam, die hellen beduidt, dus tegen elkander hellend). Bij *5* zien we tusschen de plooien eene laagte,

Fig. 43.



een dal. De lagen van het gebergte hebben daar ter weerszijden tegengestelde helling en daarom heet dit dal ook een antiklinaal dal. In beide gevallen verwijderen zich de lagen, waaruit het gebergte bestaat, hoe langer hoe meer van elkander.

Bij *6* merken we ook een kam, bij *2* ook een dal op. Hier hebben de lagen ook tegengestelde helling, maar zij komen hoe langer hoe meer bij elkander, daarom noemt men *6* een synklinalen kam en *2* een synklinaal dal (syn = samen).

Bij *3* ligt wederom een kam, bij *4* wederom een dal. De lagen, waardoor de beide wanden van het dal of de beide hellingen van den kam worden gevormd, hebben dezelfde richting; daarom noemt men zulke kammen en dalen isoklinale (iso = gelijk).

We hebben dus de volgende verdeeling der dalen en kammen:

A. De lagen van het gebergte verwijderen zich hoe langer hoe meer van elkander; dit geeft antiklinale;

B. De lagen van het gebergte loopen naar elkander toe; dit geeft synklinale;

C. De lagen van het gebergte loopen evenwijdig; dit geeft isoklinale kammen en dalen.

Het gedeelte der figuur, waar we deze verschillende soorten opmerkten, was zeer eenvoudig gevormd, namelijk door eene opheffing, die oorspronkelijk den antiklinalen kam, bij *5* door stippellijnen aangewezen, had doen ontstaan. Zulk eene ligging der plooien is de normale. Echter komen ook meer evenwijdige, rechtopstaande lagen voor. Deze noemt men isoklinale plooien, terwijl vedervormige plooien in de figuur aan den linkerkant zijn voorgesteld.

§ **188. Hoogte der gebergten.** Door de ongelijkheid van de verschillende deelen, kan men slechts van eene gemiddelde hoogte van het geheele gebergte spreken. Men onderscheidt echter top-, kam- en pashoogte. Door de gemiddelde tophoogte verstaat men het gemiddelde van de hoogten, waarop zich de toppen van het gebergte verheffen. De gemiddelde pashoogte geeft de gemiddelde hoogte aan, waarop de passen gelegen zijn. Misschien behoeft het begrip pas eenige nadere verklaring. Om van de eene helling van het gebergte naar de andere te komen, zoekt men den laagsten weg of liever den gemakkelijksten weg uit. Deze gaat dan eerst door dalen, maar van het eene dal in het andere voert hij den reiziger vaak tusschen steile bergwanden door. Eene laagte, die geschikt is de gemeenschap tusschen twee dalen te onderhouden en slechts geringe breedte bezit, noemt men een pas. Is de laagte uitgestrekt, dan wordt zij eene kleine hoogvlakte; is zij niet bruikbaar voor de gemeenschap, dan is zij eenvoudig een kloof.

Door den kam van een gebergte verstaat men de lijn, die de hoogste punten van elke dwarse doorsnede van het gebergte vereenigt. In den kam liggen dus de toppen, en ook de passen, wanneer deze van de eene zijde naar de andere zijde van het gebergte voeren.

Door de gemiddelde kamhoogte verstaat men de gemiddelde hoogte van den kam. Soms bedoelt men er eenvoudig het gemiddelde van de gem. top- en de gem. pashoogte mede.

De hoogte der verschillende gebergten is na hun ontstaan dikwijls zeer verminderd (Zie § 271).

De tophoogte en de vorm van het gebergte bepalen het karakter, dat het aan het landschap geeft, maar de begaanbaarheid hangt van de pashoogte en het aantal passen af. Zijn de passen hoog of weinig in getal, dan vormt het gebergte een onoverschrijdbaren muur tusschen de volken, die op de beide hellingen wonen. Is daarentegen de pashoogte gering en het aantal passen groot, dan laat een beschaafd volk zich in zijne bewegingen weinig door den bergmuur belemmeren. De hoogste gem. pashoogten komen voor bij de gebergten van Azië: Kuenluen 5200 M., Karakoroem 5700 M., Himalaya 5400 M. De laagste pas in dit gebergte ligt nog ruim 100 meter boven den top van den Mont-Blanc. In de Andes bedraagt de gem. pashoogte 4200 M.; de Evanspas, waar de Pacific-baan door gaat, is 2400 M. hoog. De Europeesche bergen bieden in vergelijking weinig zwarigheden voor het verkeer aan. De gem. pashoogte der Alpen bedraagt 2300 M.; de hoogste pas ligt bijna 3700 M., de laagste nog geen 850.

Welke zijn de hoogste bergtoppen in de verschillende werelddeelen?

§ **189. De helling van 't gebergte.** We hebben reeds gezien, dat ge-

bergten doorgaans twee verschillende hellingen bezitten, een steile en een langzaam afloopende. De steilste helling is de oceanische, de zwakste de continentale, indien namelijk dit onderscheid te maken is. Men moet zich echter over de helling, waarmede een gebergte rijst, geen overdreven voorstelling maken; vele hoogtedoorsneden in onze atlassen voorkomende, konden daar aanleiding toe geven. Bij dergelijke figuren zijn namelijk, even als in fig. 21, de hoogte en de horizontale uitbreiding niet op dezelfde schaal geteekend en daardoor wordt de helling veel grooter. De lijn, van Bazel naar den kam van de Jura getrokken, maakt met het horizontaal vlak een hoek van ongeveer $1\frac{1}{2}°$; die van Bazel naar de kam der Alpen een van $1\frac{3}{4}°$.

Teeken eene dergelijke hellende lijn. Zie verder § 108.

Daaruit ziet men duidelijk, dat bij het opstijgen in het gebergte niet altijd aan steile hellingen moet worden gedacht.

§ **190. Bouw van een Bergketen.** In den bouw der verschillende bergketens bestaat zulk een groot verschil, dat elk daardoor een eigenaardig karakter verkrijgt. Het eenvoudigste is de Zwitsersche Jura. Zij bestaat uit trias-, jura-, krijt- en tertiaire lagen, die in normale, noordwaarts gerichte plooien over elkander gelegd zijn. Men berekent het getal plooien op ongeveer 150; hare richting is meer oostelijk dan die van het gebergte en daardoor staan de plooien achter elkander als de coulissen van een tooneel. De lengte van het gebergte in zijn geheel bedraagt 320, die van de afzonderlijke plooien of ketens 12—90 kilometer. Wanneer men dwars het gebergte overgaat, ontmoet men 10—12 ketens. Aan beide zijden leunt er tegen de Jura een hoogvlakte; maar deze zijn van verschillend karakter. De Bourgondische is een verlengstuk van het gebergte: dezelfde lagen bevinden zich hier in horizontale strekking; de Zwitsersche bestaat daarentegen uit jongere, tertiaire gesteenten.

Bij een ketengebergte treft men doorgaans een centrale zone aan, die uit gekristalliseerde gesteenten bestaat, terwijl aan één of aan beide zijden een of meer zonen van gesteenten voorkomen, die uit water bezonken zijn. Een nadere beschouwing van de Alpen ten oosten van den Mont-Blanc zal dit ophelderen. De centrale zone bestaat hier uit de Penninische Alpen, de Lepontische Alpen met den Sint-Gothard, de Adular-Alpen, de Rhätische met de Grauwbunder-Alpen, de Tiroler-Alpen, de Hohe Tauern en de Stiermarksche Alpen. Ten noorden van deze zone, die meest ook uit oude kristallijnen gesteenten bestaat, aan de opheffing waarvan men weleens het ontstaan van het geheele gebergte toeschrijft, bevindt zich een kalkzone, van het Meer van Genève tot aan het Weenerwoud. Aan de zuidzijde ontbreekt de zone van sedimentgesteenten tot aan het Lago Maggiore, ten oosten ervan komt zij echter voor; aan de beide oevers van de Etsch is zij echter door locale plooien zeer onregelmatig geworden, maar ten oosten van de Piave vormt zij ketens, die zich evenals het hoofdgebergte naar het oosten richten.

Bij een volledig gebouwden bergketen vinden we een zone van gekristalliseerde gesteenten (kristallijnen zone), aan beide zijden begeleid door eene zone van sedimentgesteenten (sediment-zone).

Natuurlijk zijn niet alle gebergten op deze wijze samengesteld. Het kan toch geschieden, dat de plooiende kracht, die het gebergte deed ontstaan, niet groot genoeg was om de kristallijnen gesteenten tot boven de oppervlakte te werken. In dat geval is het gebergte alleen uit sediment-gesteenten gevormd; een voorbeeld daarvan is ons reeds bekend, n. l. de Jura, aangezien trias-, jura- en krijtgesteenten even goed in water gevormd zijn als de tertiaire lagen.

De West-Alpen vormen wel een gebergte, dat uit een kristallijnen en eene sediment-zone bestaat, maar de laatste ligt slechts aan eene zijde; de jongere Povlakte strekt zich tot aan de gekristalliseerde gesteenten uit. Evenzoo schijnt de Oeral gebouwd te zijn.

Bij de Karpaten doet zich iets geheel anders voor. Het tegenwoordige gebergte vormt een boog, die geheel uit sediment-gesteenten bestaat. Aan de binnenzijde van dezen boog liggen echter nog hier en daar grootere en kleinere enclaven van kristallijnen gesteenten, die zich als eilanden uit de omliggende sedimenten verheffen. Men vindt ze van Presburg tot Kaschan, de Tatra behoort er toe. Dan verdwijnen ze, maar in Zevenburgen vormen ze weer een samenhangende zone. Dit leidt er toe om aan te nemen, dat de kristallijnen zone van dit gebergte weggezonken en het Karpatische gebergte de behouden gebleven buitenrand is.

Een dergelijk geval levert ons het Apennijnsche gebergte, met dit onderscheid dat van de centrale zone nog minder bestaat; ze is bijna geheel in de Toscaansche Zee verzonken; alleen de Ligurische Alpen, de Toscaansche eilanden, kaap Circello, het eiland Zannone en de steile westkust van Calabrië bestaan uit kristallijnen gesteenten. Daaromheen slingert zich aan de oostzijde het kalkgebied der Apennijnen. Opmerkelijk is de overeenkomst in hoogteverhouding van het Karpatengebied en dat der Apennijnen. Bij de eerste ligt aan de binnenzijde een lage vlakte, aan de buitenzijde het Galicische hoogland; bij de tweede aan de binnenzijde de diepe Toscaansche Zee, aan de buitenzijde de ondiepe Adriatische.

Hebben we bij deze beide gebergten nagenoeg de geheele centrale zone zien wegzinken, bij andere is slechts een gedeelte verdwenen. Een voorbeeld levert ons het Ertsgebergte. Een deel van de kristallijnen zone ligt onder het dal van de Eger, terwijl het andere zich ten noorden daarvan steil verheft. Aan de noordelijke helling is dit gedeelte hier en daar met trias en jura bedekt.

§ 191. De richting der bergketens. Natuurlijk hangt de richting van het gebergte af van de richting, waarin de plooiende kracht werkzaam was, en wel zoodanig, dat het gebergte loodrecht staat op de richting dier kracht.

Uit de richting van het gebergte op verschillende plaatsen der aarde kan men dus die van de kracht afleiden. De boogvorm, dien we bij verschillende gebergten waarnemen is een gevolg of van veranderde richting of van verschillende sterkte dier kracht.

Echter hangt de richting van het gebergte ook af van het verschil in tegenstand, dien de aardkorst bij de plooiing bood. Daar, waar reeds gebergten gevormd waren en dus de oppervlakte hechter was gebouwd, werd de plooiing belemmerd. Het Zwarte Woud en het Boheemsche bergmassief boden een grooteren tegenstand voor het ontstaan der Alpen dan de zuidelijker gelegen kalkzone. Daarom buigen de Alpen er voor uit den weg. Had de laatste belemmering niet bestaan, dan zouden waarschijnlijk de noordelijke sediment-zone der Alpen en de overgebleven sediment-zone van het Karpatenstelsel in elkanders verlengde liggen, tot waar deze laatste naar het zuidoosten ombuigt.

Daar de kracht, die het gebergte deed ontstaan in horizontale en niet in verticale richting werkt, kunnen kruisingen van bergketens niet voorkomen.

Vandaar het groote gewicht, dat er door von Humboldt gehecht werd aan zijne ontdekking, dat er in Azië een parallel-gebergte (Kuenluen—Hindoekoesj) door een meridionaal (Bolortagh) gekruist werd. Daaruit toch zou volgen, dat de gebergten door eene verticale kracht waren opgeheven. Bij latere onderzoekingen is echter de Kuenluen ver van de Hindoekoesj verwijderd en de Bolortagh geheel verdwenen.

Toch kunnen er tusschen twee evenwijdige ketens kleine dwarsketens ontstaan, zooals dit bijv. voorkomt bij de bergknoopen in het noordwestelijk gedeelte van Zuid-Amerika. Deze bergknoopen zijn echter het gevolg van het verdwijnen der overige bergmassa door verweering en door de kracht van het water.

§ **192. Dalen.** Door dalen verstaat men de laagten, die op verschillende plaatsen in het gebergten voorkomen. Zijn ze komvorming, dan noemt men ze k e t e l d a l e n; zijn ze smal, maar strekken ze zich over eene aanmerkelijke lengte uit, dan dragen ze de namen l e n g t e- en d w a r s d a l e n, naar gelang ze al of niet evenwijdig loopen met de hoofdrichting van het gebergte. Van het voorkomen der dalen hangt de bewoonbaarheid van het gebergte grootendeels af. De dwarsdalen onderhouden het verkeer tusschen de volken aan beide zijden van het gebergte: zij voeren meestal naar een pas.

§ **193. Lengtedalen.** De groote lengtedalen hebben hun oorsprong te danken aan den bouw van het gebergte. Daarmede is echter niet gezegd, dat ze uitsluitend van geotectonischen oorsprong zijn, integendeel het water heeft ze hoe langer hoe meer veranderd, soms uitgehold, soms gevuld met stoffen. Dat ze echter aanvankelijk zuiver van den bouw van het gebergte afhingen blijkt hieruit, dat we ze voornamelijk tusschen de kristallijnen en de sediment-zone vinden.

In de Alpen vinden we een groot, nu en dan afgebroken, n o o r d e l i j k l e n g t e d a l, bestaande uit

de volgende dalen: Rhônedal, (Furcapas), Urserendal, (Oberalppas), Rijndal tot Chur, Illdal, Alfensdal, (Arlberg), Rosannedal, Inndal, Gerlosdal (en pas), Salzachdal, Ennsdal.

Evenzoo een groot zuidelijk lengtedal, bestaande uit de volgende dalen en beginnende bij het Lago Maggiore (Waarom eerst daar?): Adda-dal beneden Tirano; Etschdal van Glurns tot Meran; Rienz-dal en Draudal van Franzensfeste tot Marburg. Het dal van Mur Mürz ligt geheel in de centrale zone; dat van de Sau geheel in de sediment-zone.

Evenzoo vinden we in de Karpaten lengtedalen. Aan de zuidzijde van den Tatra vinden we in eene parallelrichting de bovendalen van Waag en Hernad; ten noorden van dit gebergte de dalen van Arve, Dunajec en Poprad. Buiten Europa vestigen we vooral de aandacht op de kolossale lengtedalen door den Indus en de Bramapoetra aan de noordelijke helling van den Himalaya gevormd. Ook in het westelijk gedeelte van den Thiansjan komen veel lengtedalen voor; naar de rivieren, die daar ontstaan, heet het land ten zuiden van het Balkasjmeer Semirjetsjinsk (d. i. zevenstroomenland). Tusschen de evenwijdige ketens der Andes in Peru bevinden zich de lengtedalen der bovenrivieren van het Amazonegebied.

Het noordelijke, zoowel als het zuidelijk lengtedal, in de Alpen is een isoklinaal dal; aan de buitenzijde vertoonen de lagen hare breuk en vormen daardoor grillige toppen en wanden, aan de binnenzijde vormt de oppervlakte der lagen de helling.

Bij synklinale dalen worden beide hellingen door de oppervlakte der lagen gevormd; bij antiklinale beide door de breukvlakten. Daardoor vertoont een antiklinaal dal aan beide zijde grillige vormen of koppen. Vergelijk figuur 43.

Aan de breukvlakten zijn de dalen arm aan bronnen. Hoe verhoudt zich dan de rijkdom aan bronnen bij de verschillende dalen?

Uit de voorbeelden blijkt, dat de lengtedalen met de plooiing ontstaan zijn. Echter kan een dal ook door verschuiving van verschillende gedeelten der aardlagen ontstaan, gevormd worden.

We hebben boven gezegd, dat het dal door het water grootendeels werd gevormd, tot wat het nu is. Bij enkele dalen schijnt dit minder het geval te zijn. In sommige gevallen vindt men dalen, die van de werking van het water weinig hebben geleden: het Rijndal van Bazel tot Mainz is met rolsteenen en löss gevuld. Waarschijnlijk is het door inzinking ontstaan, evenals het Eger- en het Toendsja-dal (ten zuiden van den Centralen Balkan). Het diepste inzinkingsdal is dat van de Jordaan; het eigenlijke dal begint tusschen Libanon en Antilibanon en zet zich tot in de Golf van Akaba voort. Tusschen twee verheffingen, die nooit hebben samengehangen kan natuurlijk het water niet als factor voor de dalvorming in aanmerking komen. Zoodanige dalen zijn het Donaudal tusschen de Beiersche hoogvlakte en de Frankisch-Zwabische Jura, het dal van de Koer en de Rion, tusschen den Kaukasus en het Armenisch bergland.

§ **194. Dwarsdalen.** Groot is het onderscheid tusschen deze en de zoo even behandelde. In de eerste plaats is de richting geheel anders; maar ook de helling is doorgaans veel grooter; de wanden verheffen zich steiler en de lagen aan de eene zijde liggen doorgaans in het verlengde van die aan de andere; bovendien

wordt de bodem van het dal doorgaans door de oppervlakte van een laag gevormd. Alles schijnt aan te duiden, dat we hier te doen hebben met een zuiver product van de uitslijping van 't water. Dikwijls vertoonen de dwarsdalen ketelvormige verwijdingen.

Bekende dwarsdalen vinden we in de Alpen: het dal van de Rhône beneden Martigny, dat van den Rijn beneden Chur; van de Inn bij Kuffstein; van de Salzach bij St. Johan, van de Etsch beneden Meran, enz. In den Himalaya breken Indus en Bramapoetra door het gebergte.

Vele dwarsdalen volgen echter lijnen, die door den bouw van het gebergte aangewezen zijn en vandaar dat het alleszins waarschijnlijk is, dat ook voor de vorming van dwarsdalen dikwijls door den bouw van het gebergte de eerste aanleiding wordt gegeven. Waar twee dalen op elkander stooten is het eene een lengtedal, het andere een dwarsdal. De Alpen leveren daarvan vele voorbeelden. Nemen we als het meest bekende voorbeeld het dal van den Rijn. Van zijn oorsprong tot aan Chur is het een lengtedal, daarna wordt het een dwarsdal. De richting van dit dwarsdal is nagenoeg aangegeven door den Achter-Rijn, die bij Reichenau in de hoofdrivier komt. We zien hier dus, dat deze het dwarsdal volgt, door de zijrivier aangewezen. Iets dergelijks ontdekken we bij Martigny: de Rhône stort zich daar in een dwarsdal, dat de richting van de Dranse volgt, die van den Grooten Sint-Bernard komt. Het Lago Maggiore ligt in het verlengde van de Mera, niet in dat van de Adda. Zoo ontvangt de Salzach bij St. Johann de Groote Arlbach en neemt hare richting aan.

Uit de richting der rivieren zou dus volgen, dat de Rijn zich stort in den Achter-Rijn, de Rhône in de Dranse, de Salzach in de Arlbach, de Adda in de Mera. Wat wij dus de hoofdrivier noemen, zou eigenlijk de bijrivier zijn.

Het spraakgebruik is in dit opzicht willekeurig: doorgaans noemt men het dwarsdal naar de rivier, die in het lengtedal stroomt; maar hierop zijn uitzonderingen; bij de Eisack bijv. heet het dal beneden Franzensfeste nog naar deze rivier en niet naar de Rienz, die door het lengtedal stroomt.

Men verklaart deze eigenaardige verhouding tusschen het dwarsdal en het lengtedal aldus. Voor het lengtedal bestond, stroomde reeds de rivier, die langzamerhand het dwarsdal groef; in die groeve stortte zich later ook het water, dat in het lengtedal werd verzameld. Volgens deze theorie is dus werkelijk het dwarsdal het oudste. Zal ze echter waar zijn, dan moet het dwarsdal steeds een verlengde hebben bergopwaarts en tevens op de hoogste deelen van het gebergte ontspringen en dit is wel doorgaans, maar toch niet altijd het geval.

Het dwarsdal van de Inn maakt eene uitzondering op de eerste voorwaarde daar het niet het verlengde is van een kleiner dwarsdal, dat zich tot aan de hoofdwaterscheiding uitstrekt. Ook is het verval er geringer dan bij andere dwarsdalen en de begeleidende gebergten zijn lager.

Verder vinden we buiten Europa eene menigte dwarsdalen, die door hooge bergketens heenbreken. In dit opzicht zijn de Delaware, de Susquehanna en de Potomac merkwaardig, daar zij vier tot vijf ruggen van het Alleghanie-geb. doorboren, die

naar den Atlantischen Oceaan immer hooger worden. De Indus, de Sedletsj en de Bramapoetra doorsnijden alle den eigenlijken Himalaya. De bronrivieren van de Amazone braken hare dalen door de hoogste keten der Andes en verhieven daardoor de lagere westelijke tot waterscheiding. In Europa breekt de Isker door den Balkan.

Bekende doorbraken van eenigszins anderen vorm, maar in den grond gelijk aan de vorige, zijn die van den Donau door de poort van Theben (bij Presburg), boven Budapest en bij Orsova.

Al deze feiten leiden ons er toe om aan te nemen, dat stroomen zich niet alleen door de lagere gedeelten, maar zelfs door de hoogste ketens van een bergstelsel een weg kunnen banen.

Uit de aangehaalde voorbeelden blijkt, dat de dwarsdalen in twee groepen kunnen verdeeld worden. Het dwarsdal van de Dranse komt rechtstreeks van den hoofdkam der Alpen, zulke behooren tot de eerste soort; het dwarsdal der Inn daarentegen is de opening, welke de Inn door het gebergte gemaakt heeft; zulke behooren tot de tweede soort. De laatste noemt men wel doorbraken.

§ 195. **Verschil in den bouw van gebergten.** Het verschil in bouw der gebergten komt vooral uit, als men het oog slaat 1) op het aantal dalen en 2) op de ligging van de waterscheiding.

Van het aantal dalen hangt de toegankelijkheid en de begaanbaarheid van een gebergte af, en daarom is een gebergte met veel lengte- en dwarsdalen veel meer bewoond dan een ander.

Reeds hebben we den Thiansjan genoemd als een, dat een groot aantal lengtedalen bezat. Een tegenstelling met dit levert het Tsjinling-gebergte, ten zuiden van de Weiho en Si-ngan in China. Von Richthofen meldt, dat dit 140 kilometer lange en 3000 meter hooge gebergte geen enkel groot lengtedal bezit en evenzeer slechts enge dwarsdalen. In Europa zou men evenzoo de Alpen en de Pyreneën tegenover elkander kunnen stellen, de eerste zijn rijk, de laatste arm aan dalen.

§ 196. **Waterscheiding in het gebergte.** Een enkelen keer is reeds opgemerkt, dat rivieren, die in de lengtedalen stroomden, soms niet de laagste maar de hoogste van de begeleidende bergketens doorboorden. Daardoor werd de lagere bergketen tot waterscheiding verheven.

Door waterscheiding verstaat men de lijn, die de gebieden van twee rivieren van elkander scheidt.

De eenvoudigste of liever gewone voorstelling van een gebergte leidt er toe, dat de hoogste bergketen de waterscheiding vormt. Vandaar, dat men zulke gebergten normale noemt, de andere abnormale.

Welk voorbeeld van abnormale gebergten hebben we reeds ontmoet?

Is het gebergte abnormaal, dan kan men langs de doorbraken van de eene zijde

tot aan den anderen kant van de hoogste keten doordringen, zoodat er dan veel van het volkenscheidende karakter van het gebergte verloren gaat. Zijn de volken ter weerszijden toch niet met elkander in aanraking gekomen, dan ligt de oorzaak hierin, dat het door den hoofdketen geboorde dwarsdal geen weg voor het verkeer aanbood.

Ten opzichte van de ligging der waterscheiding kan een gebergte symmetrisch of niet-symmetrisch zijn. In het eerste geval ligt de waterscheiding in het midden, in het tweede aan eene der zijden. De Pyreneën zijn niet symmetrisch: de Garonne ontspringt in het zuidelijk gedeelte. De Alpen zijn in het oosten symmetrisch, in het midden niet-symmetrisch. Deze laatste bouw komt het meest voor (Zie § 207). Soms zelfs kunnen zeer geringe verheffingen van den bodem de waterscheiding vormen. Voorbeelden daarvan vindt men vooral in de dwarsdalen en in de lengtedalen. Zoo is de waterscheiding tusschen de Inn en de Mera, tusschen de Sill en de Eisack, tusschen de Riënz en de Drau niet door hooge bergketenen gekenmerkt (Zie verder § 284).

BERGMASSA'S

§ **197. Kenmerken.** De bergmassa staat in vele opzichten tegenover het ketengebergte. De breedte is doorgaans grooter dan of gelijk aan de lengte. Bij het bergmassief van Schotland is het eerste beslist het geval. De richting van de massa loopt van het zuidwesten naar het noordoosten, terwijl de loodrecht daarop staande afmeting van de vlakte van Glasgow naar het noordwesten de langste is. Het Boheemsche bergland en dat van Centraal-Frankrijk zijn even lang als breed.

Vergelijk de afmetingen van de volgende bergmassa's: het bergland van Wales, het plateau van Bretagne, het Rijnsche leisteengebergte, het Spaansche bergland van de Golf van Biscaye tot de vlakte van Andalusie en de Middellandsche Zee, de Despoto-dagh in Rumelië, het Zuid-Braziliaansche bergland, dat van Guiana, het Pamir, het plateau van Dekan, de zuidelijke driehoek van Afrika, de Harz, het Zwarte Woud, de Vogezen, het Scandinavisch bergland.

Dit laatste zult ge zien afwijken van den gegeven regel: het strekt zich in de lengte meer uit dan in de breedte. We komen daardoor tot eene tweede kenmerk n.l. dat op de bergmassa geen hoofdkam is te ontdekken.

Toets de gegeven bergmassa's aan dit kenmerk.

Al ontbreekt echter eene bepaalde kamrichting, daarom ontbreekt nog geenszins de waterscheiding. Integendeel de bergmassa's vormen alle waterscheidingen, maar in dit opzicht zijn ze even verschillend als de ketengebergten. Wij hebben hier dus ook symmetrische en niet-symmetrische te onderscheiden. Het Braziliaansche gebergte levert ons een voorbeeld van de eerste: de noordelijke helft behoort vrijwel tot het gebied van de Amazone, de zuidelijke tot dat van de Paraná. Het Scandinavisch bergland is niet-symmetrisch. De ligging van de waterscheiding stemt

overeen met de gelijkheid of ongelijkheid in schuinte van de beide hellingen: zijn deze ongelijk, helt de eene meer dan de andere, dan zal de waterscheiding niet in het midden liggen, in het andere geval wel.

Pas dit toe op de opgegeven massa's.

De oppervlakte van de genoemde massa's vertoont ons nog een derde kenmerk. Nergens ontbreken locale verheffingen, maar overziet men de streek van een der hoogste punten, dan vertoont het geheel zich toch als eene vlakte.

Er is dus een groot onderscheid tusschen de betrekkelijke en de volstrekte hoogte van deze verheffingen. Welke hoogten kent ge in het Rijnsche leisteenplateau?

Echter moeten we opmerken, dat vele oorspronkelijk vlakke bergmassa's door de doorstroomende rivieren in gedeelten zijn gesplitst, welke zeer veel op gebergten gelijken. Het Rijnsche leisteenplateau is door de zijrivieren des Rijns in eenige kleinere massa's verdeeld, die zeer verschillende afmetingen hebben, zooals de Taunus en de Hunsrück. Evenzoo hebben de Loire en de Allier van het Centrale Fransche bergland het gebergte van Forez, van Lyonnais en Charolais afgescheiden. We zullen later zien, dat de bergmassa doorgaans de ruïne is van een ketengebergte.

Het is een verkeerd begrip, dat een bergmassa altijd tot het hoogland zou moeten behooren. Door eene positieve niveauverandering kan zij al lager en lager zinken en het karakter van het laagland verkrijgen. Het plateau van Bretagne levert op vele plaatsen voorbeelden van zulk een overgang. Ierland is eigenlijk ook eene bergmassa, maar door eene alluviale laag van hoogstens 30 meter dikte bedekt.

Het dal van den Rijn zelve hebben we boven niet genoemd, omdat dit niet door de rivier is gevormd, maar reeds bestond in een voor-historische tijdperk (Zie het kaartje van de Tertiaire Periode).

HOOGVLAKTEN.

§ **198. Voorkomen en verdeeling.** Indien de lagen, waaruit de aardkorst bestaat niet geplooid zijn, maar in hoofdzaak eene horizontale strekking hebben, is de aardoppervlakte waterpas en ontstaat eene v l a k t e. H o r i z o n t a l e b o u w i s h i e r d u s h e t h o o f d k e n m e r k.

Ligt de vlakte min of meer boven hare omgeving dan noemt men haar h o o g v l a k t e, maar eene bepaalde hoogte als grens kan niet worden aangegeven (Zie § 178). De hoogvlakten komen op tweeërlei wijze voor. Soms zijn ze aan alle of bijna alle zijden door bergketens omringd, die dan den naam van randgebergten dragen. Als voorbeelden daarvan noemen we het Achter-Aziatische hoogland, het plateau van Iran, het hoogland Quito, enz.

Door welke randgebergten worden deze ingesloten?

Een wijziging van dezen vorm vinden we daar, waar het hoogland aan één zijde tegen het gebergte rust, zooals het plateau van Pennsylvanië tegen de Alleghanies, de Llanos Estacados tegen het Rotsgebergte, de Zwitsersche en Beiersche hoogvlakten tegen de Alpen.

Een door randgebergten omgeven hoogvlakte is zeer dikwijls het droog gelegde bed van een zoet- of zoutwatermeer en verschilt dus alleen in hoogte met eene laagvlakte. Een geheel andere vorm ontstaat, wanneer de vlakte aan geen harer randen met een bergketen omzoomd is. Men geeft haar dan den naam van plateau of hoogvlakte in engeren zin. Ook heet zij dan wel tafelland of, als zij eene kleine uitgebreidheid bezit, tafelberg.

Wat is het onderscheid tusschen een tafelberg en een anderen berg?

Zijn de ruggen van een ketengebergte zeer breed, dan vertoonen ze zich als zulke tafellanden, zooals b. v. in de Karst vaak voorkomt. Verdere voorbeelden van tafellanden leveren het Dachsteinplateau (ten Z.O. van Salzburg, 1800—2500 m.), het plateau van de Zwabische Jura (600—700 m.).

Door de werking van het water wordt een tafelland dikwijls in verschillende stukken verdeeld, die zich dan als tafelbergen op het plateau verheffen; zoodanige zijn bijv. de Amba's in Abessynië, de Tafelberg en meer dergelijke vormingen in Zuid-Afrika.

Soms bepalen de hoogvlakten den horizontalen vorm van landmassa, soms zijn ze in dit opzicht van zeer ondergeschikt belang.

Vergelijk slechts de Achter-Aziatische hoogvlakte met die van Quito. Heeft de hoogvlakte van Iran ook eens een dergelijke gewichtige rol gespeeld als die van Achter-Azië? Hoe is het in dit geval met de Europeesche hoogvlakten gesteld en met die van Afrika?

Onderstaande tabel geeft de hoogte van eenige hoogvlakten aan.

Auvergne	300 m.	Gobi	1000 m.
Beieren	500 "	Pl. v. Soria	1500 "
Sofia	530 "	Bij 't Tzanameer	1850 "
Nieuw-Castilië	600 "	A. d. Oranjestroom	2000 "
Oud-Castilië	700 "	Quito	3000 "
Dekan	800 "	Tibet	3200 "
Hardangerfield	1300 "	A. h. Titicacameer	4000 "

§ **199. Klimatologische hoogvlakten.** Nog op eene andere wijze, dan als gevolg van de horizontale strekking der lagen, kan eene hoogvlakte ontstaan. Het is namenlijk mogelijk, dat de oneffenheden des bodems in een bergland door eene steppenformatie worden gelijk gemaakt, doordien de laagten worden opgevuld. Dergelijke hoogvlakten nam von Richthofen in China waar. Naar zijne schildering maken ze den volgenden indruk. Zij bestaan uit eene aaneenschakeling van zeer ondiepe, uitgebreide depressie's. Wanneer men van den eenigszins hoogeren rand tusschen twee zulke laagten den omtrek overziet, dan vertoont de bodem dezelfde buiging, alsof er tusschen deze en den volgenden rand een zeil slap uitgespannen was. Het verschil in hoogte tusschen den rand en het diepste gedeelte van de inzinking bedraagt vaak honderden meters, maar de glooiing is zoo gering, dat het oog de

grootte van dit verschil niet opmerkt. Soms gaat de rand onmiddellijk door groote hoopen hoekige rotsblokken in de bergruggen over, die uit vast gesteente bestaan; soms leunt de vlakte tegen een bergrug, die ver boven haar uitsteekt; soms zijn de hellingen der kom gelijk; soms, en dit is vooral aan de randen het geval, verschilt de eene helling in steilte aanmerkelijk van de andere. Altijd kwam van Richthofen tot de overtuiging, dat hij hier te doen had met een gebergte, waarvan de lagere gedeelten door löss waren opgevuld.

Zulke lössvlakten komen in China veel voor; de Hoangho doorstroomt ze in een rechten hoek. Daar zijn gebieden met löss bedekt, die het Duitsche rijk verre in grootte overtreffen. Het Tibetaansche hoogland, de vlakte van Iran en die van Utah en Nevada zijn eveneens zulke plateau's.

We merken op, dat ze voorkomen in droge streken, waar de wind onbeperkt zijn invloed kon doen gelden op den vorm der aarde. Zijn enkele streken nu minder arm aan neerslag, dan schijnen deze vormen erop te wijzen, dat daar vroeger regenarmoede heeft geheerscht. Deze soort van hoogvlakten zijn dus eene klimatologische verschijning. Zij onderscheiden zich daardoor van die, welke een gevolg waren van den horizontalen bouw der aardkorst en die men tectonische hoogvlakten zou kunnen noemen.

In gebieden, welke geen afstrooming naar zee bezitten, vormen de genoemde streken eentonige vlakten; waar echter door eene verandering van het klimaat het water zijn kracht tot vervorming van de aardoppervlakte kon aanwenden, wordt deze eentonigheid door eene doolhof van dalen eenigszins gewijzigd, doch geenszins verbroken. De wanden der dalen loopen recht naar omlaag, soms zelfs hellen zij over. Als tafelbergen blijven hier en daar enkele afgezonderde stukken staan, maar overal vertoont dit doolhof van dalen hetzelfde karakter. Verkeerswegen zinken al dieper en dieper in de massa, daar de wind zich van de stoffen des bodems meester maakt, zoodra de wielen van een voertuig of de hoeven der paarden daarvan iets losgemaakt hebben (Zie over het ontstaan van het löss § 302).

Uit het vorige volgt, dat we de hoogvlakten kunnen verdeelen in:

1° tectonische,

2° klimatologische hoogvlakten.

Uit welk oogpunt geschiedt deze verdeeling?

We wijzen voor de duidelijkheid nog op het onderscheid tusschen de oppervlakte van de bergmassa en die van de hoogvlakte. Beide zijn doorgaans vlak, maar die van de eerste is dit, omdat de hoogere, ongelijke deelen zijn verloren geraakt. De strekking der lagen is bij de bergmassa's dan ook geenszins horizontaal, integendeel alles duidt aan, dat men te doen heeft met een geplooid gedeelte der aardoppervlakte, terwijl de tectonische hooglanden horizontaal zijn tengevolge van horizontalen bouw. Daarom komen op eene hoogvlakte geen kleine verhevenheden voor, uit andere gesteenten bestaande, op de bergmassa wel; daar zijn dat de deelen, die meer weerstand aan de verweering boden.

De klimatologische hoogvlakten staan juist tegenover de bergmassa, wat de oorzaak der effenheid betreft: bij de eerste zijn de ongelijkheden geslecht, bij de laatste de inzinkingen opgevuld.

Overeenkomst bestaat verder nog, in zooverre als we alle drie vormen ook in het laagland vinden.

LAAGVLAKTEN.

§ **200. Verbreiding.** Er is meer laagvlakte dan hoogvlakte op de aarde, en even als dit laatste maakt ook het eerste dikwijls een groot samenhangend geheel. Van de Noordzee tot aan de bergruggen, die de Lena begeleiden, strekt zich ten noorden van de hooglandszone eene laagvlakte uit. Evenzoo bezit Zuid-Amerika een uitgestrekte laagvlakte van de hellingen van het hoogland van Guiana tot in Patagonië. Deze beide laagvlakten, die er wezenlijk toe bijdragen om den vorm van de continenten te bepalen, noemen we continentale. Maar er zijn nog andere. Langs de kusten der zee vindt men daar, waar het gebergte terugtreedt, kleinere laagvlakten, die dus om den eigenlijken romp van het continent gelegen zijn en daarom onder den naam peripherische laagvlakten kunnen saâmgenomen worden. Dikwijls zijn deze opgevulde zeeboezems. Verder komen in de continenten nog kleinere laagvlakten voor, die we binnenlandsche zullen noemen.

Zoek van de beide laatste soorten eenige voorbeelden.

§ **201. De continentale laagvlakte.** Deze vormt in de Oude Wereld een geheel, dat zich in de richting van de parallellen uitstrekt. Gewoonlijk neemt men den Weichsel en den Oeral als grensscheidingen aan, om haar in drie deelen te splitsen. Deze verdeeling staat in nauw verband met den oorsprong en den vorm der vlakte. In § 183 hebben we gezien, hoe de Kaspische Zee het overblijfsel was van een inham, die de Noordelijke IJszee in vroeger tijd maakte. De Siberische vlakte, d. i. die ten oosten van den Oeral, bestaat uit horizontale lagen van zand, klei, enz., ligt over het geheel laag en heeft hier en daar slechts verheffingen van ongeveer 50 meter hoogte; zij is een product van aanslibbing der rivieren, negatieve niveauverandering en droog klimaat.

Geheel anders is het beeld tusschen Weichsel en Oeral. Daar vinden we veel oudere lagen; krijtformatie en tertiaire lagen komen in het noorden van Rusland niet voor. De lagen breiden zich horizontaal uit; van plooiing is hier geen sprake; de waterscheidingen zijn laag en alleen de Waldaï-hoogten verbreken de eentonigheid van het terrein.

In het zuiden van Rusland breidt zich over de oudere lagen de zoogenaamde »zwarte aarde" uit, waaraan dit deel des rijks zijn uitstekende vruchtbaarheid te danken heeft. Deze zwarte aarde is eene soort van diluviaansche klei. Tusschen deze oudere formaties komen hier en daar locale gebieden voor van jongeren datum, maar over 't geheel vormt de Sarmatische vlakte het tegenbeeld van de Siberische. De Germaansche laagvlakte bestaat uit diluvium en alluvium, slechts op enkele

plaatsen door de onderliggende oudere lagen doorboord. Het diluvium bestaat hier gedeeltelijk uit ongelaagde overblijfselen van de grondmorainen der gletschers, die in vroeger tijd dit gebied bedekten, gedeeltelijk uit lagen van zand, grint en klei. De eindmorainen vormden hier en daar verhoogingen en zoo ontstonden de heuvellandschappen en merenvlakten van noordelijk Duitschland.

Welke twee landruggen doorsnijden de Germaansche vlakte beoosten de Wezer? Welk voordeel trok Rusland van zijne lage waterscheidingen?

De tertiaire onderlaag van deze Germaansche laagvlakte moet eene horizontale strekking hebben gehad. Dit kan men afleiden uit de grootste gemiddelde dikte van het Duitsch diluvium (126 m.). Een plooiing in de tertiaire laag van 130 meter zou zich boven de tegenwoordige vlakte verheffen. Natuurlijk hebben de jongere lagen de kleine laagten gevuld. Vandaar dat het diluvium niet overal even dik is (bij Hamburg ruim 100, bij Stettin bijna 30 meter).

Wat de Zuid-Amerikaansche continentale laagvlakte betreft, zoo moeten wij opmerken, dat ook deze niet overal hetzelfde karakter vertoont. De vlakte van de Amazone is waarschijnlijk gevormd door de bezinksels der rivieren en vormt dus eene groote delta, terwijl in Patagonië de tertiaire lagen niet eens door diluvium zijn bedekt.

§ **202. Peripherische laagvlakten.** Deze hebben haar ontstaan te danken aan de stoffen, die door zee of rivieren aan de kust van het bestaande vastland werden afgezet, welke aanslibbing door eene negatieve niveauverandering werd in de hand gewerkt. Soms begunstigt de vorm van het vastland deze aanslibbing in hooge mate. Dit is het geval, wanneer in een smalle golf eene sediment-rijke rivier uitmondt. Dan wordt de inham spoedig door de bezinksels gevuld. Na de vulling ontstaat dan eene bekkenvormige laagvlakte, die met eene smalle zijde aan de zee grenst en voor het overige door bergen of hoogere deelen is omgeven. Een typisch voorbeeld levert de Povlakte.

Zoek meer dergelijke laagvlakten en wijs aan, door welke rivieren zij gevormd zijn. Ga ook na, welke van de zijrivieren het langst zelfstandige stroomen zijn gebleven en welke het eerst hare zelfstandigheid verloren. Bij sommige dezer laagvlakten bestaat de mogelijkheid, dat ze nog verder zullen aangroeien. Kunt ge zoodanige vinden? Welke rivieren worden dan zijrivieren?

Soms smelten twee dergelijke vlakten ineen (Indus en Ganges); soms monden twee hoofdstroomen in eene bocht uit (de Tigris en de Euphraat waren ten tijde van Alexander nog gescheiden).

Intusschen moet men niet meenen, dat deze laagvlakten geheel uit alluvium bestaan. De Povlakte bestaat voor een goed deel uit diluvium: de spoorweg van Piazença naar Rimini en een lijn van eerstgenoemde stad naar Udine scheiden hier de beide grondsoorten. In het Chineesche laagland van den Hoangho komen hier en daar lösslagen voor den dag.

§ **203. Binnenlandsche laagvlakten.** Deze hebben den vorm van een bekken en bestaan uit jongere gronden, die aan alle zijden door oudere zijn om-

ringd. De merkwaardigste van deze soort zijn in Europa de terrasvormig boven elkander gelegen Walachijsche en Hongaarsche laagvlakten en het Weenerbekken.

Het eerstgenoemde heeft op onze kaarten zeer veel overeenkomst met een peripherische laagvlakte. Wanneer men echter in aanmerking neemt, dat de Dobroedsja zoowel als de landen van Bessarabië door eene laag löss zijn bedekt, dan wordt de alluviale bodem, waaruit de laagvlakte bestaat, toch geheel door oudere gronden omringd. Ga de grenzen na van de drie bekkens zoo even genoemd. Welke van de drie is nog weer in tweeën verdeeld? Dergelijke binnenlandsche laagvlakten zijn de drooggelegde bodems van vroegere meren. De doorbraak (Zie § 194) ligt altijd aan het benedeneinde van het dal.

In vroegere tijden stond de Zwarte Zee met de Kaspische in verband en had men dus eene waterverbinding van de Middellandsche Zee over de Beiersche hoogvlakte, de Hongaarsche laagvlakten, de Zwarte en de Kaspische Zee naar de noordelijke IJszee (Zie het kaartje van de Tertiaire Periode). De laagvlakten langs den Donau hangen dus, wat haar ontstaan aangaat, nauw met elkander samen.

We maken van deze gelegenheid nog eens gebruik om te wijzen op de willekeurige onderscheiding van hoog- en laagvlakte. Weenen ligt 153, Belgrado 65 meter boven den zeespiegel. Langs de Theiss vindt men uitgestrekte moerassen, maar op de Beiersche hoogvlakte vindt men het Donaumoos en Donauried, eveneens moerassen. Gaat men langs den Donau opwaarts, dan ontmoet men boven Weenen hier en daar alluviale vlakten van geringen omvang, die men boven Passau (290 meter) tot de hoogvlakten moet rekenen, ofschoon daar geen verandering van karakter dier kleinere alluviale vlakten plaats heeft. De moerassen bij Ulm liggen 450 meter hoog, moet men ze nu tot de laagvlakten rekenen, omdat ze aan het eind van de rij liggen, die bij Braila begint, of tot de hoogvlakten, omdat ze meer dan 300 meter boven de zee liggen? Men ziet de natuur maakt geen sprongen en stoort zich aan geen kunstmatige verdeeling.

§ **204. Oppervlakte der laagvlakten.** Beschouwen we nu de oppervlakte van de laagvlakten, dan zal het ons duidelijk worden, dat men hier aan geen volkomen effenheid te denken heeft.

Welke voorbeelden hebben we daarvan reeds gehad?

Hier en daar ontmoet men verheffingen van het terrein. Toch maakt het nog verschil of we met eene jongere dan wel met eene oudere laagvlakte te doen hebben.

De eerste bestaat voornamelijk uit alluvium en diluvium. De bijna horizontale ligging en de losheid van de grondsoort zijn oorzaak, dat hier de scherpe hellingen en steile wanden ontbreken. Op vele plaatsen vindt men de eindmorainen van vroegere gletschers en deze geven aan de eentonigheid van den bodem b.v. op de Duitsche merenvlakte en in de dwarsdalen, die in de Povlakte uitloopen, veel afwisseling. Elders steekt de ondergrond boven de later gevormde lagen uit, terwijl ook hier en daar vulkanische gesteenten naar boven gewerkt zijn.

De ondergrond vertoont zich nu eens als afzonderlijke hoogten b.v. bij Strehla aan de Elbe; dan weder vormt zij breede vlakten, zooals het plateau van Oest-oert tusschen de Kaspische Zee en het meer Aral; nog elders worden door het nabijgelegen gebergte uitloopers tot ver in de vlakte gezonden, zooals door de Alpen in de Hongaarsche vlakte. Over de twee landruggen, die de Duitsche

vlakte doorsnijden is reeds gesproken. De noordelijke wordt aan de zuidzijde begrensd door den Weichsel van den Boegmond tot Bromberg, het Bromberger-kanaal, de Netze, de Warthe, Finowkanaal, Rupiner-kanaal, Rhin, Havel en Elbe. De zuidelijke wordt aan de zuidzijde begrensd door den Oder tot den mond van de Katzbach, de oost-west gerichte deelen der dalen van Bober, Neisse en Spree boven Spremberg, de Zwarte Elster, de Elbe tot den mond van de Ohre, dit riviertje, de Aller en de Wezer.

Waar de rivieren door de landruggen breken vertoonen hare dalen steile hellingen (de Märkische Schweiz bij Oderberg, de Mecklenburgische Schweiz aan den mond van de Peene).

Voorbeelden van vulkanische hoogten leveren ons de Euganeën bij Padua en de Keizerstoel tegenover Colmar aan den rechter Rijnoever.

Natuurlijk wordt de afwisseling door den invloed van het water nog bevorderd. Daardoor ontstaat dikwijls de eigenaardige verhouding, dat het diluvium hooger ligt dan het alluvium. De diluviale landrug, die den Donau van de Theiss scheidt en waarop de steden Kecskemet en Maria-Theresiopel liggen, heeft eene hoogte van 30—150 meter boven den rivierspiegel en het lössplateau ten westen van den Donau ligt 60 tot 240 meter boven de rivier. Trouwens in ons eigen vaderland ligt op vele plaatsen het diluvium hooger dan het alluvium, zonder dat we ons daarbij behoeven voor te stellen, dat de plaats van dit laatste in den diluvialen tijd nog door water werd ingenomen. (Denk aan de beekbezinkingen).

Toch is de oppervlakte gelijker dan bij de laagvlakten, die uit oudere gesteenten bestaan. We hebben er reeds een leeren kennen, namelijk Rusland. Het is over 't algemeen een vlak land, maar onze kaarten geven toch stroomversnellingen van de Dnjepr aan. De Wolga heeft een rechteroever, waar zich krijt- en tertiaire lagen soms tot eene hoogte van 200 meter verheffen, ja het culminatiepunt ligt zelfs op 352 meter hoogte. Een tweede voorbeeld levert ons het Parijzerbekken, dat tot het laagland behoort, maar waar de krijtlagen in Champagne nog tot 200 en aan de kust ten noorden van den Seinemond nog tot 100 meter en meer stijgen. De Seine met hare zijrivieren heeft diepe dalen in deze vlakte uitgegraven. Ook het Engelsche laagland biedt veel golving van terrein aan.

Ga de verschillende heuvels, die hier de eentonigheid verbreken, op de kaart na. De oorsprong van de Theems ligt lager dan het krijtplateau, waardoor zij stroomt.

De binnenlandsche laagvlakte van Ierland is reeds genoemd (Zie § 197).

Uit het voorgaande blijkt, dat heuvelland en laagvlakte moeielijk te scheiden zijn.

STROOMEN.

§ 205. Rivieren en Rivierstelsels. Over het water als vormveranderende kracht zie men een afzonderlijk hoofdstuk, thans houden we ons bezig met het uitwendig voorkomen der stroomen. Een rivier is eene natuurlijke afwatering van eene landstreek.

Welke andere waterwegen heeft men nog behalve rivieren? Wat zijn kanalen, wat boezems?

Het in de zee verdampte water valt namelijk voor een groot gedeelte niet weder in zee, maar op het vastland neder.

Wat zou hiervan de oorzaak zijn?

Het wordt dan van de landmassa door de rivieren naar de zee teruggebracht.

Een rivier met al hare zijrivieren noemt men een rivierstelsel. De rivierstelsels kunnen uit drie oogpunten verdeeld worden, en wel

1e naar gelang de stroomen in zee uitmonden of niet, in **oceanische** en **continentale**;

2e naar gelang ze een regelmatige opeenvolging van bovenloop, middelloop en benedenloop (Zie § 273) bezitten of niet, in **normale** en **abnormale**;

3e naar gelang ze evenwijdig aan de waterscheiding stroomen of niet, in **lengte-stroomen** en **dwarsstroomen**.

Geef van alle drie soorten eenige voorbeelden. Abnormale stroomen vertoonen somtijds in verschillende deelen een herhaling van den bovenloop, zooals de Rijn tusschen Bingen en Coblenz en de Donau bij Presburg, Pesth en Orsova. Is er overeenkomst tusschen lengtedalen en lengtestroomen, dwarsdalen en dwarsstroomen?

§ **206. Stroomgebieden.** Het gebied, waarvan het stroomstelsel de natuurlijke afwatering is, noemt men het stroomgebied. Van al de rivieren, die te zamen het stroomstelsel vormen, wordt er één als hoofdstroom beschouwd.

Bij het vaststellen van den hoofdstroom, waarnaar men het geheele rivierstelsel noemt, is het spraakgebruik dikwijls zeer willekeurig te werk gegaan. We hebben reeds gezien, dat in vele gevallen de zoogenaamde hoofdstroom eigenlijk het bed van eene zijrivier volgt (Zie § 191). Zeer opmerkelijk treedt dit verschijnsel soms ook in de laagvlakte op, bijv. bij den Donau, wanneer deze de Drau, de Theiss en de Sau heeft opgenomen, waarbij hij telkens de richting dezer rivieren aanneemt. Evenzoo doet de Rijn bij Mainz, de Rhône bij Lyon, de Etsch bij Brixen, de Elbe beneden Praag, de Wezer bij den Allermond, de Hoangho bij de opneming van de Weiho.

Zeer verschillend zijn de stroomstelsels gebouwd. Vele stelsels bestaan uit een hoofdstroom, die bijna geen of zeer kleine zijrivieren in zich opneemt. Deze verdienen dus eigenlijk den naam van stelsel niet en hebben eene geringe lengte. Het zijn dwarsstroomen, die zich aan de kust van het vastland hebben gevormd en daarom ook wel kustrivieren genoemd worden. Zij geven ons het stroomstelsel in zijn eenvoudigsten vorm. Voorbeelden hiervan vindt men aan de Pommersche en Mecklenburgsche kust der Oostzee, in Denemarken, in Scandinavië, in Finland, in Georgië, in Zuid-Carolina, om de Hudsonsbaai, enz.

Meer samengesteld is het stelsel, wanneer de zijrivieren van grooter ontwikkeling zijn. Daarbij kunnen zich twee gevallen voordoen: de stroom ontvangt zijn water voornamelijk òf van één òf van beide zijden. In het eerste geval is het stelsel **eenzijdig**, in het tweede geval **alzijdig** ontwikkeld.

De Jenissei levert ons een voorbeeld van een eenzijdig ontwikkeld rivierstelsel. De hoofdstroom ontspringt op het hoogland van Achter-Azië tusschen het Sajanisch en het Tannoe-geb. en

neemt aan zijnen rechteroever drie groote zijrivieren, de Boven-, Middel- en Beneden-Toengoeska op. Even eenzijdig is het stroomgebied van den Donau tot den mond van de Theiss. Uit dit laatste voorbeeld zien we, dat de eenzijdige bouw zich ook over een gedeelte van het stroomstelsel kan uitstrekken; in de Walachijsche laagvlakte is juist de linkerhelft van het stroomgebied het meest ontwikkeld. Het stelsel van den Rijn is bijv. tot Chur het meest naar rechts, van Constanz tot Bazel het meest naar links, dan weer tot Mainz het meest naar rechts ontwikkeld.

Zoek meer dergelijke voorbeelden. Wat dunkt u van het gebied van de Overijselsche Vecht, wat van de Eem?

Slechts weinige rivieren hebben een zuiver alzijdig ontwikkeld stroomstelsel. Het beste voorbeeld schijnt ons de Moldau-Elbe, zoolang zij in Bohemen stroomt. Daar vinden we een nagenoeg symmetrischen bouw. Dat we hiervan zoo weinig voorbeelden aantreffen, vindt zijn oorzaak daarin, dat doorgaans de eene helft meer ontwikkeld is dan de andere, zonder dat men nog van eene eenzijdige ontwikkeling kan spreken.

Ga na, in welk verband de ligging van het gebergte staat tot den eenzijdigen bouw van het rivierstelsel. Denk om den afstand en de steilte van het begrenzende gebergte.

Tot nu hebben we slechts stroomstelsels met één eigenlijken hoofdstroom beschouwd; er zijn ook gevallen, waarin men duidelijk twee hoofdstroomen in hetzelfde stelsel bemerkt. Het eenvoudigste geval nemen we in dit opzicht waar bij de Werra-Fulda, de Loire-Allier, de Suchona-Wytsjegda, de Cauca-Magdalena en om ons vaderland niet te vergeten de Mark en de A, de Kuinder en de Tjonger, waar twee hoofdstroomen zich vereenigen.

Zoek hiervan meerdere voorbeelden. Denk om Inn en Donau, Rijn en Aar, enz.

Meer hoofdstroomen vormen de Mississippi (n.l. Missouri, Mississippi en Ohio), de Ob (Ob, Irtysch en Tobol), de Seine, enz. We krijgen dus het volgende overzicht van den bouw der stroomstelsels:

A. Stroomstelsels met één hoofdstroom
  1e zonder of nagenoeg zonder bijrivieren:
  2e met bijrivieren,
    a. eenzijdig ontwikkeld,
    b. alzijdig ontwikkeld.
B. Stroomstelsels met twee of meer hoofdstroomen, waarbij het stelsel van elken hoofdstroom weer kan zijn als onder *A*.

§ **207. Waterscheidingen.** De grenzen tusschen de verschillende stroomgebieden noemt men waterscheidingen. Men verkrijgt zulk eene waterscheiding door de bronnen van de riviertjes, welke een stroomstelsel vormen, door zooveel mogelijk rechte lijnen te vereenigen, daarbij zorg dragende geen riviertjes te snijden. Zoo heeft elk stroomstelsel zijne eigene waterscheiding, waarvan de beide einden rusten op de kust van de zee of van het meer, waarin de hoofdstroom uitmondt.

Vat men de stroomgebieden van alle rivieren, die in eene zelfde zee uitmonden te zamen, dan heeft men een zeegebied. Zoo vormen de stroomgebieden van alle rivieren, die in de Oostzee uitmonden, het zeegebied van de Oostzee; de rivieren, die zich naar de westzijde van Scandinavië wenden, behooren tot het gebied van den Atlantischen Oceaan.

Trek in uwen atlas de waterscheiding tusschen het gebied van de Middellandsche Zee en dat van den Atlantischen Oceaan; de waterscheiding van het gebied van de Kaspische Zee, die van de Zwarte Zee, die van de Noordzee.

De waterscheidingen tusschen de zeegebieden der oceanen of die van zeeën, welke locaal als zelfstandige bekkens optreden (b.v. de Middellandsche Zee bij Europa en Afrika) noemt men hoofdwaterscheidingen. De hoofdwaterscheiding in Europa begint bij Kaap Tarifa en loopt vandaar tot de Waldaï-hoogte. Hier splitst zij zich in tweeën: de noordelijke tak wordt gevormd door de Oewalli, de zuidelijke door de hoogte tusschen Don en Wolga. Deze laatste zet zich in de Ergeni-heuvels tot de Manytsj voort.

Somtijds splitsen de hoofdwaterscheidingen zich, om zich later weder te vereenigen. In dat geval sluiten ze gebieden in, waarvan de hoofdstroom geen afwatering naar zee bezit. Deze noemt men continentale stroomgebieden.

Ga de hoofdwaterscheiding in Europa en hare vertakking op de kaart na. Welk continentaal stroomgebied strekt zich tot in het oosten van Europa uit? Het Kaspische-zeegebied en het gebied van de Tarim zijn de grootste gebieden van dezen aard. Maar bovendien komen er een aantal kleinere voor, b. v. dat van de Hilmend, van de Heri-roed, van de Moerghab, enz.

Van de hoofdwaterscheiding gaan de verschillende waterscheidingen uit, die de landmassa in zeegebieden verdeelen en van deze gaan weer takken uit, die dan de verschillende stroomgebieden begrenzen. Wat de ligging der waterscheiding aangaat, dient het volgende opgemerkt te worden. Wij hebben reeds gezien, dat het eigenlijke hooggebergte niet in de eerste plaats de waterscheiding bepaalt. De Himalaya staat geheel buiten de hoofdwaterscheiding, de Alpen grootendeels; in de Andes is de oostelijke bergketen de hoogste, terwijl de westelijkste de waterscheiding vormt en in de Alleghanie's is het evenzoo. Bovendien zagen we de hoofdwaterscheiding in Europa door de Sarmatische laagvlakte loopen. Somtijds zelfs wordt bij hoog water de waterscheiding, zoo die in de vlakte voorkomt, geheel opgeheven. Een voorbeeld hiervan levert de scheiding tusschen Finsche Golf en Witte Zee. Men kent ook gevallen, dat de waterscheiding volkomen ontbreekt; waar dit gebeurt, staan verschillende stroomstelsels in voortdurende verbinding met elkander. Zulk eene verbinding noemt men bifurcatie. Het bekendste voorbeeld vindt men bij het stroomgebied van den Orinoco, waar deze een arm, de Casiquiare, afzendt naar de Rio Negro, een zijrivier van de Amazone. Een dergelijk geval is in het Teutoburger woud op te merken, waar de Else, een zijriviertje der Haase, ten

zuidoosten van Osnabrück een arm naar de Hunte (en dus naar de Wezer) zendt. Bij hoogwater staat het merengebied van Minnesota met de noordelijke Red-rivier en daardoor met de Canadasche meren in verband. Het Hertenmeer in de Hudsonsbaailanden heeft eene afwatering naar de Missinippi en naar de Mackensie. Ook in het hooge gebergte komen dergelijke gevallen voor: het meer van Lesjö, ten zuiden van den Dovre-field, zendt een afwatering naar den Atlantischen Oceaan, terwijl de Logen, een zijrivier van de Glommen, er tevens haar oorsprong neemt.

In kalkgebergten komen ook onderaardsche verbindingen van verschillende stroomstelsels voor; de meest bekende is die van den Donau en den Rijn. Even boven Tuttlingen zendt de eerste rivier een gedeelte van haar water door onderaardsche kanalen naar het riviertje de Aach, dat bij Radolfzell in het Zellermeer uitmondt.

Welk voordeel hebben de Europeesche waterscheidingen boven die in andere werelddeelen? Noem de kanalen op, die in ons werelddeel door de waterscheiding zijn aangelegd? Wijs aan, welke rivieren en welke zeeën daardoor verbonden worden.

§ **208. Grootte der rivieren.** Het belang van eene rivier hangt niet af van hare lengte, maar van hare bevaarbaarheid en van de uitgestrektheid van haar stroomgebied. Hoe grooter dit laatste is, voor des te meer plaatsen is zij de natuurlijke verkeersweg. Stellen we de Amazone tegenover den Nijl: de eerste voert ons in het hart van Zuid-Amerika, de laatste geeft toegang tot een smalle strook van Afrika. De Amazone besproeit met hare zijrivieren een gebied van ruim 7 millioen K.M.^{2}, de Nijl van slechts ongeveer de helft en toch is deze ruim 1000 K.M. langer, ja de Amazone staat in lengte niet veel boven de Missouri, die niet eens den naam van hoofdstroom draagt. Onderstaande tabel geeft de lengte en het stroomgebied van eenige rivieren.

RIVIEREN.	Lengte in 100 KM.	Stroomgebied in 1000 KM^2.	RIVIEREN.	Lengte in 100 KM.	Stroomgebied in 1000 KM^2.
Amazone	53	7160	Jenissei	33	2816
Amoer	32	2090	La Plata	35	3960
Congo	47	2753	Lena	42	2000
Dnjepr	18	468	Loire	10	117
Don	15	440	St. Laurens	34	1243
Donau	28	804	Mississippi	42	3222
Duna	10	78	Missouri	50	1341
Dwina	16	366	Niger	33	2200
Elbe	12	144	Nijl	63	4000
Euphraat	28	675	Ob	43	3520
Gambia	23		Orinoco	25	975
Ganges	25	1294	Rijn	14	220
Hoangho	41	4900	Senegal	18,5	
Indus	32	1073	Weichsel	10,5	200
Irawaddi	14	1650	Wolga	37	1340
Jantsekiang	53	1872	Zambezi	22	

Ten opzichte van de ontwikkeling der stroomgebieden is er een groot onderscheid tusschen de verschillende werelddeelen. We krijgen hiervan het best eene voorstelling, wanneer we in percenten het deel van de oppervlakte uitdrukken, dat door de groote stroomgebieden wordt ingenomen.

Dan verkrijgen we volgende getallen:

Zuid-Amerika	56%	Noord-Amerika	37%
Afrika	46%	Europa	29%
Azië	41%	Australië	10%.

Zuid-Amerika is dus het land der groote stroomen bij uitnemendheid; daar het laagland er overheerschend voorkomt, zijn het laaglandstroomen. Afrika heeft meer plateau-stroomen. De kleinste werelddeelen hebben ook het minst groote stroomgebieden. Australië bezit maar één groot stroomgebied.

Door groote stroomgebieden verstaan we die, welke minstens een half millioen KM² groot zijn. Is de verticale bouw ook van invloed op de grootte der stroomgebieden? Waar is die bouw het gunstigst, waar het ongunstigst ten opzichte van de ligging van het gebergte?

MEREN.

§ **209. Verbreiding en grootte.** Een eiland in de zee is juist het tegenovergestelde van een meer in het vastland, met dit onderscheid, dat onder den waterspiegel het eerste met de groote massa land samenhangt, terwijl het meer dikwijls niet eens in verbinding staat met den oceaan. Ook ten opzichte van de uitgebreidheid bestaat een aanmerkelijk onderscheid: de Kaspische Zee evenaart Sumatra, maar de daarop volgende bereiken niet $\frac{1}{3}$ van die grootte. Het grootste merengebied der aarde, dat der Canadasche, is in wateroppervlakte slechts half zoo groot als de Kaspische Zee. Het grootste bergmeer, het Baikal-meer, is iets grooter dan ons vaderland; het grootste meer in Europa, het Ladoga-meer, beslaat er ruim de helft van, het Meer van Genève maar iets meer dan $\frac{1}{4}$.

De absolute hoogte is zeer verschillend: de Doode Zee ligt bijna 400 meter beneden, het Titicacameer bijna 4000 meter boven het oppervlak des oceaans.

Bij de verbreiding der meren merken we dadelijk op, dat ze dikwijls in groote menigte naast elkander voorkomen; dit hebben ze dus weer met de eilanden gemeen. Dit brengt ons er toe, in het klimaat een der oorzaken van de meervorming te zoeken. Een meer ontstaat, wanneer deze twee gegevens aanwezig zijn:

1° een laagte, waarin het water zich kan verzamelen,

2° het benoodigde water om het bekken te vullen.

Het benoodigde water zal aanwezig zijn, als de toevoer den afvoer oorspronkelijk heeft overtroffen. Stroomt er door het meer eene rivier, dan zal deze toevoer en afvoer bepalen, maar is dit niet het geval, dan zal de toevoer bestaan uit neerslag en de afvoer door verdamping geregeld worden. In droge streken, waar de laatste

den eerste overtreft, zal men weinig of geen meren aantreffen. Vandaar, dat in het passaatgebied zoo weinig meren voorkomen. Afrika heeft in dit gebied geen enkel meer, maar op de grenzen van den passaat liggen Tsjad- en Ngami-meer. Dichter bij den aequator en wel het meest naar den regenaanbrengenden Indischen Oceaan vindt men de groote meren, waar de Nijl door stroomt. Even arm is Zuid-Amerika. Als aequatoriaal grens van de meren kan men daarom in het algemeen den veertigsten breedtegraad aannemen.

Kunnen de twee hellingen van een gebergte ook door het klimaat een verschil in aantal meren geven? Wijs de voornaamste merengebieden in de verschillende werelddeelen aan. Finland is het rijkst aan meren; daar beslaat de watervlakte 11% van den bodem, voor Zweden is dit getal 9, in Mecklenburg 5, in Minnesota bijna 5, in Maine 7, in Nederland bedekken alle wateren ongeveer 4% van den bodem.

§ 210. Verdeeling. Naar den oorsprong kan men de meren verdeelen in zulke, die altijd meren zijn geweest en zulke, die oorspronkelijk golven, inhammen van den oceaan waren. Van deze laatste soort treffen we op den atlas eene menigte voorbeelden aan, die door hunne eigenaardige ligging hun oorsprong verraden. In de eerste plaats noemen wij de haffen en strandmeren, waarvan we vroeger reeds eene menigte hebben opgenoemd. Maar er zijn er nog meer. Aan den voet van de Alpen liggen het Garda-, het Como-meer en het Lago Maggiore. De Povlakte is voor een groot gedeelte uit alluviale en diluviale stoffen opgebouwd; voor deze daar werden nedergelegd, vormden genoemde meren inhammen van de zee. Evenzoo is het geval met het Baikal-, het Aral-meer en de Kaspische Zee. Ook het Onega- en Ladoga-meer, het Wener- en Wettermeer, de Canadasche meren waren vroeger inhammen van den oceaan. Door aanslibbing of door negatieve niveauverandering zijn ze zelfstandige bekkens geworden. Ze hebben echter nog enkele kenmerken van hunne oceanischen afkomst behouden en wel in hunne diepte en in hunne fauna. Bij al deze meren zinkt namelijk de bodem onder de oppervlakte der zee en wel bij het Garda-meer 240 M., het Como-meer 200 M., het Lago Maggiore 650 M., het Baikal-meer 800 M., het Aral-meer 20 M., de Kaspische Zee in haar zuidelijkste deel 700 M., het Onega-meer 100 M., het Ladoga-meer 360 M., het Wenermeer 45 M., het Wetter-meer 37 M., de Canadasche meren 80—150 M. Een tweede kenmerk bestaat hierin, dat genoemde meren eene fauna herbergen, welke soorten bevat, die veel overeenkomst hebben met die, welke in de zee voorkomen. Zoodanig een fauna noemt men eene relicten-fauna en daarnaar dragen de meren, die vroeger deelen van de zee hebben uitgemaakt, den naam van *relictenmeren*. Deze onderscheiden zich dus door een of meer van de volgende kenmerken:

1° een ligging gedeeltelijk of geheel in later gevormde gronden;

2° groote diepte, die onder de oppervlakte des oceaans daalt;

3° eene relicten-fauna.

Dat men voorzichtig moet oordeelen, blijkt hieruit, dat ook in het Titicacameer eene relictenfauna is waargenomen, ofschoon dit op eene hoogvlakte van bijna 4000 meter is gelegen. In het Meer van Genève vindt men zelfs een kreeftensoort uit de Middellandsche Zee.

We hebben dus naar den oorsprong eene verdeeling in relicten-meren en oorspronkelijke meren.

§ **211. Zoutgehalte.** De oorsprong van een meer staat niet in verband met het karakter van het water; het is duidelijk, dat de oorspronkelijke meren oorspronkelijk ook zoet water hadden, terwijl de relicten-meren uit den aard der zaak zout water bevatten. Maar al is dit de oorspronkelijke toestand, na verloop van tijd zal daarin verandering komen. Om deze verandering duidelijk te begrijpen moet men zich een meer voorstellen, dat zoet water bevat, maar niet in verbinding staat met de zee. Eene rivier, 't zij groot of klein, stroomt er in uit en levert dus de hoeveelheid water, die door verdamping weder verloren gaat. Het rivierwater is zoet, maar bevat toch eenige zoutdeelen, die uit den bodem zijn opgelost en naar het meer worden gevoerd. Bij verdamping blijven ze in het meer achter, want het water alleen verdampt. Niettegenstaande dus het meer oorspronkelijk zoet water bevatte en niets dan zoet water ontving, wordt het hoe langer hoe zouter. Stellen we ons nu een meer voor, dat oorspronkelijk een deel van den oceaan was en dus zout water bevatte, maar eene afwatering naar zee bezit, b.v. het Garda-meer. De kleine riviertjes brengen er voortdurend zoet water in; dit vermengt zich met het zoutere water van het meer en verlaagt daardoor het zoutgehalte. Het afvloeiende water voert dus meer zout af, dan de rivier aan, waardoor het meerwater hoe langer hoe meer zijn zoutgehalte verliest. We zien dus, dat het zout of zoet zijn van een meer een gevolg is van het niet of wel voorkomen van eene afwatering: meren met afwatering zijn zoet, meren zonder afwatering zout.

Hierop zijn enkele uitzonderingen; een ervan is het Tsjadmeer, dat zoet is, niettegenstaande het geen afwatering bezit. Wordt een meer door zoutbronnen gevoed, dan is het zout, al heeft het eene afwatering. Hebben we bij het zoutgehalte van de verschillende deelen des oceaans ook den invloed opgemerkt van verdamping en toevoer? Denk aan de Roode Zee, de Oostzee, de Middellandsche Zee, enz.

Tot de zoutrijkste meren behooren de Groote Zoutzee in Utah 19‰, het Oermiameer 21‰, de Doode Zee 24‰, het Elton-meer 27‰.

De Kaspische Zee bezit in hare verschillende deelen een zeer verschillend zoutgehalte, bij den Wolgamond bedraagt dit 0,15‰ en in het zuiden bijna 6‰. In de vlakke Golf Karaboegas, die door een smal kanaal met het geheel in verbinding staat, echter bijna 30‰. Over 't algemeen is de Kaspische Zee niet zoo zout, als men verwachten zou, wanneer men in aanmerking neemt, dat zeer groote rivieren er de zoutdeelen van haar gebied bestendig in afvoeren. Men weet echter,

dat er een sterke stroom uit de Kaspische Zee naar de Karaboegas gaat, zoodat de zoutdeelen der eerste naar de laatste worden afgevoerd.

Daarenboven heeft het geheele bekken waarschijnlijk nog lang eene afwatering naar de IJszee gehad en was daardoor het zoutgehalte aanmerkelijk verminderd, toen de gemeenschap werd verbroken.

In dit opzicht geleek dus het gebied van de Kaspische Zee in vroeger tijd op dat van de Oostzee, die ook een zeer gering zoutgehalte heeft. Sluit de afvoer naar de Golf van Karaboegas met het verschil in zoutgehalte tusschen deze golf en de Kaspische zee?

Naar den aard van het zout onderscheidt men de meren met zout water in: zoutmeren, natronmeren en boraxmeren. In de eerste komt voornamelijk keukenzout voor; in de tweede komt nevens dit mineraal veel natron; in de derde treft men naast keukenzout veel borax aan. Het Wanmeer bevat veel natron. Boraxmeren treft men weinig aan, zoutmeren veel.

§ **212. Afdammingsmeren.** Ten opzichte van het ontstaan der diepte, waarin zich het water verzamelde, kan men de meren onderscheiden in twee soorten en wel in afdammings- en inzinkingsmeren. Een bekken voor een meer kan slechts op twee wijzen ontstaan: door niveauverandering en door afdamming. Deze laatste soort ontstaat, wanneer dwars door een stroomend water zich een dam vormt. Het water verzamelt zich dan boven dien dam en er ontstaat een meer. Ook kan door afdamming een gedeelte van de zee in een meer veranderen.

Tot de afdammingsmeren behooren de meeste strandmeren. In den historischen tijd is meermalen het verschijnsel, waargenomen, dat een bocht van de zee door afdamming in een meer veranderde. Zoo ontstond het Loch Ewe in Schotland. De haven van Smyrna schijnt in de toekomst ook in een meer veranderd te zullen worden door de aanslibbing van de Gedis of Hermus.

Ten opzichte van het Loch Ewe voegen wij hierbij eene kleine aanteekening. In het verlengde van het loch ligt het meer Maree, het afgedamde meer. Op den achtergrond van dit meer ligt het dorpje Kinlochewe. Deze naam beteekent: einde van het Loch Ewe, en er blijkt dus duidelijk uit, dat het meer Maree vroeger een geheel vormde met het loch. Dit loch is een fjord. De aanhangers van de leer, dat de fjorden ontstaan zijn door negatieve niveauverandering beroepen er zich op, dat daaruit blijkt, dat Kinlochewe eens aan het eind van de fjord moet gelegen hebben, wat niemand betwisten kan; maar ze voegen er bij: dus is de kust hier gestegen, en dat volgt er nog niet uit. De Keltische bevolking van Schotland redeneert waarschijnlijk juister als ze zegt: onze taal bestond, voordat het meer Maree werd gevormd.

Is de dam gevormd van los materiaal, dan zijn de meren van voorbijgaanden aard, ofschoon ze overigens gelijk zijn aan het genoemde. Zoo kan een gletscher bij snelle aangroeiing een beek afdammen. Sneeuwvallen kunnen voor zeer korten tijd afdammingsmeren veroorzaken. Is de dam door rotsgruis ontstaan, dan biedt hij langer weerstand. In de genoemde gevallen zijn het doorgaans de beken van

het dwarsdal, die het belemmerend materiaal in zulk eene hoeveelheid aanvoeren, dat de hoofdstroom het niet dan na jaren kan opruimen. Dergelijke dammen veroorzaken dan vaak overstroomingen. Door de instorting van twee toppen van de Diablerets in het Berner-Oberland ontstonden in 1714 en 1719 de drie meren van Derborence, die nog heden bestaan. Het kan ook verkomen, dat door gruisverzamelingen een gedeelte van een stroomstelsel wordt afgescheiden. Het Achendal behoorde vroeger tot de Inn, waarin het Achenmeer, ten n. o. van Innsbrück, afvloeide; thans zendt het zijn water naar de Isar. Deze wijziging had plaats ten tijde van het diluvium. Van dien tijd dateeren ook die dammen, welke gevormd worden door de zij- en eindmorainen van de voormalige gletschers. Zij bieden het water met vrucht tegenstand, vandaar dan ook, dat de gebergten uit den ijstijd ons dikwijls zulke afdammingsmeren vertoonen: in de Pyreneën, de Alpen, de Vogezen en het Scandinavisch hoogland treft men ze aan.

Langs de beide hellingen der Alpen liggen daar, waar de rivierdalen het gebergte verlaten, heuvelrijen, die uit conglomeraten bestaan, dat zijn afgeronde steenblokken door een natuurlijk cement vereenigd. De samenstelling van deze conglomeraten wijst er op, dat ze afkomstig zijn van verschillende punten van het rivierdal; de krassen en groeven van sommige steenen, de gescheurde oppervlakte van andere laten geen twijfel, dat een gletscher ze aanvoerde. Deze heuvelrijen zijn dus eindmorainen uit het diluvium. Oorspronkelijk strekten de gletschers zich zoo ver uit, maar bij het milder worden van het klimaat werden zij hoe langer hoe korter en voerde de gletscherbeek slechts water en slib aan. Vond het water geen uitweg door de moraine heen, dan ontstond er een meer, waarvan de bodem door het slib onophoudelijk werd opgehoogd, maar waarvan ook de waterspiegel weldra zoo hoog steeg, dat de vloeibare massa over de laagste plaats in de moraine wegstroomde. Daar groef het water zich een doortocht, een dal, waardoor de waterspiegel na verloop van tijd daalde. De dalende waterspiegel en de rijzende bodem deden het meer later in een alluviale vlakte veranderen. In de Povlakte vinden we vele voorbeelden van zoodanige alluviale vlakten, die aan haar benedeneinde door morainen omzoomd zijn: de vlakte aan de Dora Riparia boven Rivoli, de vlakte aan de Dora Baltea boven Ivrea.

Opmerking verdient het, dat sommige meren aan hun benedeneinde ook door oude morainen omgeven zijn, terwijl de diepte er zich bepaald tegen verzet, dat men deze morainen als de oorzaak van de meervorming door opstuwing van het water beschouwt. He Lago Maggiore, het Comomeer en nog eenige Italiaansche zijn aan hun benedeneinde wel door steendijken begrensd, maar dragen toch een oceanisch of relicten-karakter. Waardoor?

Tot de afdammingsmeren rekenen we verder de kratermeren en de uitvloeiingsbekkens van continentale stroomgebieden, onverschillig of deze al of niet behooren tot de relicten-meren.

§ **213. Inzinkingsmeren.** De inzinkingsmeren ontstaan door het lager worden van den bodem beneden de omliggende streek, hetzij dit een gevolg is van den bouw van het gebergte of wel van eene instorting. Gevallen van een plotselinge instorting komen weinig voor; Junghuhn deelt een geval mede, dat hij in Java opmerkte; in kalkgebergten behooren ze echter tot de meest gewone ver-

schijnselen. Daar ontstaan zij door instorting van holen. Ook bij aardbevingen kunnen dergelijke instortingsmeren ontstaan. De Doode Zee behoort ook tot de inzinkingsmeren, maar is door langzame verlaging van den bodem ontstaan. Het gansche Jordaandal was in den aanvang met water gevuld, maar door toenemende droogte van het klimaat is de watermassa beduidend afgenomen.

Waar hebben we dezen invloed van het klimaat op de meren ook opgemerkt?

Tot de inzinkingsmeren rekent men ook de echte bergmeren, maar over hun ontstaan ligt nog een sluier. Het Lac de Bourget behoort er toe. Ook de Middel-Alpen, het Britsche gebergte, het Scandinavische Hoogland, de Himalaya, de Tatra, de Thiansjan zijn rijk aan zulke meren, die in de vaste rotsmassa zijn ingezonken.

§ **214.** Brengen we de verdeeling der meren in tabel, dan verkrijgen we

1e Naar den oorsprong van het water in:

A. **Relicten-meren.**

B. **Oorspronkelijke meren.**

2e Naar den oorsprong van het bekken in:

A. **Afdammingsmeren,** waartoe de relicten-meren, de strandmeren, de morainemeren, de kratermeren en alle afgedamde deelen van een rivierbed behooren.

B. **Inzinkingsmeren**, waartoe de instortingsmeren, benevens de echte bergmeren behooren.

3e Naar het karakter van het water in:

A. **Zoutwatermeren**, die geen afwatering naar den oceaan bezitten, en

B. **Zoetwatermeren**, die wel zulk eene afwatering hebben.

Zoek van elke groep een voorbeeld, en laat zien, dat we hier niet te doen hebben met eene verdeeling in zessen, maar met eene in tweeën naar drie verschillende grondslagen.

WARMTE VAN DEN LITHOSPHEER.

§ **215. Temperatuur van de oppervlakkige lagen.** In § 13 en verv. hebben we gezien, dat de aardoppervlakte hare temperatuur van de zon ontving, en weder aan den atmospheer mededeelde. Als warmtebron voor de oppervlakkige lagen komt dus in de eerste plaats de zon in aanmerking. Deze zonnewarmte dringt meer of minder diep in den lithospheer door naar gelang van de meerdere of minder geleidbaarheid der steensoorten, die aan de oppervlakte voorkomen. De grens, waartoe de zonnewarmte doordringt, zullen we uit het volgende leeren kennen.

Met den invloed van de zonnewarmte zal zich tot zekere diepte ook de invloed van de slingeringen der luchttemperatuur doen gevoelen. Daar, waar die slingering het grootst is, zal de diepte, tot welke ze wordt waargenomen ook het grootst zijn. In § 23 hebben we gezien, dat er eene dagelijksche en eene jaarlijksche temperatuursslingering in den atmospheer wordt waargenomen. De invloed van de eerste strekt zich nooit verder dan $1\frac{1}{2}$ meter diepte in den lithospheer uit. Die van de laatste verder; maar overal stuit men op betrekkelijk geringe diepte op eene aardlaag, die eene constante temperatuur heeft en die neutrale laag wordt genoemd. In den tropischen gordel, waar de jaarlijksche slingering gering is, vindt men haar op ongeveer 6 meter diepte. Te Parijs teekent de thermometer in de kelders der sterrenwacht sinds meer dan 100 jaar standvastig 11,82° C. Daar deze thermometer op eene diepte van 28 meter onder de aardoppervlakte is geplaatst, kan men daaruit afleiden, dat de neutrale laag daar op eene diepte van 28 meter is gelegen. Waarschijnlijk ligt zij nergens dieper dan 30 meter onder de oppervlakte.

Voor elke plaats is de temperatuur van de neutrale laag nagenoeg gelijk aan de gemiddelde jaarlijksche temperatuur. Waar deze dus onder het vriespunt daalt, zal men op zekere diepte het geheele jaar door op eene laag stooten, die in bevroren toestand verkeert. Deze gordel van eeuwigdurend aardijs wordt op het noordelijk halfrond ingesloten door eene lijn van Tana ($70\frac{1}{2}$° N.B.) over Kandalaksja (67° N.B.), Mezen, den Oeral op 62° N.B., ten noorden van Tobolsk, ten zuiden van Tomsk langs, over Irkoetsk naar den mond van de Amoer, wat de Oude Wereld betreft. In Noord-Amerika gaat de grenslijn van de Norton Sound (ten Z. van Kaap Prince of Wales in Aljaska, 64° N.B.) in zuidoostelijke richting naar het Winipegmeer en de zuidpunt van de Hudsonsbaai om te Nain te eindigen.

Trek deze grens op de kaart en vergelijk haar met de jaarisotherme van 0°. Al is de bodem poolwaarts van deze lijn op zekere diepte het geheele jaar door bevroren, zoo wordt daardoor de landbouw in dit gebied niet geheel onmogelijk. In den zomer toch ontdooit de bodem tusschen de neutrale laag en de oppervlakte en kan op gunstig gelegen plaatsen voor den landbouw gebruikt worden. Evenzeer komt er plantengroei, niet alleen van lagere soorten maar zelfs boomgroei, in dit gebied voor. De boomgrens volgt vrijwel de Juli-isotherme van 10° C. Vergelijk deze met de grens van het eeuwige aardijs. Aangaande de dikte van deze altijd bevroren laag leert ons eene putboring in 1828 te Jakoetsk verricht ten minste iets. Op 16 meter diepte vond men daar eene temperatuur van $-7\frac{1}{2}$° C.; dieper nam de temperatuur iets toe, maar op $116\frac{1}{2}$ meter was zij nog beneden 't vriespunt; vermoedelijk zou men eerst op bijna 200 meter vloeibaar water aangetroffen hebben.

De zone van eeuwig aardijs is ons een duidelijk bewijs, dat de invloed van de warmte der aarde zelve niet voldoende is, om de oppervlakte tot boven 0° C. te verwarmen.

§ 216. Verticale temperatuursverandering in den lithospheer.

Reeds in vroegere tijden had men opgemerkt, dat de lucht in diepe mijnschachten aanmerkelijk warmer is, dan aan de aardoppervlakte. Zoo spoedig men bij het graven van putten door de neutrale laag heen is geboord, bemerkt men eene verhooging van temperatuur. De warmte, voor eene dergelijke stijging benoodigd, kan alleen van de aarde zelve afkomstig zijn.

Daar het inwendige van den lithospheer buiten de waarneming van den mensch ligt, is het onmogelijk met groote nauwkeurigheid de toeneming van temperatuur in verticale richting na te gaan. De lucht kan doordringen in de openingen ten behoeve van mijnen en putten in de aarde geboord, en dus den warmtegraad verlagen. Bij zeer enge boorgaten kan de warmte, ten gevolge van het boren ontwikkeld, beduidenden invloed verkrijgen. Daarenboven is de diepte van zulke openingen zeer gering (Zie § 5). Warme bronnen helpen ons al evenmin, daar we de diepte niet kennen, vanwaar het water naar boven stijgt, en evenmin de afkoeling, die het bronwater op den afgelegden weg heeft ondergaan.

Men kan de toeneming der temperatuur op tweeërlei wijzen uitdrukken n. l. door aan te geven, hoeveel graden de thermometer stijgt, als men b. v. 100 meter daalt, of door mede te deelen, hoeveel meter men moet dalen om een stijging van 1° C. te verkrijgen. **Het getal, dat aanwijst hoeveel meters men moet dalen, om eene temperatuursverhooging van 1° C. te verkrijgen, noemt men den geothermischen gradiënt** [1]). Men neemt aan, dat hij gemiddeld ongeveer 30 meter bedraagt. Wij zullen den lezer niet vermoeien met een tabel; daar hij er alleen uit zou kunnen zien, dat deze gemiddelde waarde bijna nergens voorkomt.

Men heeft de punten onder de aardoppervlakte, die vermoedelijk gelijke temperatuur bezitten door vlakken vereenigd; deze vlakken snijden eene verticale doorsnede volgens lijnen, die men geoïsothermen noemt. Deze geoïsothermen bootsen het verloop der aardoppervlakte na, maar hare bochten zijn altijd zwakker en zij naderen dus in een ongelijk terrein meer de horizontale ligging. Bij het doorboren van bergen (Col de Frejus, St. Gothard) bleek op duidelijke wijze, dat ook binnen in het gebergte de temperatuur hooger is dan aan de oppervlakte. Waarschijnlijk zou eene doorboring van den Simplon of den Mont-Blanc onmogelijk worden, doordat de warmte den arbeid beslist zou verhinderen.

§ 217. Oorzaken der temperatuursverhooging met de diepte. Wat de oorzaken dezer temperatuursverhooging aangaat, staan we nog geheel en al op het gebied der hypothese, en we brengen ze dan ook alleen ter sprake om te verhoeden, dat men die hypothesen aanziet voor feiten. Sommigen nemen een gloeiend vloeibaren toestand van het binnenste der aarde aan. Zeer waarschijnlijk zullen alle stoffen, wanneer men ze op de oppervlakte blootstelt aan een temperatuur gelijk aan die van het inwendige der aarde gloeiend vloeibaar of gas-

[1]) Dit, mijns inziens zeer gelukkig gekozen woord, danken wij aan Dr. H. Blink.

vormig zijn. Maar in het inwendige der aarde verkeeren die stoffen onder een ontzaggelijken druk en deze verhoogt het smeltpunt. Misschien is die druk juist de oorzaak van de groote warmte. Anderen nemen aan, dat die hooge temperatuur ontstaat door chemische werkingen. Dit heeft eenige waarschijnlijkheid, omdat chemische werkingen altijd den warmtegraad verhoogen. Het verkolingsproces gaat nog steeds voort en zal dus eene zekere hoeveelheid warmte leveren. Deze en nog meer hypothesen kunnen echter niet beletten, dat wij omtrent de hoogste temperatuur van de aardkern, omtrent haren agregatietoestand en omtrent de dikte van den lithospheer geheel in het onzekere verkeeren. In de eerste plaats aangaande de hoogste temperatuur, want de toeneming in warmte ligt weldra geheel buiten het bereik van onze waarneming. In de tweede plaats omtrent de dikte: Hopkins leidde uit astronomische waarnemingen af, dat als de aardkern volkomen vloeibaar is, de lithospheer, d. i. de omgevende korst, eene dikte van 1300—1600 KM. moet bezitten of $\frac{1}{5}$ tot $\frac{1}{4}$ gedeelte van den straal; maar die volkomen vloeibaarheid van den barospheer is weer hypothese. In de derde plaats weten we den agregatietoestand niet, want ons ontbreekt de kennis van de verhouding tusschen druk en verhooging van smelt- en verdampingspunt op zulke hooge temperaturen.

DE KRACHTEN, DIE DE OPPERVLAKTE DER AARDE WIJZIGEN.

§ **218. Overzicht.** Geen kaart geeft ons een juist beeld van een, al is het nog zulk een klein, gedeelte der aardoppervlakte; de grootst mogelijke nauwkeurigheid, die men kan bereiken bestaat hierin, dat de kaart de landstreek op één oogenblik juist voorstelt, en wel op dat oogenblik, waarop de teekenaar de landstreek heeft opgenomen. Maar daarna is de streek weer veranderd: land moet plaats maken voor water, water voor land; eene hoogte kan geslecht, eene laagte aangevuld, eene diepte in een ondiepte veranderd worden; eilanden vereenigen zich met het vastland, schiereilanden scheiden zich af: nooit is de natuur in rust.

De krachten, waardoor de oppervlakte der aarde onophoudelijk van vorm verandert, kan men splitsen in anorganische en organische, naarmate zij in de anorganische of in de organische natuur haar zetel hebben.

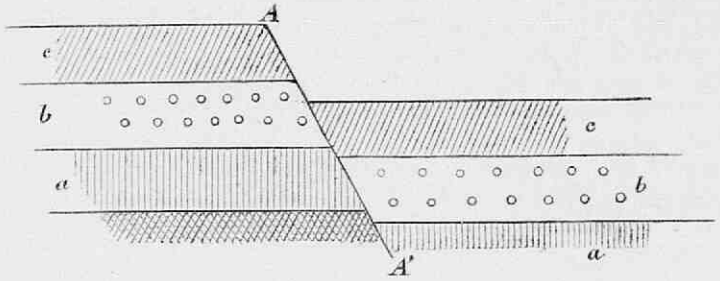
De anorganische moeten nog in verschillende soorten verdeeld worden. Er

zijn er bij, die van het inwendige der aarde naar de oppervlakte werken. Zoodanige krachten hebben we reeds leeren kennen bij het ontstaan der gebergten en bij het ontstaan der depressie, welke thans door den oceaan bedekt wordt.

De oorspronkelijk horizontale strekking der aardlagen is in verloop van tijd op verschillende wijzen verstoord, wij hebben reeds kennis gemaakt met de verstoring, waardoor plooien of vouwen in de aardoppervlakte ontstaan (Zie § 186).

Behalve deze verstoring heeft men nog die der verschuiving, waarvan fig. 44 een voorbeeld geeft.

Fig. 44.



Onder verschuiving verstaat men de niveauverandering van een gedeelte van een stelsel van lagen. Oorspronkelijk bevonden de beide lagen *c*, evenals de beide lagen *b* en de beide lagen *a* zich in hetzelfde horizontale vlak. Dit verband is door de eene of andere kracht verbroken, het gedeelte aan den rechterkant is gezonken in vergelijking van het andere deel en daardoor is langs de lijn *AA'* een breuk ontstaan. Eene dergelijke verschuiving behoeft echter niet altijd in verticale, zij kan ook in horizontale richting plaats hebben. Onze figuur dient om deze aanschouwelijk te maken, als ze op een plat vlak wordt nedergelegd, terwijl we haar zoo even verticaal geplaatst dachten. We hebben dus radiale en tangentiale verschuivingen. Zie voor de beteekenis dezer adjectiven blz. 206.

De voornaamste verstoringen van dezen aard komen slechts in vroegere tijden der aardvorming voor. Maar het lijdt geen twijfel of de krachten, waardoor zij te voorschijn zijn geroepen, doen haar invloed ook op de tegenwoordige aardoppervlakte gelden. Dat we ze nu niet duidelijk opmerken, komt daarvan, dat haar effect eerst na een lang tijdsverloop zichtbaar wordt. Tegenover zulk een tijdsverloop zijn de paar duizend jaar der historie niet meer dan een oogenblik. Maar al was er niets anders, dan konden de aardbevingen ons leeren, dat die krachten nog bestaan. Wij hebben echter reeds voorbeelden gezien, dat de oppervlakte der aarde niet in rust is.

Denk aan de niveauveranderingen.

Van meer localen aard, maar niet van minder belang, daar we er de wijziging der aardoppervlakte duidelijk bij kunnen opmerken, zijn de vulkanische werkzaamheden of het vulkanisme.

Op de aardoppervlakte werken verder nog krachten, die, evenzeer eene verandering in den vorm veroorzaken. Op de eene plaats wordt de bodem vernield, er worden stukken van losgescheurd, deze worden medegevoerd en op andere oorden weer aan de vaste korst terug geven. De verweering, die den bodem vernielt, wordt door den atmospheer voorbereid en begonnen, door het water, zoowel in vloeibaren als in vasten toestand, en door de planten voortgezet; de vervoering is toevertrouwd aan de zwaartekracht, het water en de winden, de afzetting of neerlegging geschiedt door de zwaartekracht, wanneer water of wind niet meer bij machte zijn het medegevoerde verder te transporteeren. De invloed van den wind is sterker naarmate het klimaat droger is; in dit opzicht zijn water en wind dus tegenstrijdige krachten, toch werken zij beide met één doel: de slechting van alle oneffenheden der aardoppervlakte.

Behalve deze krachten, die voornamelijk in de anorganische natuur zetelen, werken ook de dieren en planten mede tot vorming en vormverandering der aardkorst. Wij krijgen dus het volgende overzicht.

A. Krachten, die van de anorganische natuur uitgaan:

1. Inwendige krachten:
   a. die, welke plooiing of vouwing en verschuiving der aardlagen veroorzaken;
   b. de vulkanische werkzaamheid.
2. Uitwendige krachten, die verweering, vervoering en neerlegging of afzetting veroorzaken, dus de kracht van lucht, water en wind.

B. Krachten, die van de organische natuur uitgaan en wel

1. van de planten;
2. van de dieren.

Daar we reeds gelegenheid hadden, op te merken, dat de plooiing der aardkorst het gevolg is van de samentrekking bij afkoeling van den gloeiend vloeibaren bol, zoo zullen we hierover verder zwijgen, behalve dat we de aardbevingen, die er gedeeltelijk mede in verband staan afzonderlijk zullen behandelen. Tot de inwendige krachten behooren waarschijnlijk ook die, welke de niveauveranderingen veroorzaken.

HET VULKANISME.

§ **219. Vulkanen.** Verkeerdelijk meent men wel eens, dat een vulkaan altijd een berg is. Dit is doorgaans wel zoo, maar toch is het begrip berg niet onafscheidelijk verbonden aan het begrip vulkaan. Iedere plaats op aarde,

die met het inwendige van onze planeet in verbinding staat door een kanaal, waaruit tegenwoordig nog of in vroegere tijden gloeiend vloeibare massa's naar de oppervlakte dringen of drongen, heeft aanspraak op den naam van vulkaan. Rondom of boven den mond van dit kanaal wordt door de uitgeworpen massa's vaak een berg, soms ook een berggroep en ook wel eens een bergketen gevormd. De Vesuvius, Auvergne en het Hargitta-gebergte (in Zevenburgen) leveren ons van elk een voorbeeld. Maar al is de vulkaan een berg, dan nog is er een groot onderscheid tusschen dezen berg en de overige der aarde; de eerste heeft namelijk zich zelf gevormd, de laatste niet.

Het vulkanisch gebergte is gevormd door de massa, die door het kanaal aan de oppervlakte gevoerd is. Deze massa kan samenhangend, dus oorspronkelijk vloeibaar, zijn, maar ook fijnkorrelig en onsamenhangend. In het eerste geval noemt men haar lava, in het tweede geval asch. Deze asch kan zich, wanneer zij het kanaal verlaten heeft, met water zoodanig vermengen, dat er een slijkmassa ontstaat, die in hard geworden toestand den naam van tuf draagt.

Uit het bovenstaande volgt, dat noch lava, noch asch, noch tuf een bepaalde steensoort is. Alles, wat vloeibaar uit het kanaal komt, is lava; maar die vloeibare massa is een mengsel van verschillende stoffen, die naar hunne verschillende kenmerken tot de basalten of de trachieten behooren. Asch verschilt alleen in zooverre van lava, dat zij den samenhang mist. Zij wordt gevormd door de verspreid uitgeworpen lavadeelen. De lava zelf wordt nooit omhoog geworpen, maar vloeit over den bovenrand van het kanaal dadelijk naar omlaag.

Zijn de blokken, die uitgeworpen worden van groote afmetingen, dan noemt men ze lavablokken, zijn ze betrekkelijk klein, dan heeten ze slakken of, zoo ze gedurende den val een afgeronde gedaante hebben verkregen, bomben; terwijl kleine bomben den naam van lapilli dragen.

Ten opzichte van den aard der stoffen, waaruit de berg is gevormd, verdeelt men de vulkanen in

Strato-vulkanen en
Homogene vulkanen.

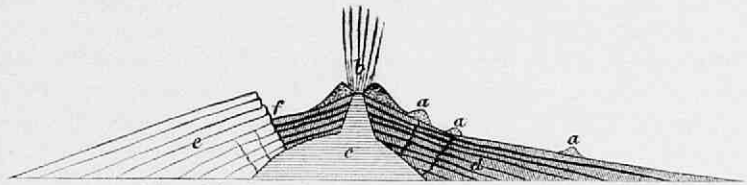
De eerste bestaan uit asch en tuf met of zonder verbinding van lava, de tweede worden nagenoeg geheel door deze laatste stof gevormd. De eerste hebben een kegelvorm, de laatste niet. Verreweg het grootste gedeelte der tegenwoordig nog werkzame vulkanen behoort tot de eerste groep. Wanneer het dan ook niet uitdrukkelijk vermeld wordt, bedoelen we met het woord vulkaan in het vervolg steeds een strato-vulkaan.

§ **220. Bouw der vulkanen.** Het begin van elken vulkaan is eene eenvoudige opening in de aardkorst. Daaruit komen dan de stoffen uit het inwendige naar de oppervlakte. Zulke eenvoudige vulkanen treft men in werkelijkheid niet aan, tenzij men de Maaren in den Eifel, in Auvergne, op Java en op Nieuw-Zeeland als zoodanig wil beschouwen.

Het kan geen verwondering baren, dat deze eenvoudigste vorm zoo weinig wordt aangetroffen. Hij toch stelt den aanvang voor der vulkanische werkzaamheid. Eindigt deze werkzaamheid dadelijk na haar zwak begin, dan zal de opening alleen haar voormalig bestaan aanduiden. Maar het ligt in den aard der zaak, dat het eindigen van eene nauwelijks begonnen uiting van vulkanische kracht tot de zeldzaamheden behoort.

Eigenlijk moet na het ontstaan der opening de vulkanische werkzaamheid eerst recht beginnen. Dan hoopen de uitgeworpen stoffen zich rondom de opening op als een wal en na langen duur ontstaat er een kegelvormige berg, die verschillend kan zijn, naargelang van de vulkanische stoffen, die door uit de opening zijn uitgeworpen. Meestal zijn echter de vulkanen uit verschillende lagen van de verschillende stoffen opgebouwd. Om hiervan eenigszins een denkbeeld te geven, beschouwen wij onderstaande figuur, die de schematische doorsnede voorstelt van den Vesuvius. Wij noemen haar een schematische, omdat zij wel in enkele, ondergeschikte opzichten van de werkelijkheid zal afwijken.

Fig. 45.



Schematische doorsnede van den Vesuvius (strato-vulkaan).

In deze figuur stelt *c* de holle ruimte voor, welke oorspronkelijk de opening was, waardoor de stoffen naar boven werden gevoerd; *d* wijst ons den lavakegel aan, waarop zich ter weerszijden van de opening *b* aschkegels verheffen, terwijl bij *a* kleine kegels van puin zich op de lava hebben ontwikkeld. Daar de lavakegel door achtereenvolgende uitbarstingen is gevormd, bestaat hij uit verschillende lagen, zooals in de figuur is aangewezen. Bij *e* vinden we het overblijfsel van een ouden vulkaan, waarvan later sprake zal zijn.

Beschouwen we den berg uitwendig, dan valt ons de kegelvorm duidelijk in het oog. Echter zien we ook dadelijk, dat de helling niet overal even groot is, zij wisselt tusschen 3° en 40°. Aschkegels hebben doorgaans eene steilere helling dan lavakegels.

Bij de vulkanen is door het water veel aan de zuiverheid van den ronden vorm veranderd. Vele vulkanen toch vertoonen een geribd voorkomen. Dit ontstaat door eene menigte groeven, die van den top des bergs naar beneden loopen, en haar ontstaan te danken hebben aan de werking van het regenwater, dat in alle richtingen van den top naar omlaag stroomt. De groeven en dus ook de ribben

zijn regelmatiger, naarmate de kegelvorm regelmatiger en de opbouwende stof homogener is. Voorbeelden van het geribde voorkomen leveren de Soembing op Java, de Cotopaji in Zuid-Amerika en de Mont-Egmont op Nieuw-Zeeland. Bij voortgaande werking wordt de berghelling door het water zoo ver vernield, dat het inwendige kanaal aan eene zijde niet meer door een rand omgeven is. Dan vormt dat kanaal een keteldal, dat door een diepe kloof met de omgeving in verbinding staat. Natuurlijk kunnen volgende uitbarstingen op dezen vorm van grooten invloed zijn: de kloof kan gevuld worden of een gedeelte van den berg kan instorten, waardoor de kloof verwijd wordt.

Op het eiland Palma (Canarische eilanden) treft men een dergelijk keteldal aan, dat den naam van Caldera draagt. De kloof heet Barranco. Beide namen zijn van eigennamen soortnamen geworden, om gelijksoortige vormen aan te duiden. Bij den Etna is de oostelijke wand ingestort, waardoor het Val del Bove ontstond, dat dus een caldera is.

Een ander voorbeeld, hoe de uitwendige vorm van een vulkaan gewijzigd kan worden, levert de Pinchincha, die vier toppen bezit.

De Piek van Orizaba bezit den schoonsten kegelvorm.

Boven in den kegel bevindt zich doorgaans de opening van het kanaal, de krater. Hij heeft in vorm groote overeenkomst met een trechter, maar in tijd van rust is de bodem gesloten en dus het kanaal verstopt. Echter is de top van den berg niet de eenige plaats, waar een krater voorkomt; dikwijls is er langs de helling nog een tweede of wordt de hoofdkrater door eene menigte secundaire kraters omgeven. De Etna bezit langs de helling van den hoofdvulkaan nog ongeveer 300 kleinere kraters, de Geloenggong op Java wel 1000. In enkele gevallen ontbreekt de hoofdkrater en heeft de uitbarsting uitsluitend door barsten langs de helling plaats.

De krater is het meest veranderlijke gedeelte van den berg. Vandaar dan ook, dat hij bij de verschillende vulkanen zoo weinig overeenkomst aanbiedt: nu eens is de binnenwand zeer steil, dan weer zacht glooiend. Evenzoo is de omvang verschillend. De diameter bedraagt bij den Vesuvius ruim 600 meter, bij den Kilauea op Hawai 4700 meter. De grootste nog werkzame krater is die van den Tengger op Java, waarvan de doorsnede bijna 5000 meter bedraagt.

De hoogte der vulkanen loopt evenzeer uiteen. En niet alleen is dit het geval bij de bergen in vergelijking met elkander, maar de hoogte van een zelfden vulkaan wisselt af. Op de hoogte hebben de volgende factoren invloed:

1° de ouderdom van den vulkaan;
2° de heftigheid der uitbarstingen;
3° het weerstandsvermogen der uitgeworpen stoffen en
4° het al of niet ongeschonden blijven van den top bij de uitbarstingen.

In welke mate dit laatste van invloed is, blijke uit de volgende wisseling der hoogte van den Vesuvius. Deze was in 1832: 1140 meter, in 1855: 1286 meter, in 1867: 1387 meter en in 1872: 1297 meter. De hoogte van de Tembora op het eiland Soembawa werd door de uitbarsting van 1815 van misschien 4500 op 3000 meter gebracht.

De hoogste vulkanen zijn de Chimborazo (6310 meter), de Sahama (6800 meter), de Cotopaji (5943 meter), de Ararat (5191 meter), de Piek van Teneriffa (3615 meter), de Etna (4304 meter), de Sapka in Kamsjatka (4886 meter). De Kosima in Japan is slechts 227 meter, de Mandana op de Santa-Crux-eilanden slechts 65 meter hoog.

§ 221. **Werkzaamheid der vulkanen.** Sommige vulkanen zijn geheel en al in rust, andere daarentegen dragen duidelijke sporen, dat het onderaardsche vuur nog in hun binnenste werkt. De eerste noemt men uitgedoofde vulkanen, de andere werkzame. Bij deze laatste volgen de uitbarstingen elkander doorgaans met langere of kortere tusschenpoozen op; slechts enkele zijn voortdurend in werking. Als voorbeeld van vulkanen, die nooit in rust zijn, noemen we den Stromboli.

Van dezen vulkaan, die een der Liparische eilanden vormt, reiken de berichten tot ongeveer 2000 jaar geleden. In al dien tijd is hij geen kwartier in rust geweest. Daarbij zijn de uitbarstingen zeer regelmatig. Voortdurende werkzaamheid bij een vulkaan noemt men daarom wel Stromboli-werkzaamheid.

Geheel anders is het bij de Vesuvius, waarvan de berichten ook tot voor ongeveer 2000 jaar reiken.

Tot het jaar 79 n. Chr. gold de Somma (zoo heette de oorspronkelijke vuurberg) voor uitgedoofd. In genoemd jaar had de vreeselijke uitbarsting plaats, waarbij de steden Herculanum en Pompeji werden bedolven. Van 79 tot 1631 telt men 11 uitbarstingen, dus één om de 150 jaar gemiddeld; soms was echter de berg meer dan 300 jaar in rust. Daarna nemen de uitbarstingen in aantal toe, maar in heftigheid af. In de 19de eeuw komen er tot 1872 reeds 15 uitbarstingen voor.

Het is dikwijls zeer moeielijk een uitgedoofden vulkaan van een werkzamen, die in rust is, te onderscheiden. In de tijden van rust toch is de krater verstopt door verharde lava, asch en slakken. Bij eene nieuwe uitbarsting moeten deze eerst weder verwijderd worden, tenzij zich een nieuwe krater vormt, of de massa door de kloven langs de helling wegvloeit. Hoe langer het tijdperk van rust duurt, hoe verschrikkelijker is de eerstvolgende uitbarsting. De Vesuvius leverde daarvan in 79 n. Chr. een duidelijk voorbeeld.

§ 222 **Uitbarstingen.** De gewone kenmerken van vulkanische werkzaamheid bestaan in het opstijgen van dampen. De uitbarsting is het gevolg van grooter werkzaamheid. Daarbij speelt de waterdamp den hoofdrol. In het inwendige, in den vulkanischen haard, verzamelt zich de damp, wordt daar bovenmatig verhit en sterk gedrukt, waardoor hij eene groote spanning verkrijgt. Door den krater tracht deze damp te ontwijken en stuwt daardoor de bovenliggende massa omhoog.

Doorgaans wordt eene uitbarsting voorafgegaan door schuddingen van den bodem. Een onophoudelijk gerommel als dat van het rollen des donders waarschuwt de bewoners; bronnen in de nabijheid houden op water te geven; de sneeuw, die den top des bergs bedekt, smelt plotseling.

Bij de Cotapaji en bij de Mauna Loa komen doorgaans geen aardbevingen voor.

Gewoonlijk houden de aardschuddingen op, zoodra de eigenlijke uitbarsting aan-

vangt. Zij worden waarschijnlijk veroorzaakt door het verstopt zijn van den krater. Is eenmaal de belemmerende massa aan den uitgang van kanaal gebarsten of weggeslingerd, dan stijgt er een zwarte rookzuil omhoog, die zich aan haar bovenste einde gelijk een wolk uitbreidt en naar den vorm den naam van pinie (pijnappel) draagt. Gedurenden den duisteren nacht, wordt deze pinie door de gloeiend vloeibare lavamassa verlicht en vertoont zich dan als een vuurzuil boven den top van den berg.

Dat we hier met eene terugkaatsing van den vuurgloed en niet met een vuurzuil zelve te doen hebben, blijkt daaruit, dat bij den hevigsten wind de verlichte zuil onbewegelijk blijft. Bij een in beweging zijnde spoortrein kan men een dergelijk gezichtsbedrog waarnemen, wanneer de stoom- en rookkolom over de wagens wordt gedreven en de vuurhaard geopend is.

Ook kan men sterren, zelfs van zwakke lichtkracht, door den vuurgloed waarnemen.

Intusschen kunnen zich in de zuil dikwijls werkelijke vlammen bevinden, die ontstaan bij het ontbranden van enkele gassoorten. Deze zijn echter te zwak en van te geringe uitgebreidheid om de zuil te verlichten.

De rookkolom bestaat voornamelijk uit asch, vermengd met lapilli's en bomben, die door den waterdamp omhoog worden gevoerd. De lapilli's en bomben vallen spoedig weder op de aarde, maar de fijn verdeelde asch wordt zeer hoog opgevoerd en daarna door den wind soms zeer ver verspreid. De Tembora op het eiland Soembawa slingerde in 1815 zulk eene massa asch en slakken omhoog, dat er eene vlakte mede bedekt werd zoo groot als het keizerrijk Duitschland. Zij werd door den wind zelfs tot Benkoelen, Pontianak en Palos (op Celebes) gebracht. De asch van de Coseguina in Nicaragua breidde zich in zee tot op een afstand van 2000 kilometer uit. In een kring van 35 kilometer om den vulkaan werd de lucht verduisterd en gansche oerwouden onder de asch bedolven.

De zand- en aschmassa, welke de vulkaan uitstoot, bestaat uit weggeblazen lavadeeltjes, die bij de uitbarsting omhoog geslingerd worden en in de lucht afkoelen en stollen. Het microscopisch onderzoek heeft dit duidelijk in het licht gesteld.

Grootere stukken, die omhoog geworpen worden, zijn de voorboden van de lava. De Cotapaji slingerde rotsblokken van bijna 3000 M^3 tot op een afstand van 22 kilometer; men heeft blokken van 2000 centenaars gevonden. Daarna stijgt de lava tot aan den rand van den krater, tenzij zij door zijopeningen een uitweg heeft gevonden. Dit laatste is doorgaans het geval, ja het gebeurt wel, dat de uitbarsting tot het benedenste gedeelte van den berg beperkt blijft; dan stijgt door den hoofdkrater alleen een dikke kolom van gassen en dampen omhoog.

De lava wordt zeer zelden omhoog geworpen. De Mauna Loa vormt lavafonteinen. Doorgaans komt zij door de gaten en spleten aan de helling te voorschijn en stroomt rustig naar omlaag, alles verbrandende en vernietigende, wat zij op haren weg ontmoet. Zij vloeit ongeveer met dezelfde gemakkelijkheid als gesmolten ijzer, ofschoon de bewegelijkheid niet altijd even groot is. Van die bewegelijkheid en de helling van het gebergte hangt de snelheid af, waarmede de lavastroom zich voorwaarts

beweegt. Aan den Etna heet de snelheid groot, als zij $\frac{1}{2}$ kilometer per uur bedraagt. De lavastroom, die in 1794 uit den Vesuvius naar het dorp Torre del Greco vloeide, legde per uur 1 kilometer af. Dicht bij den top van den Vesuvius heeft men wel eene snelheid van 7 kilometer per uur waargenomen. Bij het einde van de uitbarsting, wanneer de onderste einden van de lavastroomen meer en meer bekoelen, kan de snelheid tot 1 centimeter per dag en daar beneden verminderen. De rijkdom aan lava is niet alleen bij verschillende vulkanen, maar ook bij verschillende uitbarstingen van denzelfden vulkaan, zeer ongelijk. De uitbarsting in het Val del Bove (bij den Etna) in het najaar van 1852 en het begin van 1853 leverde een stroom van 3 kilometer breedte en 10 kilometer lengte, trouwens de werking van den vulkaan duurde ongeveer 9 maanden. In September van 1852 geleek het gansche dal één vuurzee. In lavarijkdom staan de vulkanen van IJsland bovenaan: op den 11den Juni 1783 steeg uit den Skaptar Jökoel een lavamassa omhoog, die toereikend zou zijn om zeven bergen als de Mont-Blanc te bouwen. Daardoor werden dan ook in een zoo dun bevolkte streek twintig dorpen vernietigd en 9000 menschen gedood. In de vlakte lag de lava 30—40 meter hoog.

De lava bevat eene groote hoeveelheid vluchtige vloeistoffen, die bij de stolling in den vorm van gas en damp ontsnapt. Vooral ontwijkt dan eene groote hoeveelheid waterdamp, zoodat een lavastroom, overdag op eenigen afstand gezien, wel eenige overeenkomst bezit met een spoortrein, die over hare gansche lengte uit saamgekoppelde, stoomende locomotieven bestaat. Door den ontwijkenden waterdamp vormen zich blazen op en in de massa, die daardoor poreus wordt. Zonder de waterdamp zou de massa volkomen dicht zijn. De meer of mindere dichtheid hangt af van het gehalte aan waterdamp. De dampontwikkeling duurt nog voort als de oppervlakte reeds gestold is. Om daarna te ontsnappen doet de waterdamp de gevormde korst barsten en drijft de inwendige, nog vloeibare massa naar buiten. Zoo heeft men dus op den stroom een vulkaan in 't klein, die dikwijls een kegel vormt van 3—8 meter hoogte.

De lava koelt zeer langzaam af. Haar temperatuur bedraagt aanvankelijk 2000° C. Spoedig vormt zich een harde korst aan de oppervlakte, die het inwendige voor afkoeling beschut. De lavastroom, in 1858 door den Vesuvius uitgeworpen, was in 1864 nog zoo heet, dat de wijngaardeniers in de barsten hun eten konden koken.

Bij de kristallisatie der mineralen wordt warmte vrij. Het inwendige van een lavastroom vindt daarin een tweede middel tegen snelle bekoeling. Daaraan schrijft men het toe, dat eenigen tijd na de vorming der korst aan de oppervlakte de temperatuur van het inwendige rijst, om daarna weder langzaam te dalen.

Heeft de uitbarsting snel en onder groote dampontwikkeling plaats, zoo splijt de lava in blokken, die groote hoopen vormen; men spreekt dan van bloklava. Is

dit niet het geval, dan bekoelt zij langzaam, gaat eerst over in een taai-vloeibaren en daarna in den vasten toestand en vormt samenhangende lava.

Naast deze verschijnselen, die de eigenlijke uitbarsting vormen, komen nog de meteorologische. Hevige onweersbuien begeleiden doorgaans de verwoestende werking van den vulkaan. Door de snelle verdichting wordt de waterdamp, die zich in de rookzuil bevindt, positief electrisch; de asch is negatief electrisch, de geheele berg waarschijnlijk evenmin neutraal. Vandaar dat bliksemstralen aan het geheele verschijnsel een nog ontzettender aanzien geven. Daarbij komen storm en regen. De watermassa vermengt zich met de asch en vormt slijkstroomen, die dikwijls grooter verwoesting aanrichten dan de lavastroom of de aschregen. Steekt de vulkaan zijn top tot boven de sneeuwgrens, dan smelt de sneeuw aan de helling en geeft evenzeer aanleiding tot het vormen van slijkstroomen. Bij onderzeesche vulkanen komen deze laatste natuurlijk altijd voor.

Om eenig denkbeeld aangaande de uitbarsting van een vulkaan te geven, plaatsen we de volgende verkorte beschrijving van de uitbarsting van Krakatau.

Sinds 1680 lag het eiland Krakatau in rust. Na ruim 200 jaar had er in Mei 1883 eene nieuwe uitbarsting plaats, die door niets was aangekondigd. Opmerkelijk is het, dat men den 20sten Mei van dat jaar te Batavia en te Buitenzorg dof gerommel en sterke knallen vernam, terwijl men te Anjer en te Seraing niets bemerkte. Daaraan is het dan ook waarschijnlijk toe te schrijven, dat men twee dagen lang in het onzekere bleef over de ligging der plaats, waar de vulkanische werkzaamheid zijn krachten deed gelden. De witte dampkolom verhief zich tot eene hoogte van 11 kilometer. Den 21sten Mei was het midden op den dag niet lichter dan bij zonsverduistering. De asch werd in zee op een afstand van ruim 500 kilometer door den oostpassaat medegevoerd en viel zelfs te Kroë in de residentie Benkoelen. Na dien tijd veranderde de nieuw ontstane krater waarschijnlijk vaak van vorm. Voortdurend werden onderaardsch gerommel en stooten waargenomen tot op een afstand van 350 kilometer, ja misschien zelfs te Singapore (afstand ruim 800 kilometer). Dit duurde zoo tot den 26sten Augustus, toen de eigenlijke noodlottige uitbarsting een aanvang nam. De berichten aangaande deze vreeselijke gebeurtenis zijn dikwijls met elkander in strijd, wat geen verwondering kan baren, als men in aanmerking neemt, dat tijdens zulk een gevaar de mensch zeker weinig geschikt is om nauwkeurige waarnemingen te doen. De aschkolom verhief zich om 2 uur tot ongeveer 30 kilometer hoogte. Te Kroë werden om 3 uur uit het zuidoosten aanhoudend geluiden waargenomen als van kanonschoten, vermengd met donderend gerommel en vergezeld van aardtrillingen en schokken, waardoor de huizen op de grondvesten schudden. In den namiddag viel ten zuiden van den vulkaan op de schepen in de Straat Soenda een dikke aschregen, terwijl een sterke golfbeweging zoowel op Sumatra's zuidkust als op Java's westkust werd waargenomen. Te Telok Betong werden daardoor vaartuigen op strand geworpen, de havendammen vernield en de verbinding met de reede verbroken. Toch dacht men alleen in Ketimbang (Lampongsche districten) aan een werkelijk gevaar; daar vluchtte de bevolking in 't gebergte. 's Avonds was de toestand der schepen in het zuidelijk gedeelte van de straat zeer hachelijk, de nacht was vreeselijk. Aanhoudende aschregen maakte de duisternis volkomen, alleen afgebroken door de hel roode vuurzuil, die van den vulkaan omhoog steeg. Voor enkele schepen heerschte van den 26sten 's avonds tot den 28sten 's morgens 8 uur volslagen duisternis.

Onder dergelijke omstandigheden brak de 27ste Augustus 1883 aan, die rampzalige dag. Reeds vroeg was de zee in heftige beweging. Groote verwoestingen werden aan beide zijden van de straat door den golfslag aangericht. Te Anjer weerstonden de gebouwen wel den eersten aanval van de verwoede zee, maar verdronken eene menigte menschen; doch te Telok Betong werd alles, wat op het vlakke strand stond, weggeveegd en een schip, dat den vorigen avond op het strand was geraakt, ver op het land geslingerd. De gemeenschap tusschen de schepen op de reede en het land was afgebroken. Een kapitein van een daarliggend vaartuig zag in een oogenblik Telok Betong verwoest. De arme bewoners helpen kon hij niet, naar Batavia snellen en om hulp vragen, was hem door den toenemenden asch- en steenregen onmogelijk en om 10 uur nam de duisternis zoo toe, dat hij geen enkele poging kon wagen om iets voor de ongelukkigen te doen. Deze vluchtten naar de hoogte, maar de volkomen duisternis, de asch- en slijkregen en de woedende orkaan, vergezeld van donder en bliksem, die om half elf begonnen, brachten velen van deze rampzaligen tot wanhoop.

Intusschen hield de bron van al die verschrikking niet op te werken. Voor ver afgelegen plaatsen werd de zon verduisterd. In volkomen donker moet ongeveer om tien uur de eigenlijke katastrophe plaats hebben gehad; nadat de berg gedurende eenige maanden voortdurend zijn inhoud had uitgeworpen, stortte de ondermijnde kraterrand met een ontzettenden knal in. Tegelijkertijd zakte een deel van den zeebodem weg, en dit alles veroorzaakte een zeebeving en een luchtbeweging, welke ver werden waargenomen. Hierna duurde nog eene geringe werkzaamheid tot den volgenden morgen voort, de natuur kwam weer tot rust, en liet een tooneel van verwoesting zien, dat alle verbeelding te boven gaat. De uit de lage dorpen gevluchte bewoners waagden zich terug naar hun woningen! — neen naar de plek, waar hun woonplaats gestaan had, om het beeld der vernietiging te aanschouwen. Naar raming waren ruim 36000 menschen omgekomen, grootendeels door de golven verzwolgen, maar ook in de heete asch gestikt en verbrand. 165 dorpen waren geheel, 132 gedeeltelijk verwoest. De aardbeving had de zee op sommige plaatsen 36 meter boven haar gewoon peil opgejaagd. Aangaande de kracht der verwoede, alles vernietigende golven kan men zich een denkbeeld maken uit het feit, dat op de plaats, waar de vuurtoren bij Anjer stond, een koraalblok gevonden werd, dat naar raming een half millioen kilogram woog.

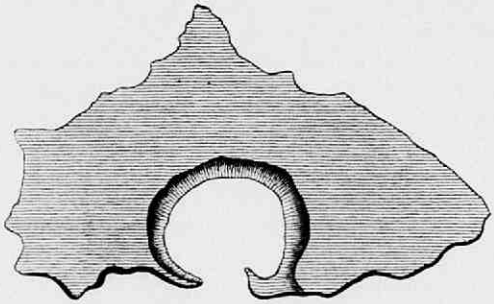
Behalve met boomen en lijken en wat de oceaan meer van het land had weggevaagd, was de zee met een massa puinsteenbrokken bedekt; het land in den omtrek lag onder eene laag fijne vulkanische witgrijze asch; zelfs te Kroë dreigden de daken onder het gewicht van die asch in te storten.

§ **223. Vulkaanruïnen.** Uitgedoofde vulkanen of zulke, die langen tijd in rust zijn geweest, verliezen zeer veel van hun oorspronkelijken vorm. We hebben er reeds op gewezen, hoe de neerslag het geribde voorkomen aan eenige kegels gaf. De oude kraterwand vormt natuurlijker wijze een ringvormig gebergte, maar kan op vele plaatsen door den invloed van het water vernield zijn, hetzij door de zee, indien deze den berg bespoelt, hetzij door den regen. Eilanden, die blijkbaar den wand van een ouden krater vormen, treft men niet zelden aan. De figuur op de volgende bladzijde geeft eene afbeelding van het eiland St. Paul in den Indischen Oceaan.

Duidelijk kunnen we den ouden kraterrand nog onderscheiden. De holte van den krater vormt een cirkelvormige golf. Echter gebeurt het ook, dat de rand op meer dan eene plaats is doorgebroken, zoodat er verschillende eilanden ontstaan, die alle

ongeveer op den omtrek van een cirkel zijn gelegen. Daarvan geeft ons ook de eilandengroep van Santorin (Zie fig. 41) een voorbeeld. De eilanden Santorin of Thera, Aspronisi en Therasia zijn overblijfselen van den vroegeren kraterrand.

Fig. 46.

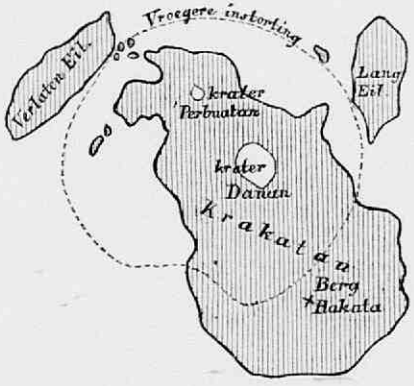


St. Paul in den Indischen Oceaan.

Ga nu nog eens na wat in § 174 van deze eilandengroep is gezegd. Is de helling in overeenstemming met die van den rand eens kraters? Nea beteekent nieuw; Mikro, klein; Palāo, oud. Bestaat Thera geheel uit vulkanische gesteenten?

Noemden we den invloed van het water als vervormer van den krater, zoo willen we daaruit geenszins afgeleid hebben, dat deze vormen na de laatste uitbarsting van den vulkaan als volkomen kraterranden te aanschouwen waren; we hebben immers reeds gezegd, dat de vulkaan bij iedere uitbarsting zijn vorm aanmerkelijk wijzigt. Daardoor kan hij zeer nabij den vorm van een vulkaanruïne komen. Daarvan levert het eiland Krakatau ons een voorbeeld. Voor de uitbarsting in Aug. 1883 had het den vorm die nevensstaande figuur aangeeft.

Fig. 47.



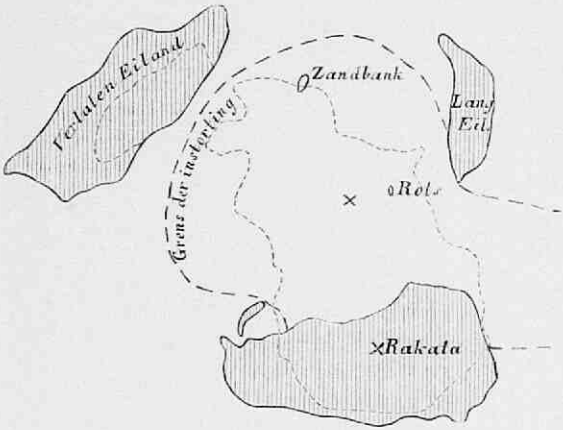
Krakatau voor Augustus 1883.

Vergelijken we hiermede het eiland na de uitbarsting, dan zien we een groote verandering. Het grootste gedeelte van het hoofdeiland is onder de golven weggezonken, zoodat het Verlaten Eiland, het Lang Eiland en het overgebleven deel van Krakatau, d. i. de basaltkop Rakata op den rand van den onderzeeschen krater gelegen zijn, of liever stukken van dien rand uitmaken. In vroeger tijd schijnt een dergelijke rand bestaan te hebben, waarin langzamerhand twee nieuwe kegels Perbuatan en Danan zijn ontstaan. Thans peilt men bij het kruisje (Zie fig. 48) meer dan 360

meter. Twee kleine eilandjes waren in Augustus 1884 reeds weder verdwenen en zijn dus op het kaartje niet aangeduid. Tegenwoordig heeft de eilandengroep veel overeenkomst met Santorin.

Vergelijk het tegenwoordig Krakatau met Santorin. Waarmede kan men de kegels Perbuatan en Danan vergelijken?

Fig. 48.



Krakatau na Augustus 1883.

Niet alleen in zee bevinden zich dergelijke vulkaanruïnen. Op het vastland verwoest de vulkaan evengoed zijn eigen schepping, den kegelberg; en op het land werkt de kracht van het water wel in mindere mate, maar toch in evenredigheid even zeker. Op het land moeten we dus noodzakelijk ook vulkaanruïnen aantreffen. Men vindt ze in de meeste vulkanische streken in den vorm van ringvormige wallen of gebergten, welke aan de buitenhelling eene zachte glooiing vertoonen, aan de binnenzijde daarentegen steil naar omlaag vallen. Dikwijls zijn ze met water gevuld en vormen dus kleine meren met steile wanden. In den Eifel noemt men ze maaren, in Auvergne kratermeren. Doorgaans bevindt zich op het vastland de ringvormige wal in zijn geheel, wat bij de oceanische vulkaanruïnen niet het geval is. Men meent, dat dergelijke ruïnen ook ontstaan, wanneer een vulkaan, waarvan de krater zich aan den top bevindt, langen tijd in rust is. Het inwendige van den berg is namelijk hol en dus kan het gemakkelijk gebeuren, dat het bovenste gedeelte zijn steunpunt verliest en instort. In dat geval blijft alleen de voet staan en vormt die een ringgebergte.

Beschouwen we nu nog eens den Vesuvius (zie fig. 45). We hebben vroeger over *e* gezwegen. Thans kunnen we er de aandacht op vestigen. Deze letter *e* wijst de doorsnede aan van een ringvormigen wal, die den vulkaan aan de noordoostzijde omgeeft. Denkt men den eigenlijken vulkaan weg, dan heeft deze wal geheel het voorkomen van eene vulkaanruïne, wat hij inderdaad ook is. Voor de uitbarsting van 79 n. Chr. bevondt zich daar de Somma, die uit niets anders dan dezen wal bestond, welke echter een aaneengesloten kring vormde. In genoemd

jaar verhief zich midden in dezen ouden krater een nieuwe kegelberg door asch en lava gevormd. Tevens werd de Somma-rand aan de zeezijde vernield. De vlakte tusschen dezen kegel en den rand van den Somma heet Atrio del Cavallo; van daar dat men dergelijke vlakten a t r i o 's noemt.

Wijs het atrio aan bij Santorin, bij Krakatau, bij St. Paul.

Onze figuur geeft dit atrio in *f* aan. Let men op de uitbreiding van het inwendige lavaruim, dan kan een instorting van den krater ons niet vreemd voorkomen, te meer, daar bij elke nieuwe uitbarsting de uitgebreidheid ervan wordt vergroot, doordien aan den binnenwand de stoffen smelten en zich met de lava vereenigen.

We hebben dus drie oorzaken, waardoor een vulkaan wordt gesloopt:

1e de uitbarsting zelve;

2e de instorting;

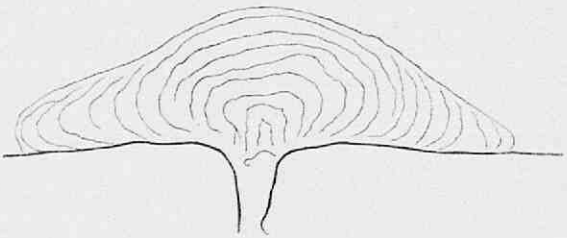
3e de kracht van het water.

De beide eerste staan met elkander in verband.

In sommige gevallen komt door verweering der aardlagen een vulkanisch gesteente voor den dag, dat niet tot een bovenaardschen vulkaan behoort. Men meent, dat deze massa's onderaardsche holen hebben gevuld, maar niet tot boven de oppervlakte zijn opgeheven, welke zij eerst door verweering der boven liggende gronden bereikten, zoodat de oppervlakte eigenlijk tot hen daalde. Dergelijke massa's noemt men b a t h o l i e t e n. De granietstokken van de Vogezen en het Ertsgebergte behooren er toe, terwijl ze ook bij Christiania voorkomen.

§ 224. Homogene vulkanen. Beschouwen we nu nog even de tweede soort van vulkanen, die slechts in gering aantal gevonden wordt en alleen uit lava bestaat. Fig. 49 geeft een ideale doorsnede van zulk een vulkaan. Uit het kanaal is een samenhangende lavamassa omhoog gedrongen en heeft zich als een reusachtige paddestoel boven dat kanaal uitgespreid. Daaroverheen breiden zich dan nieuwe lavalagen uit en bij bekoeling ontstaat een gelaagde formatie, zooals onze figuur aanduidt. De verschillende lagen omsluiten elkander als de rokken van een bloembol, en deze structuur duidt duidelijk aan, dat we hier niet te doen hebben met het overblijfsel van een lavastroom.

Fig. 49.



Homogene vulkaan

Deze homogene vulkanen worden ook nog op eene andere en wel op de volgende wijze verklaard. Bij het einde van eene uitbarsting zijn twee gevallen mogelijk, zegt men, of de kracht is nog voldoende om de inwendige ruimte met lava te vullen of zij is dit niet. In het laatste geval blijft de ruimte ledig en de krater zal te eeniger tijd instorten. In het eerste geval blijft de uit asch-

en zandlagen bestaande kegel rusten op een massief van lava, dat het kanaal voor goed sluit. De kegel vormt dan een mantel om de lava heen. Maar deze mantel verweert gemakkelijk en wanneer zij eindelijk geheel verdwenen is, vormt de inwendige lavamassa een afgeronde vulkaanruïne met steile wanden. Volgens deze verklaring is dus de homogene vulkaan slechts eene vulkaanruïne, en kan hij niet als zoodanig ontstaan. Intusschen heeft men in 1866 gelegenheid gehad, een dergelijken vulkaan werkelijk te zien ontstaan, namelijk bij eene uitbarsting in het atrio van den Santorin-groep. Daar ontstonden tusschen Nea- en Paläo-Kaimeni twee eilandjes, die uit zuivere lava bestonden. Op vele plaatsen was de lavalaag meer dan 200 meter dik, zonder dat asch- of slakkenkegels gevormd waren. De gansche massa omhoog gedrongen lava was in alle richtingen gebarsten, uit welke barsten gas steeg en lavablokken werden uitgeworpen, maar een krater was niet te bemerken.

De homogene vulkaan is dus een lava-vulkaan zonder krater en staat tegenover de ringvormige vulkaanruïne, die een krater zonder vulkaan is.

Na de uitbarsting kan in den homogenen vulkaan door een spoedig volgende uitbarsting een krater ontstaan. Toch is deze niet gelijk aan dien der strato-vulkanen, want hij vormt slechts eene verdieping in de lavamassa en is niet de opening van het doorloopende kanaal.

Kunnen op lavamassa's dan ook secundaire kraters ontstaan?

§ **225 Verbreiding der vulkanen.** Om de verbreiding der vulkanen na te gaan, moet men niet alleen het oog houden op de thans werkzame, maar ook op de uitgedoofde, ja op alle plaatsen, waar vulkanische steensoorten voorkomen.

In het geheel telt men tegenwoordig 672 vulkanen, die nog in historischen tijd hebben gewerkt, waaronder 270, die tegenwoordig nog voor werkzame vulkanen doorgaan. Rekent men er de uitgedoofde bij, dan wordt het aantal wel tienmaal zoo groot, daar men deze soms in groote menigte aantreft op plaatsen, waar tegenwoordig van geen vulkanische werking meer sprake is. Op Java b. v. telt men 109 vulkanen, waarvan 28 werkzame, op den Isthmus van Auckland wel 63 uitgedoofde, bij Napels een kleine 30, en bovendien vindt men ze in Auvergne, in den Eifel, enz.

Werpen we nu een blik op ons kaartje XV om de plaats na te gaan, waar ze voorkomen. We merken al dadelijk op, dat zij doorgaans in groot aantal nevens elkander voorkomen en wel in groepen of in rijen. De rijvorm valt het duidelijkst in het oog.

Groepen ontstaan waarschijnlijk daar, waar de rijen elkander kruisen. De vulkaanrijen doen ons denken aan een lange spleet in de korst der aarde, die, van het inwendig uitgaande, zich niet tot aan de oppervlakte uitstrekt, maar slechts hier en daar met het uitwendige in gemeenschap staat. De kanalen, waardoor deze gemeenschap plaats heeft, openen zich in de kraters der vulkanen.

In Europa vinden we sporen van vulkanische werkzaamheid aan de binnenzijde (d. i. de westzijde) der Apennijnen van Toskane tot Sicilie.

Zie na, wat er in § 190 over de kalkzone der Apennijnen is gezegd en zoek de uitgedoofde vulkanen en trachietbergen (trachiet is een vulk. gesteente) in deze streek op. Wij noemen den trachietberg Cemino, de kratermeren Bolsena, Vico en Bracciano, het Albanergebergte, de uitgedoofde vulkanen van de Pontinische eilanden, die der Phlegräische velden, Procida, Ischia met

den Epomeo (laatste uitbarsting 1302), den Vesuvius, Stromboli, Vulcano en Panaria. De Etna ligt op de buitenzijde.

Evenzoo vinden we sporen aan de zuidzijde van het Iberische gebergte van Kaap de Gata tot Kaap de Palos. Aan den binnenrand der Karpaten (Zie § 190) zijn de trachietgebergten, die grootendeels het Hongaarsch Ertsgebergte vormen, vulkanische resten, evenals het Matra-geb., de Hegyallja en de reeds meer genoemde Hargitta in Zevenburgen. Ten zuiden van het Ertsgebergte vinden we het vulkanische Middelgebergte en de warme bronnen van Teplitz en Karlsbad. Warme bronnen en eruptieve gesteenten ontbreken ook aan de zuidelijke helling van den Balkan niet.

In Amerika zullen we korter zijn. Daar verheffen zich de gebergten langs den westelijken rand. Tegenwoordig vindt men er over de 80 werkzame, die grootendeels in het zuiden en het midden liggen. Maar al bevat het noorden minder vulkanen, het bijna geheel uit lava bestaande Kaskaden-gebergte wijst toch op vulkanische werkzaamheid.

In Mejico liggen de vulkanen op het hoogland. In Middel-Amerika ligt de rij in eene richting van N.W. tot W.N.W., maar de vulkanen in Guatemala staan op loodrecht daarop gerichte dwarsspleten en wel zoo, dat de vulkaan, die het dichtst bij den Grooten Oceaan staat, de werkzame is. Hier schijnt dus een achtereenvolgende verschuiving van de werkzaamheid naar het westen te hebben plaats gehad.

Het Aziatisch vastland bezit vulkanen in den Kaukasus, op het Armenisch- en Klein-Aziatisch Hoogland en waarschijnlijk in den Thiansjan.

Verder vinden nog sporen van vulkanische werkzaamheid op de oude plooien der aardkorst, die de bergmassa's vormden (Zie § 186). Voorbeelden daarvan zijn de basaltlagen in Schotland en Ierland, de ringgebergten in Auvergne, de kraters in den Eifel.

Onze kennis van de vulkanen van Afrika en Australië is te gering om daarmede rekening te houden, waar er sprake is van het zoeken naar eenige regelen voor de geographische verbreiding.

Te beter daarentegen kennen we de vuurspuwende bergen van de Aziatische eilanden-wereld.

De eilanden van den Atlantischen Oceaan zijn bijna alle vulkanisch. Vulkanische eilanden-groepen vertoonen doorgaans een ligging, alsof ze als parelen aan een snoer geregen zijn.

Zoek de rijen vulkanen aan de oostkust van Azië, in onzen Indischen Archipel en in de Australische eilanden-wereld. Heeft Amerika ook vulkanische eilanden?

Vulkanen, die niet op eene rij zijn gelegen, vormen doorgaans het middelpunt van eene vulkanische streek en heeten centrale vulkanen in tegenoverstelling van de rijvulkanen.

Dat we bij de oceanische vulkanen zoo weinig regelmaat aantreffen, is waarschijnlijk het gevolg van onze geringe kennis aangaande onderzeesche uitbarstingen.

Trekken wij uit voorgaande beschouwing der kaart eenige regelen voor de verbreiding der vulkanen over den aardbodem, dan komen we tot de volgende wetten.

I. **Langs de randen van gebieden, die aan inzinking onderhevig zijn geweest, treft men vulkanen of sporen van vroegere vulkanische werkzaamheid aan, en wel**

a. langs de tegenwoordige zeekust. Dit kan ons geen verwondering baren, daar de zeebodem een groot inzinkingsveld is;

b. langs de grenzen van de Tertiaire zee. Bezie het kaartje van Europa in de Tertiaire Periode en wijs de vulkanische gebergten aan, die toen aan de kust lagen;

c. daar, waar twee werelddeelen met de spitsen naar elkander toegekeerd zijn.

Voorbeelden: Kamsjatka-Aljaska; Centraal-Amerika; Insulinde; Balkanschiereiland—Klein-Azië. Zoek voorbeelden van kust-vulkanen.

II. **Bij uitzondering vinden we enkele vulkanen op droge hoogvlakten.**

§ **226. Oorzaken van het vulkanisme.** Uit de verbreiding van de vulkanen zien we duidelijk, dat ze nagenoeg alleen daar voorkomen, waar kloven diep genoeg in de aardkorst drongen om de voor uitwerping vatbare stoffen een weg naar de oppervlakte te verschaffen. De waterdamp hebben we gezien, speelt bij de vuurspuwende bergen een grooten rol en komt hoogst waarschijnlijk voor het grootste deel uit den oceaan; maar de vulkanen in Mandsjoerije bewijzen, dat ook zonder onmiddellijke nabijheid van den oceaan een vuurspuwende berg kan ontstaan en dus moet het magma, dat is de vloeibare massa, oorspronkelijk ook waterdamp bezitten. Dus is de nabijheid der zee geen oorzaak van het vulkanisme, trouwens vuurspuwende bergen komen niet eens aan alle verbrokkelde kusten voor, b. v. aan die van Noorwegen niet.

De breuk aan den rand van een inzinkingsvlakte gaf het magma gelegenheid naar de oppervlakte te dringen.

Hoe ontstaat nu echter de vloeibare massa? Hierover heerschen nog zeer verschillende meeningen. De oudste veronderstelling is deze, dat de aarde inwendig uit een gloeiend vloeibare massa bestaat, welke door de spleten der aardkorst nu en dan omhoog dringt (Zie § 217). In dat geval zou er echter volkomen overeenkomst moeten bestaan tusschen de lavamassa's door de verschillende vulkanen uitgeworpen en dit is niet het geval. Zij, die om de groote zwaarte van den barospheer een vaste aardkern aannemen, zijn niet wezenlijk met deze veronderstelling in strijd, daar het vastzijn van de stof een gevolg zal zijn van de hooge drukking, door de bovenste aardlagen uitgeoefend en dus eindigt, zoodra bij een spleet deze drukking ophoudt of aanzienlijk wordt verminderd. Maar hierbij staan de verschillende lavaruimten inwendig niet meer met elkander in verband en in zooverre is deze theorie beter in overeenstemming met de waarneming.

Humboldt was de eerste theorie toegedaan, daarom geloofde hij, dat het gevaar voor aardbevingen verminderde, naarmate het aantal vuurspuwende bergen grooter was; zij waren de veiligheidskleppen!

Intusschen is de werking van het water van grooten invloed. Dit dringt door zijn zwaarte in alle kloven. Gedrukt door de bovenliggende waterzuilen wordt het door de fijnste openingen tot in de inwendige massa gedrongen. Daar vereenigt het zich met de verhitte massa en blijft vloeibaar, zoolang de druk groot is. De aardkorst drukt echter op het magma en zal het daardoor in de spleten omhoog drijven, evenals door een barst in het ijs water omhoog wordt geperst, wanneer de ijsvlakte bezwaard wordt. Eenmaal in de spleet rijzende, vermindert de druk aanmerkelijk en het water neemt den dampvorm aan, waarbij veel magma naar boven geslingerd wordt.

Waterdamp neemt 1700 maal zooveel plaats in als water.

§ **227. Slijkvulkanen.** Behalve de echte vulkanen heeft men nog slijkvulkanen. Het zijn kegelvormige heuvels, nooit hooger dan 200 meter, soms zelfs zeer laag en altijd met veel geringere helling dan de vulkanen. Ze bestaan uit een leemachtige stof, welke soms zoo brijachtig wordt, dat de geheele kegel verdwijnt. Uit deze slijkheuvels hebben van tijd tot tijd uitbarstingen plaats, waarbij dampen, slijk en zelfs steenen worden uitgeworpen. Het verschijnsel eindigt doorgaans met een slijkstroom. Op Nieuw-Zeeland, op IJsland, in Centraal-Amerika, enz. komen ze voor.

Voor ons zijn de bekendste die op het eilandje Kambing of Geiten-eiland in Straat Samauw, tusschen Timor en Samauw. Daar verheffen zich in een door rotsen omgeven vlakte een dozijn kegeltjes van 3 en meer meter hoogte. Op den top hebben zij een of twee gaten, enkelen soms ook nog aan de helling. Uit die gaten, de kraters, stijgt om de 30 of 40 seconden eene luchtbel omhoog, die een geringe hoeveelheid slijk uitstort.

De slijkvulkaan is ook eene product van zijn eigen werkzaamheid.

Men verwarre hiermede niet de koude modderwellen, die met het vulkanisme in geen verband staan. Deze leveren hoofdzakelijk waterdamp en koolwaterstofgas. Zulke modderwellen zijn de zoogenaamde »Mudlumps" aan den mond van de Mississippi (Zie § 289).

§ **228. Vulkanische bronnen.** De vulkanische werkzaamheid van een streek kan zich ook openbaren in vulkanische bronnen: gasbronnen en heete bronnen. De gasbronnen worden onderscheiden naar den aard van het uitgeworpen gas. Men heeft Fumarolen, Solfataren en Mofetten. Bij de Fumarolen wordt voornamelijk waterdamp uitgeworpen, welke dan doorgaans vluchtige stoffen als chloorverbindingen, zwavelige zuren, zoutzuren, soms ook boorzuur medevoert; dit laatste bijv. in den krater van het eiland Vulcano (Liparische eilanden). Men treft in Opper-Italië, op IJsland en op het noordelijke eiland van Nieuw-Zeeland veel fumarolen aan.

Op dit laatste eiland ligt de Karapiti. Zij bestaat uit een trechtervormige opening, waaruit onder een heftig sissen en bruisen een heete straal waterdamp omhoog stijgt. De kracht, waarmede

deze damp de opening verlaat, is zoo groot, dat lichte voorwerpen, die men in den trechter werpt, tot eene hoogte van ongeveer 10 meter in de lucht worden teruggeworpen.

Solfataren noemt men de gasbronnen, die een mengsel van waterdamp en zwaveldampen uitstooten, waardoor aan de opening zwavel wordt afgezet. Men vindt ze voornamelijk in de kraters van uitgedoofde vuurspuwende bergen of van vulkanen in rust. Vandaar dat ze thuis behooren in streken, waar tegenwoordig nog veel vulkanen gevonden worden. De Bocca Grande bij Puzzuoli levert een schoon voorbeeld; verder zijn IJsland, Java en Nieuw-Zeeland er rijk aan.

De Bocca Grande stoot met groote kracht dampen uit van 50—72° C. Deze damp bevat waterdamp, zuurstof, stikstof, koolzuur, zwavelwaterstof en zwavelige zuren. De wanden van den krater zijn met zwavel, realgar (een soort van arsenicum), boorzuur en salmiak bedekt. De naam solfataren is oorspronkelijk de eigennaam van de Bocca Grande en werd later eene soortnaam om gelijke gasbronnen aan te duiden.

De naam Mofetten werd aanvankelijk gebezigd om de gasbronnen aan te duiden, die in de omstreken van Napels na de uitbarstingen van den Vesuvius een tijd lang bestonden. Het gas bestond voornamelijk uit koolzuur, vandaar dat men tegenwoordig dien naam bezigt om koolzuurbronnen aan te duiden. Daar deze gassoort zwaarder is dan de dampkringslucht, blijft zij in de lage gedeelten van de aardoppervlakte, in grotten en holen, hangen. Bekend zijn de Hondsgrot bij het Lago di Agnano in de Phlegräische velden en de Stikvallei in het Dieng-gebergte. Verder komen ze voor in den Eifel, de Wetterau en Auvergne. De zoogenaamde slachtplaatsen op Java zijn overeenkomstige verschijnselen.

Dit zijn open plekken te midden der bosschen. Door spleten in den bodem stijgt daar koolzuur uit den grond op en belet allen plantengroei. Kleine dieren, die zich op zulk eene plaats wagen, sterven daar; hieraan heeft de plek dan ook zijn naam te danken.

Het koolzuur wordt gevormd door de ontleding van kalksteen en andere koolstofhoudende verbindingen door kiezelzuur onder den invloed van water en warmte.

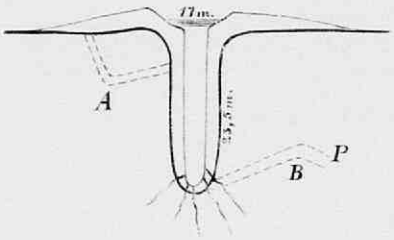
Koolwaterstof-bronnen zijn niet van anorganischen oorsprong. Zij ontstaan door de verrotting van plantaardige zelfstandigheden. Daar koolwaterstof gemakkelijk ontvlamt, geven zulke bronnen aanleiding tot het ontstaan der eeuwige vuren, zooals te Bakoe aan de Kaspische Zee en tusschen Florence en Bologne (Pietra mala) voorkomen. Petroleum begeleid doorgaans deze koolwaterstofbronnen.

§ 229. Heete bronnen of geisers. Wanneer de temperatuur van een fumarole onder het kookpunt ligt, dan werpt zij geen waterdamp, maar water van een tamelijk hooge temperatuur uit. Zulke bronnen noemt men heete bronnen of geisers. Zij komen alleen in vulkanische streken voor en hebben met vulkanen zeer veel overeenkomst. Zij zijn het schoonst ontwikkeld op IJsland, in het Yellowstone-gebied in Noord-Amerika (Nationaal Park) en op het noordelijk eiland van Nieuw-Zeeland. Sommige en dit zijn de minst belangrijke geven voortdurend water, andere zijn periodiek: op een toestand van betrekkelijke rust volgen werkelijke wateruitbarstingen. Van alle is alleen de zoogenoemde Groote Geiser op

IJsland nauwkeurig onderzocht. We geven daarom van deze heete bron eene beschouwing (Zie fig. 50),

De opening der bron bevindt zich in den top van een vlakken heuvel, die uit de bezinkingsproducten van het water is gevormd. Deze opening heeft een diameter van 17 meter, doch is maar 2 meter diep. In den bodem komt een verticale buis uit van 3 meter middellijn en 23 meter lengte.

Fig. 50.



Doorsnede van den Grooten Geiser.

Is dit bekken in rust, dan heeft het kristalheldere, eenigszins groene water aan de oppervlakte eene temperatuur van 86° C., die met de diepte tot 130° stijgt. Bij het begin van elke uitbarsting neemt men een gerommel als dat van den donder in de diepte waar. De temperatuur wordt in alle lagen van de buis hooger. Het water wast hoe langer hoe meer en wordt van tijd tot tijd, zoo ongeveer om de anderhalf uur, 5 à 8 meter omhoog geworpen. Dit zijn echter slechts kleine uitbarstingen in vergelijking van wat volgen zal. Het onderaardsch gedonder wordt sterker en sterker, het water gelijkt een kokende zee, waarop zich groote dampbellen ontwikkelen. Plotseling, met een snelheid gelijk aan die van den bliksem, stijgt een waterkolom omhoog van 3 meter in doorsnede en 30 meter hoogte; alles is in kokenden waterdamp gehuld. Een tweede straal volgt, soms nog een derde, die met de beide eerste in hoogte wedijvert. En even plotseling valt de omhoog geheven straal ineen: het bekken is leeg en de buis slechts tot op 2 meter van haar bovenëinde gevuld. Het geheele verschijnsel duurt ongeveer 10 minuten en nu verloopt er ruim een dag voor het zich weer vertoont. De rust keert even spoedig terug als het verschijnsel begon: het neergedaalde water ruischt nog tusschen de oneffenheden van den heuvel, als bekken en buis reeds in volkomen rust zijn.

Om het verschijnsel te verklaren bestaan tegenwoordig twee theorieën, die daarin overeenkomen, dat zij de kracht, die de watermassa omhoog werpt, in den waterdamp zoeken. Ze verschillen echter in de plaats, waar de ontwikkeling van damp geschiedt. De eerste theorie legt die plaats ongeveer in het midden der buis. Volgens haar is de voortgang van het verschijnsel als volgt. Wij hebben reeds gemeld, dat in toestand van rust de temperatuur aan de oppervlakte 86° C., op den bodem der buis 130° C. is. Volgens eene wet in de natuurkunde (v. d. St. I § 75) ligt het kookpunt van water des te hooger, naarmate de drukking daarop uitgeoefend grooter wordt. In de bron ligt het kookpunt aan de oppervlakte op 98,9° C., aan den bodem op 136,7° C. Deze kooktemperaturen nemen van boven naar beneden toe, de temperaturen van de verschillende waterlagen nemen ook toe in die richting. Nu is het de vraag, waar de vloeistof het eerst haar kookpunt zal bereikt hebben, wanneer de geheele kolom water tot hooger punt verwarmd wordt. En dit zou dan in het midden der buis zijn. Gaat daar de vloeistof in damp over, dan werpt deze laatste de bovenliggende watermassa omhoog. Maar daardoor wordt de druk op

de onderste lagen geringer, het kookpunt hiervan daalt, zij gaan gedeeltelijk ook in damp over en werpen eindelijk de geheele watermassa uit. Door dit overgaan in damp en door afkoeling van het uitgeworpen en weer in de buis teruggevallen water is de temperatuur aanmerkelijk gedaald, waardoor een toestand van rust ontstaat.

Tegen deze theorie worden gewichtige bezwaren geopperd en wel voornamelijk het volgende. De kolom water in de buis ontvangt haar warmte van onder af. Door deze verwarming zullen opgaande en nederdalende stroomingen in de buis ontstaan die de temperatuursverschillen trachten uit te wisschen. Zoodanige stroomen heeft men ook werkelijk waargenomen. Nu neemt de theorie aan, dat de middellaag eene temperatuur heeft, die dichter bij haar kookpunt ligt, dan dit bij eene andere laag het geval is. En ofschoon de waarnemingen dit schijnen te bevestigen, ligt er toch iets onwaarschijnlijks in, dat de opgaande en nederdalende stroomen niet zooveel invloed op de warmteverdeeling zouden hebben, dat de bovenste lagen het eerst haar kookpunt bereiken. De tweede theorie neemt twee zijwaartsche buizen aan, A en F (Zie de figuur). Van F gaat volgens haar de verwarming uit en zoodoende vormt de waterdamp zich het eerst bij B, waar het kookpunt lager ligt dan onder in de buis. Het water in de loodrechte buis belet dezen waterdamp te ontsnappen. Door voortdurende ontwikkeling van den damp vermeerdert de spanning eindelijk zoo, dat de watermassa in de loodrechte buis omhoog gedreven wordt. Een tweede buis A voert koud water aan en veroorzaakt aldus, dat er een tijd moet verloopen, eer er weer eene uitbarsting plaats heeft. De geisers van IJsland zijn wel het best bekend, maar worden in grootschheid ver overtroffen door die van het Nationaal Park. Daar worden waterstralen van 2 meter dikte 80 meter hoog geslingerd. De waterdamp stijgt wel tot 300 meter. Op Nieuw-Zeeland is de meest bekende geiser de Tetarata-bron. Zij is daardoor merkwaardig, dat aan hare helling eene menigte terrassen gevormd zijn, die uit marmer gehouwen schijnen. Elk terras heeft een opstaanden rand, waarvan druipsteenkegels afhangen, zoodat het geheel eenige overeenkomst heeft met een versteenden waterval. De terrassen zijn met water van het prachtigste blauw gevuld.

AARD- EN ZEEBEVINGEN.

§ **230. Aardbevingen.** Door aardbeving verstaat men elke schudding van de aardoppervlakte, die dikwijls met eigenaardige verschijnselen gepaard gaat, zooals onderaardsch gerommel en andere geluiden, electrische verschijnselen in den dampkring, het omhoogstijgen van dampen, het ontstaan van luchtstroomen en reukgevende luchtsoorten, enz. De schudding is het gevolg van een stoot. Het uitgangspunt van dien stoot ligt onder de aardoppervlakte.

Het punt, vanwaar de stoot uitgaat, noemt men het c e n t r u m. Vanhier uit plant zich de beweging in alle richtingen voort en bereikt dus ook de oppervlakte

en wel het eerst op de plaats, die loodrecht boven het centrum is gelegen, tenzij in deze richting zich een steensoort bevindt, waarin de beweging zich minder snel voortplant. De snelheid en de regelmatigheid van voortplanting is afhankelijk van den aard, de vastheid en de structuur van het gesteente.

Zoolang de slingering onder de oppervlakte plaats heeft, blijft zij eene eenvoudige schudding, maar aan de oppervlakte, waar de voorwerpen door niets in hunne beweging worden belemmerd, ziet men de meest vreemde verschijnselen: losse voorwerpen worden omhoog geworpen, muren barsten, gebouwen storten in, bronnen verdrogen of ontstaan, water en modder worden omhoog gedreven, enz.

De snelheid van de golfbeweging wisselt af van 300 tot 500 meter per seconde.

De deeltjes hebben echter elk nog eene slingerende beweging en van de intensiteit van deze hangt voornamelijk de vernielende kracht van de aardbeving af. Deze slingerende beweging had bij de aardbevingen van Calabrië in 1857 eene snelheid van 2,5 meter per seconde.

Hebben we bij de golfbeweging van het water ook tweeërlei beweging opgemerkt? Ter vergelijking diene, dat de snelheid van het geluid 340 meter bedraagt.

In diepe kloven, mijngangen, enz. is het effect der aardbevingen veel geringer, dan aan de vrije aardoppervlakte. In het bergwerk van Essen heeft men de aardbeving, die in 1828 het Rijngebied teisterde, niet waargenomen en de groote aardbeving van Agram in 1880 werd in' de groeven van Wies in Stiermarken wel in een diepte van 30 meter, maar op een diepte van 120 meter niet meer gevoeld.

De duur van den stoot bedraagt doorgaans slechts weinige seconden, maar er verloopen minstens eenige minuten eer de rust volkomen hersteld is. In de meeste gevallen bestaat eene aardbeving uit op elkander volgende stooten; de hoofdschuddingen worden dan voorafgegaan of gevolgd of beide door stooten van mindere kracht. Soms zelfs duurt de beving zoolang, dat men van eene *periode van aardbevingen* spreekt. In 1783 werd Calabrië door eene aardbeving geteisterd, waarbij de rust na tien jaar eerst volkomen was teruggekeerd. De Middelrijnsche aardbeving duurde van 1869—1873 en die van Agram begon in 1880 en nog schijnt de bodem daar niet in een toestand van rust te zijn geraakt. Aardbevingen, die slechts weinige minuten duren, behooren tot de zeldzaamheden.

Ten opzichte van de beweging onderscheidt men *stootsgewijze* of *succussorische* (van succutëre = in de hoogte werpen) en *golfsgewijze* of *undulatorische* aardbevingen. Bij de eerste heeft de beweging in verticale richting plaats, van beneden naar boven, of eenigszins scheef zijwaarts. Door zulk eene beweging worden menschen en huizen opgetild en lijken uit de graven geworpen. De tweede gaat in eene bepaalde richting langs de oppervlakte voort; men kent die richting het best aan de ligging van omgeworpen voorwerpen: zijn deze naar het oosten gestrekt, dan had de aardbeving in die richting plaats.

Naar het meer of minder groote gebied, waarover zich het verschijnsel uitstrekt, verdeelt men de aardbevingen in locale en niet-locale. Deze laatste strekken zich soms over een zeer groot gebied uit. Zoo deed de aardbeving van Lissabon in 1755 zich gevoelen over eene vlakte van 38½ millioen K.M.², die van Nieuw-Zeeland in 1855 over 20 millioen K.M.². Aardbevingen van die uitgebreidheid komen echter zelden voor.

Ten opzichte van de richting, waarin de plaatsen liggen, die van het verschijnsel te lijden hebben, onderscheidt men centrale en lineaire aardbevingen. Bij de eerste liggen die plaatsen om een zeker middelpunt, bij de laatste liggen zij op eene lijn. De aardbeving van Lissabon was eene centrale, die van Agram eene lineaire. De aardbevingen in Zuid-Amerika strekken zich langs de kust uit en zijn dus ook lineair.

Ontzettend is dikwijls de verwoesting door eene aardbeving aangericht. Geen verschijnsel kan zoo plotseling zoo veel vernielen en vernietigen; de woedendste orkanen in de tropen komen er in dit opzicht wel mede in vergelijking, maar blijven er toch beneden. Naar officieele bescheiden werden in Italië in het betrekkelijk rustige jaar 1870 niet minder dan 2225 huizen verwoest, 98 menschen gedood en 223 gewond. In Zuid-Amerika verloren in 1868 omstreeks 70000 menschen door aardbevingen het leven. 60000 menschen kwamen in 1755 bij de verwoesting van Lissabon om. Is het wonder, dat een aardbeving schrik veroorzaakt! Toch ontstaat de angst, waarin eene bevolking tijdens de catastrophe verkeert, niet uit het verschrikkelijke, dat men hier of daar wel eens over het verschijnsel gelezen heeft. Maar zoolang de mensch leeft, heeft hij vertrouwen gehad in de vastheid van den bodem, waarop hij staat. En dat vertrouwen verliest hij plotseling, nergens vindt hij een vast steunpunt voor zijnen voet. Een onbekende kracht doet zich plotseling kennen en hij voelt, dat hij als een speelbal zweeft in de wilde chaos der natuur. Tot nog toe had hij steeds de middelen gevonden om zich te beschermen: zijn huis behoedt hem tegen wind en weer, voor den brand vlucht hij, voor den cycloon schuilt hij in zijn kelder, tegen ziekte zoekt en kent hij geneesmiddelen, het onweer heeft hij bestudeerd en onschadelijk gemaakt. Maar tegen de aardbeving is niets bestand; het hechtste gebouw zinkt als een kaartenhuis in een. De mensch vlucht, maar nergens is een schuilplaats, de grond schudt, hij kan zich slechts met moeite staande houden, de gebouwen dreigen hem te bedelven, de grond dreigt voor hem te splijten! Het onbeantwoord blijven van de vraag: waarheen? daarin ligt het ontzettende voor elk levend wezen, dat een aardbeving bijwoont.

Dat de verwoesting groot is, blijkt hieruit, dat steden in een oogenblik in puinhoopen worden veranderd, dat soms huizen en menschen in den geopenden afgrond verdwijnen. Vaak worden kloven gevormd: water en modder welt eruit op en

vormt kegelbergjes. Soms zijn de kloven van groote lengte. Bronnen verdrogen, andere ontstaan. Eilanden komen te voorschijn, velden verdwijnen en vormen meren; meeroevers zinken weg, het water maakt zich van hunne plaats meester, andere meren worden drooggelegd, enz.

§ **231. Oorsprong der aardbevingen.** Naar den oorsprong onderscheidt men

1e vulkanische aardbevingen,
2e instortingsaardbevingen en
3e tectonische aardbevingen.

Vulkanische aardbevingen zijn de zoodanige, welke vulkanische uitbarstingen vergezellen en in hare verbreiding aan vulkanische streken gebonden zijn. Waar werkzame vulkanen liggen, behooren ze tot de gewone verschijnselen. Zij worden veroorzaakt door de stooten, welke van den vulkanischen haard uitgaan. In den krater ligt dus ook het centrum van de beweging en zoo spoedig het magma uitgeworpen is, houdt in het algemeen ook de aardbeving op. Intusschen kunnen de aardbevingen in vulkanische streken ook op andere wijzen ontstaan, ofschoon zij altijd nauw met de vulkanische werkzaamheid samenhangen. Het kan gebeuren, dat een ledig geworden holte instort onder den druk der bovenliggende massa en de daardoor in den lithospheer ontstane beweging is geen vulkanische aardbeving. Ook bij het instorten van vulkanen ontstaan aardbevingen, die niet rechtstreeks het gevolg van de vulkanische kracht zijn. De vulkanische aardbevingen zijn altijd centraal en locaal.

Instortingsaardbevingen kunnen zoowel in vulkanische als in niet-vulkanische gebieden voorkomen. We hebben er reeds een paar voorbeelden van genoemd. Hare oorzaak ligt in het instorten van onderaardsche holen. In vulkanische streken ontstaan die holen, doordat de vuurspuwende berg eene menigte stoffen uit het inwendige der aarde naar de oppervlakte gevoerd heeft; in niet vulkanische streken zijn ze het product van onderaardsche uitspoeling door het water. Zooals we later zullen zien vinden we een dergelijke holenvorming vooral in zout- en kalkgebergten. In het Karstgebied vinden we daarvan vele voorbeelden.

Het is echter moeielijk met zekerheid te bewijzen, dat het instorten van een dergelijk hol de oorzaak van eene aardbeving is; eene aardbeving kan even goed de oorzaak van de instorting zijn.

Instortingsaardbevingen zijn centraal. De stoot gaat van het ingevallen hol uit en de beweging verspreidt zich naar alle zijden. Zij zijn ook locaal.

In 1855 meent men in het Visperdal in Wallis eene dergelijke aardbeving beleefd te hebben. Daar ontspringen ongeveer 20 gipsvoerende bronnen, waarvan de grootste elk jaar meer dan 200 M³ gips uit het binnenste der aarde naar de oppervlakte brengt. Daardoor moet natuurlijk door verloop van tijd een grot ontstaan van zoodanige afmetingen, dat het bovenliggende gewelf zijn steunpunt verliest.

Welke overeenkomst hebben vulkanische en instortingsaardbevingen?

Tectonische aarbevingen. De lithospheer bestaat uit verschillende lagen, die echter niet horizontaal over elkander gelegen zijn: door de verschillende mate van afkoeling en samentrekking zijn de aardplooien ontstaan, die wij thans als gebergten begroeten; zelfs de continenten waren hun ontstaan aan deze plooiing verschuldigd. Door de verbreking van de horizontale strekking der verschillende lagen is de evenwichtstoestand, waarin de aardkorst op het oogenblik verkeert niet standvastig. Daar, waar de verschillende lagen zijdelings tegen elkander steunen, is maar eene kleine wijziging noodig om het evenwicht te verbreken. Door den ontzettenden druk, dien de verschillende lagen op elkander uitoefenen, door het ontstaan van nieuwe of het verwijden van reeds bestaande kloven, wordt somtijds het steunpunt van een bepaalde steenmassa weggenomen. Dan heeft er eene instorting plaats, die zich langs het geheele scheidingsvlak van de beide lagen uitstrekt. De lijn, waar die scheidingsvlakte de aardoppervlakte snijdt, en waarop dus de plaatsen liggen, die van de aardbeving het meest te lijden hebben, noemt men de schuddingslijn. Deze aardbevingen zijn dus lineair en doen zich over een groot gebied gevoelen; zij zijn dus niet locaal.

In de Oost-Alpen en in Beneden-Italië vinden we twee zulke schuddingslijnen. De eerste loopt aan de zuidzijde van de Alpen van het Garda-meer over Udine (aardbeving 1848), Görz (aardbeving 1869), Klano (aardbeving 1870) tot Fiume. Zooals men ziet, wisselen de stootpunten af; het zou niet moeilijk vallen op genoemde lijn een tiental aardbevingen aan te wijzen: Triëst werd er in 1845, 1850 en 1857 door bezocht; die van 1384 was een der verschrikkelijkste.

In vorige paragraven hebben we er reeds twee maal opgewezen (waar?), dat we in Italië te doen hebben met een bodemverheffing, waarvan een groot gedeelte in de Toskaansche Zee is weggezonken. Aan de binnenzijde der Apennijnen zullen we dus evenzeer een gebied van tectonische aardbevingen ontmoeten. De schuddingslijn gaat hier van den Vesuvius in een boog over den Scylla-rots en den Etna tot in de nabijheid van Palermo.

Evenals aan de zuidelijke helling der Alpen worden deze hoofdlijnen door dwarslijnen gesneden, waarlangs ook veel aardbevingen voorkomen, zooals de dwarslijn van Villach naar Venetië, van Littay (t. O. van Laibach) naar Triëst; van de Liparische eilanden naar den Etna, van Ischia over den Vesuvius naar den Mont Vultur.

Ook in andere werelddeelen heeft men bij verschillende aardbevingen eene ligging op eene rij opgemerkt; zooals in Klein-Azië, in Syrië en in Perzië.

Men moet zich echter niet voorstellen, dat bij eene dergelijke lineaire aardbeving de schudding zich altijd langs de geheele lijn op eens voortplant. Integendeel de beweging gaat ook van een bepaald punt, het centrum, uit; maar dit centrum verplaatst zich langs de lijn. Gedurende de aardbeving van Calabrië in 1783 bevond zich het centrum op den 5^den^ Februari in Oppido (ten

N.O. van Reggio), twee dagen later in Soriano (ten Z. van de Golf van Eufemia); den 28sten Februari lag het centrum bij Polia (ten Z. van Cosenza) en een maand later nog noordelijker. Daarna sprong het weer naar 't zuiden. In Zwitserland, in Californië en de Pendsjab heeft men echter ook aardbevingen waargenomen, waarbij uitgestrekte gebieden overal gelijktijdig bewogen.

Het spreekt van zelf, dat de beweging van een dergelijke aardbeving zich ver buiten het gebied kan uitbreiden, waarin de tectonische verandering plaats grijpt. Zoo wordt het Boheemsche bergmassief vaak bewogen door schuddingen, die in de Noordelijke Kalkalpen haren oorsprong hebben.

De tectonische aardbevingen zijn de verschrikkelijkste.

§ **232. Ligging van het Centrum.** De ligging van het centrum der aardbeving kan volgens twee methoden bepaald worden. Bij beide methoden stelt men voorop, dat de aarde een homogene bol en dat de voortplantingssnelheid in die homogene massa constant is, wat natuurlijk strijdt met de werkelijkheid.

De eerste methode bestaat hierin, dat men uit de richting van de in gebouwen ontstane kloven, van omgeworpen muren, enz. de richting van de beweging aan de oppervlakte afleidt en daarvan het middelpunt, epicentrum, bepaalt. Uit de helling van barsten en scheuren in muren leidt men den hoek af, dien de stootrichting met de oppervlakte van de aarde maakt en zoodoende verkrijgt men het onder het epicentrum gelegen centrum. Voor de aardbeving van Calabrië in 1857 berekende men, dat het centrum gelegen was op eene diepte van ruim 10000 meter.

De tweede methode vindt het epicentrum door vergelijking van den tijd, waarop de aardbeving zich in verschillende plaatsen der aardoppervlakte doet gevoelen. Verbindt men de plaatsen, waar de schok op hetzelfde oogenblik werd waargenomen door lijnen, dan verkrijgt men concentrische cirkels, of liever figuren, die daarop eenigszins gelijken. In het middelpunt dier figuren ligt het epicentrum. De diepte van het centrum wordt bepaald uit de verschillen tusschen de oogenblikken, waarop de aardbeving in de onderscheidene punten van haar verbreidingsgebied wordt gevoeld. Van de kracht van den stoot hangt de snelheid der beweging af, maar van de diepte van het centrum onder het epicentrum hangt het af of het verschil tusschen de snelheid in het epicentrum en aan de grenzen van het verbreidingsgebied meer of minder groot zal zijn.

Beide methoden gaan aan het euvel mank, dat ze de homogeniteit van de aardmassa als grondslag aannemen. Behalve dit hebben ze het gebrek, dat ze alleen van toepassing zijn op centrale aardbevingen. Volgende tabel geeft uitkomsten van eenige onderzoekingen naar de laatste methode:

Aardbeving in 't Rijngebied	(1846), diepte centrum	38.8	K.M.
" " Napels	(1857) " "	10.7	"
" op Sicilië	(1858) " "	26.3	"
" in Midden-Duitschland	(1872) " "	18.0	"

Ofschoon nu op de methoden wel eenige aanmerking is te maken, leeren de uitkomsten toch duidelijk, dat de centra der aardbevingen in geringe

diepte liggen, niet op de grenzen van de gloeiend-vloeibare aardkern en de verharde korst, maar in deze laatste.

§ **233. Verbreiding der aardbevingen.** Aardbevingen behooren tot de dagelijksche verschijnselen. Dit klinkt vreemd in een land als het onze, waar ze tot de zeldzaamheden behooren. Toch is het zoo. Van 1850—1857 werden er niet minder dan 4620 waargenomen, dat is gemiddeld elke 15 uur één. Maar ze zijn zeer onregelmatig over den aardbodem verspreid. Van die verbreiding geeft kaart XV eene voorstelling. Het meest komen ze voor aan den westrand van Zuid-Amerika, in Middel-Amerika en de West-Indische Eilanden en aan den oostrand van Azië. Verder treft men ze veel aan op de Sandwichs-eilanden, in het Kaukasusgebied, in Arabië, enz. Minder maar toch nog veel worden ze aangetroffen in de drie zuidelijke schiereilanden van Europa, de Alpen, de Pyreneën, Hongarije en het Rijngebied, in Noord-Amerika, enz.

In jonge lagen komen ze bij uitzondering voor, vandaar dat Peschel kon zeggen: »Van de Germaansche laagvlakte over Europeesch Rusland en Siberië tot aan het Baikalmeer heerscht eeuwige aardvrede."

Intusschen is het zeer wel mogelijk, dat daar en dus ook in ons land wel aardbevingen plaats hebben, maar dat de beweging te gering is om door ons te worden waargenomen.

In zeer oude gebieden zijn aardbevingen insgelijks zeldzaam. Als voorbeelden daarvan noemen wij Scandinavië, Brazilië, het Zuid-Afrikaansche plateau, de Australische Alpen en de Russische plateau's, in welke laatste de horizontale strekking der lagen nagenoeg niet is verbroken.

Maar waar breuken voorkomen, vinden we ook aardbevingen.

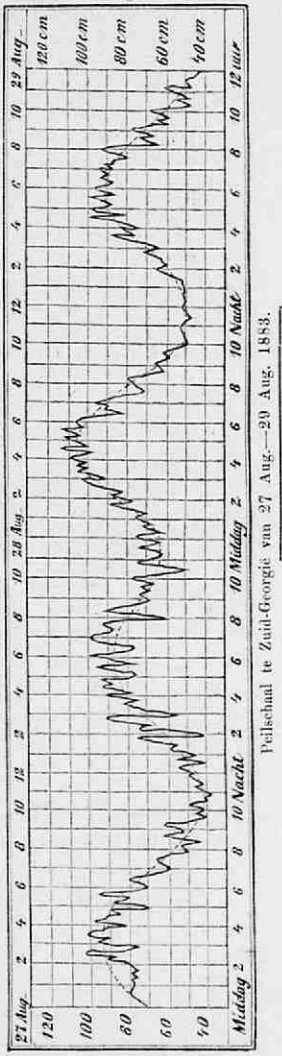
Is het natuurlijk, dat daar ook vulkanen gevonden worden? Moet men de aardbevingen, welke men er waarneemt altijd vulkanische noemen?

§ **234. Zeebevingen.** Strekt de aardbeving zich tot aan de kust uit, of heeft zij plaats op den bodem der zee, dan plant zij zich in het water voort en er ontstaat eene zeebeving. Kustplaatsen hebben in dat geval van aard- en zeebeving beide te lijden. De uitroep: »de zee trekt zich terug", is de verschrikkelijkste, die de bewoner van de westkust van Zuid-Amerika tijdens eene aardbeving vernemen kan (Zie § 123). In de opene zee is de golf door de zeebeving veroorzaakt even weinig merkbaar als vloed en ebbe. Schepen, die zich in vol zee bevinden, worden den stoot echter wel gewaar: de schepelingen ontvangen den indruk, alsof hun vaartuig plotseling op een rots stiet.

In § 123 is vermeld, dat de snelheid, waarmede de zeebevingsgolf zich voortplant, ons het middel aanwijst om de diepte van het zeebekken te bepalen. Men heeft namelijk gevonden, dat, wanneer de hoogte van de golf zeer gering is in betrekking tot de diepte van het bekken, er eene eenvoudige verhouding bestaat tusschen de voortplantingssnelheid en die diepte. Zij namelijk h de

diepte der zee, v de snelheid der golf in eene seconde en g de versnelling der zwaartekracht (onder den evenaar 9,781 meter, onder 45° 9,806 meter), dan is $h = \frac{v^2}{g}$.

Fig. 51.



Peilschaal te Zuid-Georgië van 27 Aug.—29 Aug. 1883.

Bepalen we ons nu nog eens tot de golf, die ontstond tengevolge van de uitbarsting van Krakatau, waarvan we de vernielende werking reeds hebben gezien. Deze golf is op vele plaatsen waargenomen, zooals uit de volgende tabel blijkt. Op Zuid-Georgië was tijdens de uitbarsting door de Duitsche Commissie voor het poolonderzoek een zelfregistreerende peilschaal opgesteld. Nevensstaande figuur geeft een verkleind beeld van wat die peilschaal opteekende. De groote halfdagelijksche bochten zijn het gevolg van ebbe en vloed, de kleinere diepe insnijdingen van de zeebevingsgolf.

De golven te Panama waren 30 à 40 centimeter hoog. Zelfs te Rochefort aan de Fransche kust werden ze waargenomen.

Weg van de golf van Krakatau naar	Afstand in kilometers.	Duur van voortplanting.	Snelheid per sec.	Zeediepte in meters.
Perth	3067	5 u. 49 m.	146,4	2192
Andamanen	2754	4 „ 46 „	160,5	2635
Point de Galle	3113	5 „ 6 „	169,5	2939
Madras	3534	6 „ 14 „	157,5	2536
Aden	7059	11 „ 48 „	166,1	2821
Rodriguez	4784	6 „ 18 „	210,9	4550
Tafelbaai	9461	13 „ 42 „	191,8	3762
Zuid-Georgië	12402	13 „ 50 „	249.	6355

Voor den Indischen Oceaan, waarvan de diepte weinig bekend was, zijn de waarnemingen van deze golf van veel belang. Het schijnt, dat er tusschen Krakatau en Zuid-Georgië een zeer diepe geul in den zeebodem bestaat.

Voor de diepte van den Grooten Oceaan waren vooral van belang de zeebevingen tengevolge der aardbevingen van Arica (Peru) op 13 Augustus 1868 en van Iquique (Peru) op 9 Mei 1877 (Zie § 111).

VERWEERING.

§ 235. Verdeeling der uitwendige krachten. In § 218 hebben we gezien, dat er tot vormverandering van de aardkorst ook aan de oppervlakte krachten werkzaam zijn. We hebben daar reeds genoemd de inwerking van lucht, water en wind.

Daarmede is natuurlijk niet gezegd, dat er nog geen andere uitwendige krachten voorkomen, die vormveranderend op de

oppervlakte werken. Van deze willen wij nog een noemen en wel de warmte. Door de afwisselende inkrimping en uitzetting, die het gevolg zijn van de veranderingen in de temperatuur worden rotsen langzamerhand verbrijzeld. In de Sahara vindt men de overtuigendste bewijzen, dat de warmte een regenloos gebied langzamerhand in eene zandwoestijn verandert. Door de ontzettende hitte van den dag worden de steenen bovenmate verwarmd; daardoor zetten ze uit. Als de koude van den nacht de buitenste lagen weder doet afkoelen, barsten er met duidelijk hoorbare knallen stukken van het gesteente af. Deze verbrokkeling gaat voort, totdat de verschillende stukjes de grootte van zandkorrels hebben verkregen. Verbeelden wij ons te midden van eene vlakte, die onder zulke wisselingen van temperatuur staat, een gebergte van zandsteen. Langs de helling zullen dan de verschillende scherpkantige stukken steen blijven liggen. De kleinste zullen door den wind naar eene zijde gevoerd worden. Hoe verder men zich van den top van den berg verwijdert, hoe fijner zullen de fragmenten worden: de berg is als het ware een middelpunt van zanduitstraling. Is dit een ideaal beeld, in werkelijkheid treft men boven Khartoem, ten westen van den Nijl, eene streek aan, die er veel overeenkomst mede heeft.

Naar gelang van de kracht, die aanleiding geeft tot de vormverandering kunnen we onze beschouwing dus splitsen in drie deelen, en alzoo achtereenvolgens den invloed van de lucht, dien van het water en dien van den wind beschouwen. Daar echter de lucht alleen een vernielende factor is en verder water en wind veel overeenkomst hebben, vaak met de lucht gelijktijdig werken en moeielijk te scheiden zijn, zullen we ons niet aan die verdeeling houden. We onderscheiden liever een vernielende en eene opbouwende werkzaamheid. De eerste heeft voornamelijk door lucht en water plaats, de laatste door water en wind.

Aan de vernielende werkzaamheid nemen ook, hoewel in mindere mate, de planten deel, voor zoo verre zij met hare fijne wortelẗjes in de spleten van den lithospheer dringen, daardoor de steenen doen bersten en lucht en water toegang verschaffen tot in de daardoor gevormde holten.

Tusschen de plaats, waar de vernieling en die, waar de opbouw plaats heeft, ligt somtijds een groote afstand; over dien afstand worden de verweeringsproducten vervoerd. Deze beweging geschiedt door water en wind. We hebben dus drieërlei werkzaamheid

1° vernieling,
2° vervoering,
3° opbouwing.

Maar ook deze zijn in de natuur niet streng van elkander gescheiden. Wij allen weten het, dat ons vaderland grootendeels een aanspoelsel is van Rijn, Maas en Schelde; deze rivieren zijn dus de opbouwende factoren. En toch werken zij in dat zelfde land vaak vernielend. De zee heeft onze zee-kleilanden gevormd en toch overstroomt zij ze en tracht te verwoesten, wat ze eenmaal heeft opgebouwd.

We deelen daarom de werking van water en lucht in de volgende hoofdstukken:

1° Verweering.
2° Bronnen en onderaardsche rivieren.
3° Gletschers.

4e Stroomend water.
5e Dalvorming.
6e Deltavorming.
7e Gebieden van opbouw.

§ **236. Verdeeling der verweering.** De verweering heeft niet alleen plaats aan de oppervlakte der aarde zelve, maar dringt door de talrijke kloven en spleten, die zich in den lithospheer bevinden, tot diep in dezen door; kloven en spleten toch komen op vele plaatsen voor. Vooral tusschen de dunne lagen van gelaagde gesteenten komen uiterst kleine spleten voor, die lucht en water gelegenheid geven diep door te dringen. Zelfs vulkanische gesteenten zijn niet zonder kloven en barsten. De verschillende mate van uitzetting bij verwarming werkt natuurlijk de splijting der steenmassa's in de hand. Op hoogere breedte en op hooge bergen verbrijzelt het ijs groote steenmassa's.

Hoe dit geschiedt, kunnen we ook bij ons des winters zeer goed nagaan. Vochtige steenen loopen bij vorst groot gevaar te barsten. Het water toch, dat in de poriën van den steen is doorgedrongen, zet bij het overgaan in vasten toestand uit en zal dus eene kracht aanwenden om de porie, waarin het zich bevindt, te vergrooten, wat niet anders kan geschieden dan ten koste van den samenhang van den steen. Zoo werkt ook het water, dat door een gebergte is opgezogen en doet de rotsen splijten, waardoor scherpkantige stukken losraken, die soms van grooten omvang zijn.

Deze werking is dus eene mechanische. Er bestaat ook eene chemische verweering. Zij komt niet afgescheiden van de eerste voor, integendeel beide werken te zamen en ondersteunen elkander; maar de aard van de werkzaamheid is een geheel andere. Door haar ontstaat namelijk eene ontleding van enkele gedeelten van eene steensoort. De lucht bevat koolzuur en zuurstof. Ook het water bevat somtijds koolzuur. De eenvoudigste chemische verweering bestaat daar, waar door koolzuurhoudend water kalksteen, gips, zout en dergelijke gesteenten worden opgelost en medegevoerd. Ook de zandsteen is aan eene dergelijke verweering in hooge mate blootgesteld, getuigen de quaderzandsteenen in noordelijk Bohemen en Saksen (Elbezandsteengebergte). Op de kalkplateau's der Alpen is door chemische verweering de eigenaardige vorming der karren of schratten ontstaan. Zij bevinden zich slechts daar, waar het gesteente in die mate oplosbaar is, dat de chemische werking de bovenhand heeft over de mechanische.

Stellen we ons een effen kalkplateau voor, waarop de sneeuw het grootste gedeelte van het jaar blijft liggen, bijgevolg in de nabijheid van de sneeuwgrens aan flauw geneigde berghellingen of op de toppen der kalkalpen in eene hoogte van ongeveer 2000 à 2500 meter. De smeltende sneeuw houdt dan het geheele jaar door de kalkoppervlakte vochtig. In dat vocht lost eene gedeelte van den kalksteen op en nu ontstaat er een ongelijk oppervlak, aangezien de bevochtiging niet overal juist in gelijke mate plaats heeft en de kalksteen kleine verschillen vertoont, wat de mate van oplosbaarheid betreft. In de kuiltjes verzamelt zich nu aanhoudend water, terwijl de hoogere gedeelten daarvan bevrijd worden. Zoo gaat de verweering het krachtigst voort op die plaatsen, welke er reeds

het meest door geleden hebben. De kuiltjes vormen in den regentijd kleine beekjes en daar gaat de verweering nog sneller in voort. De groeven worden al dieper en wijder en de tusschenliggende hoogere gedeelten vormen dikwijls kammen van zeer onregelmatigen vorm, nu eens breed dan weder smal. Deze kammen zijn soms zeer scherp, zoodat een tocht over een karrenveld met groote moeielijkheden gepaard gaat. De voren zijn dikwijls 1—2, ja soms 4—10 meter diep. In dergelijke diepe groeven verdwijnt het water om in een lager gedeelte weder als bron te voorschijn te komen. Zulke karrenvelden komen in het Karstgebied veel voor.

Is het gesteente geen zuivere kalksteen, maar komen er onoplosbare deelen in voor, dan verzamelen deze zich in de gevormde laagten, die daardoor worden gevuld. Die deelen vormen dan een taaie gele of roode kleisoort, die op alle kalkplateau's tot de kenmerkende grondsoorten behoort. In dat geval ontstaan natuurlijk geen karren, daar de groeven door deze klei worden gevuld.

Ook de planten nemen deel aan de chemische verweering. Zoolang zij leven nemen hare wortels minerale bestanddeelen uit den bodem op, hetzij deze oplosbaar waren of door de organische zuren der plant oplosbaar gemaakt zijn. Sterft de plant, dan laat zij stoffen na, die chemisch verweerend op het gesteente werken. Zelfs de laagste plantensoorten nemen aan dit vernielingswerk deel. Hoe dikker de verweerde korst wordt, hoe krachtiger de planten, die er op kunnen tieren, tot eindelijk het woud zich van de plek meester maakt, maar alleen om chemisch en mechanisch het vernielingswerk voort te zetten.

Voornamelijk op de gebergten heeft de verweering plaats. Wel wordt de bodem in de poolstreken door de ijsmassa tegen den verweerenden invloed van lucht en water beveiligd, maar daarvoor werkt de vorst des te krachtiger op den naakten rots. In de tropische luchtstreek is deze laatste factor onschadelijk gemaakt, maar daarentegen de plantengroei zooveel te krachtiger.

Een bijna gelijk verschil bestaat er tusschen regenrijke en aan neerslag arme gebieden. In de eerste werkt het water vooral chemisch, in de laatste de warmte mechanisch. Zoo staat de verweering met het klimaat in verband.

§ **37. Grondsoorten.** Door de verweering van oudere grondsoorten ontstaan natuurlijk nieuwe. Deze nieuwe hebben voor den mensch en de beschaving meer waarde dan de oude. Door verweering wordt dus de aarde meer bewoonbaar voor den mensch. Wat toch heeft hij aan de uitgestrekte kalkvlakten? Alleen daar waar de klei voorkomt, kan hij de groeikracht tot zijn voordeel aanwenden. Maar die is niet het eenige. Verschillende andere gesteenten gaan door verweering in vruchtbare of mindere vruchtbare aardsoorten over.

Het einde van het verweeringsproces is bereikt, wanneer de harde gesteenten, waaruit een gebergte bestaat, in poeder zijn veranderd. Eer het zoover is, moet de samenhangende massa in grootere en kleinere stukken worden verdeeld, zoodat men eene opeenvolging van verweeringsproducten verkrijgt, waarvan de

laatste schakel gevormd wordt door het fijn verweerde rotsgruis. Bij deze verweering zijn de verschillende gesteenten in hunne samenstellende deelen gescheiden.

Graniet en gneis bestaan bijvoorbeeld beide uit veldspaat, glimmer en kwarts. Het hoofdbestanddeel is veldspaat. Verweeren deze beide gesteenten, dan gaan de glimmerplaatjes verloren; het fijn verdeelde veldspaat levert voornamelijk kaolin of porceleinaarde, het voornaamste bestanddeel van klei en leem; het kwarts levert zuiver zand op. Zoo wordt een gebergte uit graniet en gneis samengesteld door de verweering omgezet in klei en zand. De eerste is eene zeer vruchtbare, het laatste een zeer onvruchtbare grondsoort. Naar de overige bestanddeelen, die als bijmengsels in den grond voorkomen, heeft deze meer of minder goede eigenschappen, is hij meer geschikt voor de eene, minder voor de andere plantensoort.

Aan de vorming van de bovenste vruchtbare aardkorst, de zoogenaamde teelaarde, nemen ook de planten en dieren deel. De eerste in zooverre zij bij haar afsterven de bodem met organische stoffen verrijken, de tweede op gelijke wijze. Daarenboven heeft Darwin in den laatsten tijd de aandacht gevestigd op den grooten invloed, dien regenwormen op de vorming van de teelaarde uitoefenen. Deze diertjes nemen eene massa aarde op, doorwerken die in hunne spijsverteringsorganen met verschillende vochten en verwijderen ze daarna weder uit hun lichaam. Dit laatste geschiedt aan de oppervlakte der aarde en daardoor worden groote hoeveelheden uit de diepte omhoog gewerkt en aan den invloed van lucht, water en organische zuren blootgesteld. Er zijn voorbeelden, dat een zandig grasveld in den tijd van 10 jaar op deze wijze met een 5 cM. dikke laag teelaarde werd bedekt.

§ **238. Vormen der bergtoppen.** Is de verweering in vollen gang dan kunnen er twee gevallen plaats hebben: de producten kunnen blijven liggen, waar ze zijn ontstaan, of zij kunnen door water of wind vandaar worden weggevoerd.

In het eerste geval beschut het ontstane gruis den onderliggenden rotsgrond voor verdere inwerking der vernielende krachten; dan wordt er op de plaats zelve een bodem gevormd, die door den mensch kan gebruikt worden. In het tweede geval komen de vormen bloot, die door de verweering ontstonden, en deze bieden dan voortdurend nieuwe aangrijpingspunten voor de krachten, welke hen deden ontstaan en nu weder zullen vernietigen.

Voor een dergelijk evenwicht tusschen verweering en wegvoering van het ontstane gruis zijn een vochtig klimaat en een hellende bodem noodzakelijke vereischten. Vandaar dat men het ook hoofdzakelijk in het gebergte aantreft. De vormen der verschillende bergtoppen zijn dan ook voornamelijk daarvan het gevolg.

Werkt de verweering gelijkmatig in alle richtingen en ontmoet zij in het gesteente geen grooten weerstand, dan ontstaan schoone, regelmatig gevormde koepelbergen, zooals bij vele kristallijnen massieve gesteenten (graniet, porfier) het geval is. Zijn daarentegen de kloven en spleten zeer talrijk, dan lost zich de bergspits op in vormelooze hoopen blokken. In de kloven en spleten zet zich dan namelijk even goed als aan de oppervlakte het vernielingswerk voort. Daardoor worden die spleten

hoe langer hoe wijder en de hoeken en kanten der blokken hoe langer hoe meer afgerond. Hier en daar verdwijnen langzamerhand de steunpunten en de blokken storten over elkander. Wat vroeger een samenhangend gebergte was, is nu niets meer dan een chaos van rotsblokken. Beslaan dergelijke blokken een tamelijk groote uitgestrektheid, dan spreekt men van blokkenvelden. Te midden van die blokken steken dan die deelen van het gebergte uit, welker bestanddeelen grooter weerstand aan de verweering hebben geboden. Zij vormen dan de zonderlingste en grilligste kammen en toppen, die onder de wonderlijkste namen (b. v. duivelsmuur, koningsstoel, preekstoel) bij het volk bekend zijn. Bekend zijn de blokhoopen op den Brocken (d. i. bloksberg), in het Fichtelgebergte (Luxburg bij Alexanderbad) en de blokkenvelden der Pyreneën, van het Reuzengebergte (de Mittagstein), enz. In de Alpen komen in den groep van den St. Gothard ook zulke toppen voor.

Leverden de massieve kristallijnen gesteenten ons den koepelvorm, de kristallijnen gelaagde gesteenten (b. v. gneis) vormen de grilligste toppen: nu eens zijn het diep uitgesneden kammen, dan weder hooge rotspiramiden en rotshoornen.

Is de afwisseling van gesteenten van verschillend weerstandsvermogen zeer groot, dan zal ook dit in den vorm van de oppervlakte zichtbaar zijn: de hardere gesteenten vormen de hooge kammen, waartusschen de overige zijn verweerd en weggespoeld.

§ **239. Helling.** Van den invloed, dien de rotsen van de verweering ondervinden, hangt ook de steilheid en de gedaante van de helling voor een groot deel af. Natuurlijk heeft de steilheid hare grens. Wordt deze grens overschreden, dan brokkelt het bovenste gedeelte af en wordt de kam of de top van het gebergte verlaagd. Door dit instorten van enkele gedeelten kan de oorspronkelijk zeer regelmatige kam van een gebergte overgaan in een vorm, die overeenkomst vertoont met de tanden van eene zaag. De helling kan het grootst zijn bij gebergten, die uit kalksteen en dolomiet bestaan.

Bestaat een gebergte uit sedimentgesteenten, dan kan de eene laag eene steilere helling verduren dan de andere en daardoor ontstaat terrasvorm. De terrassen worden dan gevormd door die lagen, waarop de verweering den grootsten invloed uitoefent. Zulke terrasvorming treft men bijvoorbeeld in het Glärnischgebergte aan.

In de kristallijnen gesteenten blijft over 't algemeen de steilheid over de geheele helling dezelfde. Vooral is dit het geval bij kristallijnen leisteen.

De werkelijke steilheid is natuurlijk niet altijd de grootste, die een gebergte naar zijn samenstellende gesteenten kan bezitten. Dit hangt namelijk van de verhouding der verweerende en wegvoerende krachten af. De eerste toch werkt langs de geheele helling, de laatste voornamelijk aan het benedengedeelte. Het water zal bovendien aan den voet van den berg door zijn mechanische kracht aan de slechting van het rotsgevaarte arbeiden. Dus moet de helling grooter wezen, naarmate

de wegvoerende kracht door uitspoeling de werking der verweering langs de geheele helling overtreft. Is de verweering grooter dan is de steilheid van het gebergte geringer. Loodrechte wanden komen aan de helling slechts zelden voor, ofschoon het ongeoefende oog ze veeltijds meent waar te nemen; trouwens niets wordt zoo zeer door gezichtsbedrog vergroot, als de hoek, dien een berghelling met het horizontale vlak maakt.

Aan den voet wordt de steilheid doorgaans aanmerkelijk geringer. De verweeringsproducten bewegen zich namelijk door vrijen val, lawine, of met het water daarheen. Zij verzamelen zich daar en vormen gruiskegels. De grootere stukken bevinden zich aan den voet van zulke kegels, het fijnere puin vormt er den top van. Hoe grover de bestanddeelen van deze kegels zijn, des te steiler is hunne helling, soms zelfs tot 40°.

Zijn de blokken zeer groot en hebben ze zich in groote massa plotseling van het gebergte losgescheurd, dan spreekt van eene bergstorting.

§ 240. Achterblijven van verweeringsproducten. Waren de bergen voornamelijk het tooneel, waar de verweering met de wegvoering gelijken tred houdt, er zijn ook streken, waar de verweeringsproducten langen tijd wachten, eer zij naar eene andere aardstreek worden vervoerd en eer dus de verweerende krachten haar vernielingswerk opnieuw kunnen aanvangen.

Dit geschiedt in de eerste plaats daar, waar in een vochtig en warm klimaat een plantengroei wordt te voorschijn geroepen, die de ontstane verweeringsproducten vasthoudt. De verweering gaat dan van de wanden van de spleten en kloven en van de oppervlakte langzaam naar het inwendige voort. De ontstane verweeringsproducten zijn dan een leemachtige stof, die in de tropische luchtstreek vaak een groot gehalte ijzeroxyde bezit, dan den naam van lateriet draagt en een eenigszins roode kleur bezit.

Waaraan zou deze roode kleur haar ontstaan te danken hebben?

In Voor- en Achter-Indië, in de Braziliaansche gebergten en in Afrika van Senegambië tot het Kaapland komt deze leemachtige stof veel voor, evenals in de oostelijke staten van Noord-Amerika ten zuiden van de diluviale grens.

Veranderen de verhoudingen van klimaat dan kan van zulk een gebied het verweeringsproduct gedeeltelijk worden weggevoerd; evenzoo door niveauverandering. In het eerste geval sterft de vasthoudende plantengroei uit, in het tweede wordt de helling en dus eveneens de kracht van het stroomende water vergroot. Beide oorzaken werken ten nadeele van de reeds gevormde laag verweeringsproducten.

Op eene geheel andere wijze blijft in de Sahara soms het verweeringsproduct liggen.

Hoe onstond dit in deze droge en heete streek? (Zie § 235).

Sommige woestijnreizigers verhalen, dat zij vaak groote spiegelgladde vlakten moesten overtrekken, waar men tot over de enkels in het mulle, heete zand zakte.

Dit zand was door verweering van zandsteen ontstaan en wachtte slechts op den wind, om vandaar naar andere streken vervoerd te worden.

BRONNEN.

§ **241. Kringloop van het water.** We hebben gezien, dat het water zich aan de oppervlakte van den lithospheer op de laagste plaatsen heeft verzameld. Onder de werking van de zonnestralen maakt het voortdurend een kringloop. Uit den oceaan en de stilstaande wateren der aardoppervlakte verdampt het onophoudelijk, komt als damp in den atmospheer, condenseert daar en daalt als neerslag op de aardoppervlakte terug. De hoeveelheid water zou volgens dit begrip altijd even groot blijven, doch dit is niet het geval, want op den weg, dien het bij dezen kringloop aflegt, gaat een gedeelte verloren. Voortdurend wordt door de gesteenten en door de organische natuur water opgenomen. Dat de organische wezens water aan de circulatie onttrekken, zal geen nader betoog behoeven. Vreemder schijnt het, dat zelfs de dichtste, de hardste gesteenten water opzuigen. Graniet, porfier, basalt en agaat nemen water op en behouden het. Maar ook door de vernielende werking, die de nuttigste aller dranken op de steensoorten uitoefent, gaat een gedeelte van zijn volume verloren, daar het door de verweeringsproducten chemisch wordt gebonden. Bij den aanvang van het vernielingsproces zuigen de gesteenten gemiddeld $\frac{1}{100}$ van hun gewicht aan water op. De geheele watermassa der aarde bedraagt, wat gewicht aangaat, slechts $\frac{1}{5000}$ gedeelte van de vaste aardmassa en dus kan $\frac{1}{5}$ zich maar met water verzadigen. Door voortdurende verweering der steensoorten kan dus de watermassa der aarde verteerd worden.

Van den neerslag, die op de aarde valt, verdampt ongeveer $\frac{1}{3}$ dadelijk of wordt door planten en dieren opgenomen en eerst na hun dood teruggegeven; een ander derde stroomt langs de aardoppervlakte weg en baant zich een weg naar den oceaan terwijl het overige door spleten, kloven, barsten, enz. in den bodem dringt.

> Natuurlijk zijn hier benaderingswaarden opgegeven. Het hangt bovendien van omstandigheden af, hoe de neerslag verdeeld wordt. Bij een stortregen stroomt een grootere hoeveelheid langs de oppervlakte weg, bij een zachten regen dringt een grooter deel in den grond. Ook van de eigenschappen van dezen laatste hangt in dit opzicht veel af; bij hellenden bodem is de afstrooming grooter dan bij horizontalen; bij een losse grondsoort dringt meer water in de aarde dan bij eene vastere; enz. Zouden er nog dieren en planten kunnen leven, als al het water op aarde door den lithospheer gebonden was?

In de aarde zelve komt het water in drie verschillende toestanden voor en wel als steenvocht, als grondwater en vrij stroomend.

Steenvocht of vochtigheid van het gebergte noemt men het water, dat in de poriën van het gesteente voorkomt. Grondwater noemt men het, wanneer het blijft

hangen in waterrijke lagen, die aan de onderzijde begrensd worden door lagen welke geen water doorlaten, zooals dit bijvoorbeeld in ons land ook geschiedt in zandlagen, die door kleilagen worden gesteund. In kloven, holen, spleten, enz. komt in de aarde vrij stroomend water voor. Intusschen is de neerslag niet de eenige bron voor het onderaardsche water. Ook de lucht dringt in holen en spleten door. Is de bodemtemperatuur dan tot zekere diepte (Zie § 215) lager dan de warmtegraad van den atmospheer, dan kan de daarin aanwezige waterdamp neerslaan. In vele kust- en oeverstreken worden de bronnen gevoed door de naburige wateren en stijgen en dalen naar de hoogte van den nabijgelegen waterspiegel.

§ **242. Ontstaan der bronnen.** Al is het water in de bovenste lagen der aardkorst doorgedrongen, dan is het toch niet aan de werking der zwaartekracht onttrokken, integendeel het zoekt steeds de laagste plaatsen.

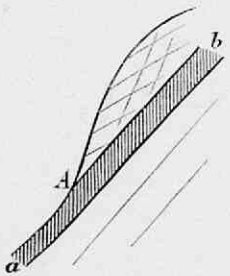
Ook het grondwater beweegt zich, zoo spoedig de laag, waarop het rust, eenige helling vertoont.

Maar vaak komt het water door de richting, waarin de verschillende aardlagen zich uitstrekken, in de noodzakelijkheid om te stijgen. Daardoor kan het op plaatsen, ver van het punt verwijderd, waar het in de aarde drong, weder te voorschijn komen. Niet altijd komt het dan te voorschijn als een fontein, ofschoon de werking van deze op gelijke wetten berust. Dikwijls duidt eene streek met weelderigen plantengroei, een moerassige bodem of iets dergelijks de plaats aan, waar het water langzaam uit de aarde omhoog sijpelt.

De geheele loop van het water berust op de wet der communiceerende vaten (Zie v. d. Stadt I § 37).

Beide volgende figuren kunnen ons behulpzaam zijn om na te gaan, hoe eigenlijk een bron ontstaat.

Fig. 52.



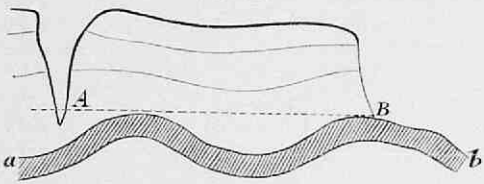
Zij ab (fig. 52) eene voor het water ondoordringbare laag, die naar een dal afhelt en waarboven eene grondsoort gelegen is, waarin het water kan doordringen. Dan zal langs de oppervlakte van de laag ab het water dalwaarts voortdringen en bij A te voorschijn komen.

In fig. 53 ontstaat de bron op eenigszins andere wijze. De waterdichte laag wordt hier verondersteld golvingen te maken. Het water, dat door de daarop rustende laag heensijpelt, zal zich in de laagste gedeelten der plooien verzamelen en daar hoe langer hoe hooger stijgen. Is dit water tot aan de lijn AB gekomen, dan vloeit het bij B over den bocht en vormt een bron. In de bovenliggende steensoort bevindt zich toevalligerwijze bij A een diepe kloof, en wel zoo diep, dat haar bodem onder de horizontale lijn AB ligt. Deze bodem zal door water bedekt zijn en daar heeft zich dus ook een bron gevormd.

De laatste soort heeft zeer veel overeenkomst met artesische bronnen en wijkt

er slechts hierin van af, dat bij deze laatste de kloof op kunstmatige wijze is aangebracht, wat tot de oorzaak van het ontstaan der bron niets afdoet.

Fig. 53.



Verwant met de laatste soort zijn de meeroogen (b. v. in den Tatra). Deze ontstaan hierdoor, dat het grondwater bij hoogen stand in eene der kuilen van de waterdragende laag of van de haar bedekkende lagen aan de oppervlakte komt.

De genoemde soorten van bronnen hebben hun ontstaan te danken aan het grondwater. Dit is echter niet met alle bronnen het geval. De rotsbronnen verzamelen haar watervoorraad in poreuze, gebarsten of verweerde steenlagen, waarin het water dikwijls in groote diepte circuleert, eer het uit daarvoor geschikte openingen weder te voorschijn komt. Zij vormen een netwerk van wateraderen en komen alleen in steenlagen voor, waarvan de ligging zeer verschoven (gedisloqueerd) is.

§ **243. Waterrijkdom der bronnen.** We hebben reeds gezien, dat een bron somtijds haar ontstaan te danken heeft aan een nabij gelegen water; naar gelang de spiegel van dit water stijgt of daalt, is de bron rijker of armer aan water. De waterrijkdom der bronnen, die niet op deze wijze gedrenkt worden, hangt van den neerslag af. Sommige geven gedurende het droge jaargetijde geen water en beginnen mild te vloeien, nadat er regen gevallen is. Waar dus periodieke neerslag heerscht, vindt men veelvuldig periodieke bronnen. Andere geven in natte jaren overvloedig water, maar verdrogen als de neerslag langen tijd op zich laat wachten. Zij dragen den naam van hongerbronnen, omdat door het vlieten der bron misgewas voorspeld wordt tengevolge van te groote vochtigheid, van welken slechten oogst dan hongersnood het gevolg kan zijn.

In sommige streken komen veel bronnen voor, terwijl de neerslag er bijzonder schaarsch is. Eene der meest bekende van deze gebieden is de Sahara.

Intusschen komt ook daar regen voor, zoodat men niet tot eene eenigszins gewrongen verklaring aangaande de voeding der daar aanwezige bronnen zijn toevlucht behoeft te nemen.

De regen, welke de Rohlfsche expeditie in de Libysche woestijn overviel, gaf een neerslag van 16 mM. Neemt men aan, wat door de waarnemingen waarschijnlijk wordt gemaakt, dat de bui zich over eene uitgestrektheid van een vierk. geogr. mijl ontlastte, dan leverde zij, indien ook slechts $^1/_7$ van het gevallen water in den bodem drong, bijna 126000 M^3 water, dat is meer dan tien bronnen schenken, als ze elken dag van een geheel jaar 3500 liter water verschaffen.

Het is dus niet onmogelijk, dat de bronnen der woestijn door den neerslag van de woestijn gevoed worden. Wel is het even goed mogelijk, dat een groot gedeelte van het water der woestijnbronnen daarheen geleid wordt langs de oppervlakte van lagen, die voor water ondoordringbaar zijn.

In dit geval kan het water zelfs een grooten afstand als grondwater hebben afgelegd. Zoo meent men, dat de neerslag van het Nubische plateau langs de oppervlakte eener waterdichte formatie naar het noordwesten vloeit en de Libysche en Egyptische oasen drenkt. Zooals we reeds opmerkten, komt ons deze verklaring onnoodig en daardoor gezocht voor, zoolang de onmacht van de woestijn om haar oasen zelf te drenken niet is bewezen.

Eigenaardig gevormde onderaardsche waterloopen kunnen aanleiding geven tot intermitteerende bronnen (Zie v. d. Stadt I § 51). De reeds behandelde geisers zijn ook intermitteerende bronnen. Behalve deze laatste zijn dergelijke meer merkwaardig als natuurkundige bijzonderheid, dan van belang voor de aardrijkskunde.

§ **244. Temperatuur der bronnen.** Ten opzichte van de temperatuur van het water kan men de bronnen in twee soorten verdeelen. In sommige gevallen is de warmte afhankelijk van de temperatuur der plaats, waar de bron ontspringt en daalt of stijgt met deze, zoodat de gemiddelde temperatuur van het bronwater nagenoeg overeenkomt met de gemiddelde jaarlijksche temperatuur van de plaats. In andere gevallen is de temperatuur van het water constant. We hebben dus:

1e bronnen van veranderlijke temperatuur en

2e bronnen van constante temperatuur.

De eerste worden gevoed door grondwater, dat in de oppervlakkige lagen van den bodem circuleert. De tweede ontvangen haar water uit lagen, die buiten onmiddellijken invloed staan van de temperatuur aan de aardoppervlakte (Zie § 216). Deze laatste kunnen water leveren van lager, maar ook van hooger temperatuur dan de omgeving. Zijn zij kouder dan komt het water uit kouder streken, zooals in de gebergten dikwijls kan plaats hebben. Op den bodem van bergmeren heeft het water een bijna constante temperatuur van 4° C. (Zie § 116).

De bronnen, die als onderaardsche uitmondingen van die bergmeren ontstaan, moeten dus ook die temperatuur hebben.

Bij Berchtesgraden, ten zuiden van Salzburg, komen bronnen van 4° C. voor den dag, die zonder twijfel gevoed worden door de diepste waterlagen van de Königsee, welke ten zuiden van genoemde stad ligt. Ga nog eens na, hoe het bodemwater aan die temperatuur komt.

Meer komt het voor, dat bronnen met constante temperatuur warm water geven. Hierbij moet opgemerkt worden, dat warm hier een zeer betrekkelijk begrip is, aangezien de temperatuur van den atmospheer zeer ongelijk is. In Lapland is eene bron van 1° C. reeds eene warme bron, aangezien daar de gem. jaarl. temperatuur slechts —3° C. bedraagt, terwijl onder den aequator een bron, die water van 20° C. geeft, nog eene koude bron genoemd wordt, tenzij zij in het gebergte wordt gevonden, waar de gem. jaarl. temperatuur lager kan zijn.

Verdeelen wij de bronnen in warme en koude, dan krijgen we, dat de bronnen met veranderlijke temperatuur en die, welke eene standvastigen warmtegraad hebben lager dan die van den dampkring op de plaats van ontspringing, tot de laatste soort behooren, terwijl die constante, welke voor de omgeving warm water leveren, tot de eerste soort behooren.

Stellen we de hoogst voorkomende temperatuur aan de oppervlakte 30° C., dan is elke bron, die water van hoogeren warmtegraad levert, absoluut een warme bron. Bronnen van deze temperatuur noemt men thermen. Die welke lager temperatuur hebben kunnen warm of koud zijn; dit hangt af van de breedte en de hoogte, waarop ze voorkomen.

Tot de heetste bronnen van Midden-Europa behooren: die van Burtscheid 77,5°, Karlsbad 75°, Wiesbaden 70°, Baden-Baden 67,5°, Ofen 64°, Mehadia 64°, Aken 57,5°, Ems 56,3°, Leukerbad 50,2°, Teplitz 49,4°, Gastein 48°. Kan men ook ten naaste bij bepalen, van welke diepte het water omhoog gevoerd wordt, als men de warmte van het bronwater en van de plaats weet?

Genoemde temperaturen bewijzen, dat de thermen uit aanzienlijke diepte haar water omhoog brengen; daarmede in verband staat ook haar meer constante en groote waterrijkdom. Terwijl koudere, dus meer oppervlakkige bronnen nu eens veel, dan weder weinig water geven, vloeit de warme bron doorgaans met dezelfde mildheid. Zal het water uit zulk eene diepte omhoog komen, dan moet het gebergte rijk aan kloven zijn en de oorspronkelijk horizontale richting der lagen eene groote wijziging hebben ondergaan. Warme bronnen of thermen liggen dus ook op de breuklijnen der aardoppervlakte.

Wat vonden we nog meer op die breuklijnen?

Vulkanen, tectonische aardbevingen en warme bronnen komen dus dikwijls in dezelfde streek voor, maar behoeven daarom nog niet tot elkander te staan als oorzaak en gevolg. Thermen komen ook voor, waar geen vuurspuwende bergen zijn. Wel kan een aardbeving wijziging brengen in de verhouding der spleten en kloven. De diepste kloven kunnen er door gesloten worden en dan wordt het bronwater kouder; maar ook kan eene kloof door eene aardbeving aanmerkelijk verdiept worden en dan wordt het bronwater warmer.

Door de aardbeving van Lissabon (1755) werd de temperatuur van de Koninginnebron te Bagnères de Luchon (ten noorden van de Maladetta) van 8° tot 50° C. verhoogd, terwijl door de aardbeving van 1660 de warme bron van Bagnères de Bigorre (aan den voet der Pyreneën, aan de Adour) in eene koude werd veranderd.

Welke heete bronnen komen alleen in vulkanische streken voor?

§ **245. Chemische bestanddeelen der bronnen.** Het water, dat eenmaal in aanraking is geweest met den atmospheer is niet meer zuiver: het heeft uit de lucht zuurstof en koolzuur opgenomen. Komt daarna dit water in aanraking met den bodem, dan wordt door inwerking van deze beide stoffen, alsmede door de oplosbaarheid van sommige steensoorten het water hoe langer hoe meer verontreinigd of met andere woorden, hoe langer hoe meer bestanddeelen van den bodem worden door het water medegenomen. Wel is de hoeveelheid stof, die door een bepaalde hoeveelheid water wordt medegevoerd gering, maar daar er telkens versch water verschijnt en het proces altijd voortduurt, is de werking ervan onbegrensd.

Licht oplosbare steensoorten als zout, gips, kalk, enz. worden door het indringende water geheel en al opgelost; maar ook vastere gesteenten kunnen op den duur de vernielende kracht van koolzuurhoudend water niet weerstaan. Het bronwater neemt uit die gesteenten kalium, natrium, calcium, magnesium, ijzer, mangaan, jodium, enz. op. Er moet dus overeenkomst bestaan tusschen het bronwater en de lagen, waardoor het stroomt. Daardoor ontstaan de groote verschillen tusschen de bronnen.

Ten opzichte van het gehalte aan kalk onderscheidt men h a r d en z a c h t water. Hard heet het water, wanneer bij het koken de afscheiding van kalk groot genoeg is om het gaar worden van sommige vruchten te beletten. Water, dat op een volume van 100 cM^3 niet meer dan 18 milligram kalk bevat, voldoet nog aan de eischen, die men er uit het oogpunt der gezondheid aan stellen mag; maar de hardheid 18 mag het niet te boven gaan. In de groote steden voldoet het grondwater doorgaans niet aan de gezondheidseischen, te meer daar 100 volumen water wel 78000 volumen ammoniak kunnen opnemen.

Onder overigens gelijke omstandigheden zijn de thermen rijker aan minerale stoffen, dan de koude bronnen, hetgeen gemakkelijk te verklaren is, daar warm water grooter oplossingskracht bezit dan koud; toch zijn er thermen, die bijna zuiver water leveren, zooals die van Pfäffers en Gastein.

Naar het overwegende bestanddeel onder de opgeloste mineralen onderscheidt men: k a l k-, s t a a l-, n a t r i u m-, z w a v e l-, j o d i u m-, z o u t b r o n n e n, enz. K i e z e l b r o n n e n, dat zijn bronnen, waarin veel kiezelzuur is opgelost, hebben altijd een hooge temperatuur. De geisers behooren ertoe.

Vele van deze bronnen, naar het voorkomen van minerale stoffen m i n e r a l e b r o n n e n genoemd, hebben eene groote vermaardheid wegens de geneeskundige eigenschappen van hare mineralen, heeten daarom ook wel g e z o n d h e i d s b r o n n e n en zijn vaak de bewerkers van den bloei der plaats, waar ze voorkomen. De meest bekende zijn:

natron: . . . . . Teplitz;
glauberzout: . . . Karlsbad; Mariënbad;
bitterzout: . . . . Saidschütz, Sedlitz, Pilna (alle drie in Bohemen), Epsom (4 uur Z.W. van Londen, de bron levert het zoogenaamde Engelsche zout);
zwavel: . . . . . Baden (in Zwitserland aan de Limmat);
jodium en bromium: Kreuznach, Hall bij Salsburg, Kissingen.

Vooral noordwestelijk Bohemen is rijk aan gezondheidsbronnen. De grootste beroemdheid hebben die van Karlsbad verworven. Om eenig denkbeeld te geven van al de mineralen, die in bronwater opgelost kunnen zijn, geven wij de analyse van het water uit den Karlsbader Sprudel (zoo heet een der bronnen):

In 10000 gram water komen voor:

koolzure ijzeroxydule	0,030 gr.	chloornatrium	10,418 gr.
koolzure mangaanoxydule	0,002 "	fluoornatrium	0,051 "
koolzure magnesium	1,665 "	boorzure natrium	0,040 "
koolzure calcium	3,214 "	phosphorzure calcium	0,007 "
koolzure strontium	0,004 "	aluminiumoxyde	0,004 "
koolzure lithium	0,123 "	kiezelzuur	0,715 "

koolzure natrium	12,080 gr.	zwavelzure natrium	24,053 gr.
zwavelzure kalium	1,862 "	koolzuur	9,659 "

Verder werden er nog sporen gevonden van caesium, rubidium, thallium, zink, arsenicum, antimonium. In het geheel wegen de vaste bestanddeelen 55,168 gram.

Dat de hoeveelheid vaste stof, die de bronnen aan de oppervlakte brengen niet gering is, blijkt uit de volgende becijfering. Stelt men de gemiddelde hoeveelheid water, die door de Karlsbader bronnen geleverd wordt, op 2037 liter per minuut, zoo is de jaarlijksche hoeveelheid ruim 1000 millioen liter en deze bevatten, als men de verhouding van den Sprudel ook voor de andere aanneemt, bijna 6 millioen kilogram vaste stof.

Liggen er in de diepte zoutlagen, dan zal het water ook zout zijn. Zoutbronnen komen veel voor in de Alpen (Reichenhall) in Galicië en Zevenburgen, in Thüringen en in Saksen.

Voor de vormverandering van de aardkorst en dus voor de natuurkundige aardrijkskunde zijn van het meeste belang de bronnen, die kalk en kiezelzuur bevatten, daar ze dit in groote lagen afzetten. Schoone kalkafzettingen treft men aan bij Tivoli in Italië.

Deze worden gevormd door de rivier de Anio, eene zijtak van den Tiber. Zij komt van de Apennijnen en haar water bevat veel kalkdeelen. Bij Tivoli vormt zij een waterval. In het wegspattende water plaatst men allerlei kleine voorwerpen, welke in weinige dagen met een korst van kalk bedekt zijn en dan als souvenirs van Tivoli aan de vreemdelingen worden verkocht. De steensoort, een soort van kalktuf, noemt men travertin. Zij vormt op sommige plaatsen lagen; in de omstreken van Rome zelfs van 160 meter. Groote gebouwen zijn er uit opgebouwd, zooals het coloseum. De catacomben zijn grootendeels uitgeholde travertinlagen.

Karlsbad ligt voor een gedeelte op de kalklagen, die door de thermen zijn afgezet. In het begin der 18de eeuw vloot al het water plotseling naar den Tepel, een zijrivier van den Eger. Om de oorzaak van deze nadeelige verandering te ontdekken, doorboorde men de bovenste laag en nauwelijks was dit geschied, of het water drong met kracht omhoog. Men bemerkte toen onder de bovenste laag verschillende holten, die op een bodem van kalksteen rustten. Ook deze bodem werd doorboord en weder werd een holte zichtbaar, waaruit het water met nog grooter kracht te voorschijn trad. Na een derde laag doorboord te hebben, ontdekte men een groot waterreservoir, den zogenaamden Sprudelketel. Daarin kookte het water verschrikkelijk; de heete waterdamp en de hooge temperatuur maakte het ondoenlijk den omvang van dit reservoir na te gaan. Op sommige plaatsen had het meer dan 50 meter afmeting. De doorboorde kalklagen hadden te zamen een dikte van 1—2 meter.

Nadat men de gaten weder had dichtgemaakt, overdekten nieuwe kalkafzettingen weldra de sporen van de poging, die de mensch had gewaagd om in de geheimen van deze therme door te dringen. Ook bij de geisers is het bovenste bekken door kalksinter gevormd.

Wat het water dus op de eene plaats wegneemt, zet het op eene andere plaats weder af.

§ **246. Holen.** Een eerste gevolg van de chemische en oplossende werkzaamheid der bronnen is het ontstaan der holen. Voornamelijk vinden we deze in

kalkgebergten; de Karst is er rijk aan. Door het stroomen van water onder de oppervlakte werkt ook daar de chemische kracht zeer sterk. Daar het water een gedeelte der gesteenten oplost en medevoert moeten de kloven, waarin het zich oorspronkelijk bewoog, hoe langer hoe breeder en dieper worden, zoodat groote holten in de rotsen worden uitgespoeld.

Kan dit uitspoelen aanleiding geven tot aardbevingen? Zoo ja, welke soort van aardbevingen ontstaan er dan door?

Dikwijls wordt een onderaardsch stroomstelsel door aardbevingen in zijne stroomverhoudingen veranderd. De holen en grotten, waardoor het beekje zich voorheen spoedde, kunnen daarbij buiten het verloop geraken. Zoo verklaart zich het verschijnsel, dat sommige grotten geen water meer bevatten.

De beroemdste van deze holen zijn de Adelsberger grot, ten westen van het Zirknitsermeer, die van Antiparos (tegenover het eiland Paros, een der Cycladen), de Mammoetsgrot in Kentucky. Merkwaardig zijn de nieuwe vormingen van kalksteen in de meeste grotten. Door den zolder van het gewelf sijpelt in druppels voortdurend koolzuurhoudend water. Komt het water in de grot, dan verdampt er een gedeelte van, het daarin aanwezige koolzuur ontwijkt en de kalk blijft achter. Deze kleine hoeveelheden kalk, geleverd door de druppels, die aan het gewelf hangen, geven het aanzijn aan lichamen, die zeer veel op onze ijskegels gelijken, wat den vorm betreft: als spitse kegels hangen ook zij naar omlaag en geleiden de volgende waterdroppels verder naar beneden, tot deze van de spits op den bodem der grot vallen. Daar zetten zij op nieuw een kleine hoeveelheid kalk af, zoodat ook daar door verloop van tijd een kegel gevormd wordt, die met de spits naar boven steekt. Zulke gesteenten noemt men druipsteenen. De kegels, die aan den zolder van het gewelf hangen, heeten stalaktieten, die, welke van den bodem omhoog streven, stalagmieten. Waar beide kegels met de toppen aan elkander reiken worden zuilen gevormd. Verder vindt men geheele gordijnen, ontstaan door aaneengroeiing van verschillende kegels en andere vormen.

Het zijn deze gesteenten, die in hunne duizenderlei vormen aan de grot een schoon, fantastisch karakter geven. Vaak is de stof, waaruit zij bestaan, verblindend wit en weerkaatst het licht der flambouwen in alle schakeeringen en richtingen.

De grootste van alle holen is het Mammoetshol. Het bestaat, zoover het bekend is, uit kamers, waarvan sommige 100 meter hoog zijn, en verscheidene grooter zijn de grootste der bekende holen in Europa. Een gedeelte is nog nooit door een menschenvoet betreden: de koenste gidsen weigeren beslist, al biedt men hun ook groote sommen, in het onbekende gedeelte waarnemingen te doen.

Bekende grotten in Europa zijn verder die van Hann aan de Lesse, de Baumans- en de Bielsgrot in den Harz, de Dechenhöle bij Leimathe, het hol van Neander, waardoor de Dusse loopt, bij Dusseldorp, het Slouper-hol in Moravië, enz.

Staat men verwonderd over de ontzaglijke uitbreiding dezer holen, zoo behoeft men er daarom toch niet aan te twijfelen, dat ze door de werking van het water

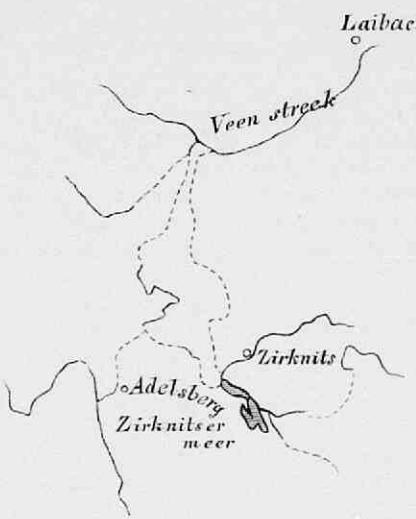
zijn ontstaan. De Rauheimer bronnen leveren tegenwoordig jaarlijks ongeveer 30000 M^3 zout, en vlieten reeds sinds onheugelijke tijden. In 4000 jaar zullen ze dus een ruimte doen ontstaan zoo groot als het Rijnbed tusschen Bingen en Coblenz, dat is grooter dan eenig bekende grot, zelfs dan de Mammoetsgrot.

Van groot gewicht zijn deze grotten voor den geoloog. Daarin toch werden, door leem of door kalkafzettingen bedekt, de overblijfselen van de vroegere bewoners geconserveerd. Die overblijfselen geven den tegenwoordigen mensch gelegenheid een blik te werpen in het zijn dier vroegere bewoners. De natuurvorschers, welke deze holen onderzoeken, dringen langzamerhand in een verder achter ons liggenden tijd door en voor hun geestesblik ontrollen zich de vroegere toestanden, waarvan geen sage ons melding maakte, waarvan alleen de holen met hunnen welbewaarden inhoud de stomme getuigen zijn. De voorwereldlijke mensch sloeg er zijn woning in op, deels om tegen de guurheid van het weder beveiligd te zijn, deels om van hier uit den kamp met de wilde dieren aan te binden en het slachtoffer zekerder te verbergen. Hij begroef er zijn dooden. Duizenden van zulke vroeger bewoonde holen zijn in de kalkgebergten van Egypte, Syrië, Griekenland, Italië, Spanje en Frankrijk ontdekt, evenals in de juragebergten van Zwitserland en Duitschland, in Moravië, Galicië, België, Oostenrijk—Hongarije en Engeland. Van veel gewicht was het, dat men in de holen van het diluvium tusschen de overblijfselen van thans uitgestorven dieren ook artefacten, dat zijn overblijfselen van een toenmaligen mensch, aantreft. Groote bekendheid hebben in een geologisch opzicht verkregen: de Grot van Aurignac (a. d. helling van de Pyreneën in Frankrijk), die van Bize bij Narbonne, die van Goudres bij Nimes, die van Frontal aan de Lesse enz.; te veel om te noemen.

§ 247. Verdwijnende rivieren. In nauw verband met de vorming van holen staat het verdwijnen van rivieren. In kalkgebergten toch verdwijnen sommige riviertjes plotseling om op eene andere plaats als waterrijke bronnen weder te voorschijn te treden, of zich beneden den waterspiegel in zee te ontlasten. Een onderaardsche rivierbedding moet men zich voorstellen als eene aaneenschakeling van holen, waarvan de wanden nu eens eene grootere dan weder eene smallere ruimte voor het water overlaten. Doorgaans is alleen de bodem van zulk een holenreeks met water bedekt; maar de liggingsverhouding en de waterrijkdom kunnen oorzaak zijn, dat het geheele hol hetzij tijdelijk, hetzij voortdurend met water gevuld is.

In de Jura hebben we een voorbeeld van een verdwijnende rivier in de Orbe, die ten noorden van Genève ontspringt en zich in het Lac de Joux stort, dat geen oppervlakkige afwatering heeft. Ten noordoosten van dit meer bij Vallorbe komt de rivier eensklaps weder voor den dag en stort zich nu bij IJverdun in het Meer van Neuchâtel. In de Peloponesus kenden de oude Grieken de Stijx, als den weg naar de onderwereld. Maar het rijkst aan verdwijnende rivieren is het Karstgebied in engeren zin, vooral tusschen Triëst en Laibach. Onderstaande figuur geeft met stippellijnen eenige der onderaardsche riviertjes aan. Natuurlijk kan men den loop slechts bij benadering bepalen, maar de enkele gegevens, die men daarvoor heeft, zijn in vele gevallen vrij betrouwbaar.

Fig. 54.



De Laibach-rivier en haar onderaardsch gebied.

De Laibach-rivier ontstaat ten zuiden van Adelsberg en draagt eerst den naam van Poik. Zij stroomt noordwaarts en neemt even boven genoemde stad de uit het noorden komende Nanosiza op, dan stroomt ze voorbij Adelsberg door den beroemden grot en wendt zich in de diepte naar het noorden. Als Unz komt ze weer boven den grond, om later weer te verdwijnen en in eene veenachtige streek voor goed boven de aardoppervlakte te komen en zich naar de vlakte van Laibach te spoeden. Van de 85 kilometer, die haar loop lang is, liggen er ongeveer 20 beneden de aardoppervlakte. Een ander voorbeeld van eene verdwijnende rivier levert ons de Reca, die ten N. van Triëst in de diepte verdwijnt en als Timavo bij Duino, ten noordwesten van Triëst met zulk een waterrijkdom weer te voorschijn treedt, dat zeeschepen tot aan den oorsprong kunnen naderen.

De onderaardsche uitbreiding van een stroomstelsel kan tengevolge hebben, dat dit met het stelsel van een andere rivier in samenhang komt. We hebben daarvan een voorbeeld gezien, toen we de grenzen der stroomgebieden bespraken. Hoe was dat?

Er bestaat geen enkele reden om aan te nemen, dat elke onderaardsche rivier aan de oppervlakte zou komen, voor zij zich in zee stort. Integendeel is het zeer natuurlijk, dat vele zich onder den bodem voortspoeden, tot ze het zeewater bereiken. Daardoor ontstaan dan zoetwaterbronnen op den bodem der zee. Het zeewater is op zoodanige plaatsen van een zeer gering zoutgehalte. Aan alle kalkkusten komen dergelijke zoetwaterbronnen voor. Vooral de Dalmatische kust is er bijzonder rijk aan. Ten oosten van de Rhône-mondingen ontspringen er eveneens veel. Een daarvan, de Port Miou, bij Cassis (tusschen Marseille en Toulon) bewerkt zelfs een oppervlakkigen zeestroom. Langs de geheele rotskust aldaar tot in de haven van Spezzia komen ze voor. Men heeft de hoeveelheid zoet water, die door de onderzeesche bronnen tusschen Nizza en Genua geleverd wordt, op 19 M^3 per seconde geschat. Sommige van die bronnen ontspringen op aanzienlijke diepte, ofschoon niet ver van de kust. Die bij Cannes op 162 meter, bij San Remo (ten oosten van Mentone) op 300, die bij kaap St. Martin (tusschen Monaco en Mentone) zelfs op 700 meter. Deze laatste ligt op 6 kilometer afstand van de kust.

Het omgekeerde geval, dat het zeewater namelijk in kloven en spleten van het kalkgebergte dringt, komt ook voor. Op het eiland Cephalonia bij Argostoli stroomt voortdurend eene hoeveelheid zeewater in een kloof. Men heeft een kanaal gehouwen naar de kloof en daarin vertoont zich

zulk een sterke stroom, dat er twee korenmolens door in beweging gebracht worden. Waar het water, dat in de kloof verdwijnt, blijft, is nog een raadsel, maar toch heeft de molen van Argostoli niet meer het geheimzinnige van voorheen, toen men aan eene soort van wonder dacht.

§ **248. Periodieke meren.** In sommige gevallen vult eene onderaardsche rivier bij hoogen waterstand een meerbekken, dat in andere tijden droog ligt. Het meest bekende voorbeeld, er zijn er weinige, levert het Zirknitser meer, ten oosten van Adelsberg.

Dit meer heeft aanleiding gegeven tot eene menigte fabels. Men zou er niet alleen regelmatig visschen, oogsten en jagen, maar met het opkomende water kwamen er allerlei gedrochten uit de diepte, zooals nergens op aarde bestonden. Latere onderzoekingen hebben ook hier het wonderbaarlijke weggenomen.

Het meer is door schiereilanden in verschillende afgesloten bekkens verdeeld en over het algemeen zeer ondiep. 's Zomers ligt het droog en dan werd vroeger de bodem wel bearbeid. Na sterken regenval, onverschillig of die in den herfst of in eenig ander jaargetijde invalt, komt het water door de spleten en gaten van den bodem of de wanden te voorschijn en voert allerlei planten en dieren (den holensalamander en eenige kreeften) met zich mede.

Gewoonlijk geschiedt de vulling in het najaar. Dan blijft het meer gevuld tot Juli, tenzij in den winter de regentijd wordt afgebroken. Er zijn jaren geweest, dat het meer droog bleef. Wanneer het droog ligt, dan bestaat de bodem uit weilanden, die door zacht stroomende beekjes van elkander worden gescheiden.

Nemen we in aanmerking, dat we hier in het Karstgebied zijn, hetwelk een doolhof van onderaardsche riviertjes onder zijne oppervlakte verbergt, dan is er niets onnatuurlijks in dit periodieke meer.

§ **249. Dolinen.** De steenachtige vlakten van het Karstgebergte worden niet zelden door trechtervormige kuilen afgebroken, die door de instortingen van holen zijn ontstaan. Deze trechtervormige inzakkingen dragen den naam van d o l i n e n. De steile wanden hebben soms eene hoogte van 300 tot 400 meter. In nauw verband hiermede staan de verwijdingen in de kloofvormige rivierdalen, die den naam van p o l j e n dragen. Het onderscheid tusschen beide is voornamelijk hierin gelegen, dat de doline besproeid wordt door eene onderaardsche rivier, de polje door eene rivier, die in diepe kloven boven en beneden de polje zichtbaar is. Deze riviertjes vervolgen door kloven en onderaardsche gangen hun weg, soms maken zij den bodem van het keteldal tot een moeras, of vervormen dit tot een periodiek meer.

Boven den onderaardschen loop eener rivier vormen zich hier en daar zulke dolinen. Zij zijn dus de merkteekenen van de richting, waarin zich de rivier voortbeweegt. Op deze wijze is het mogelijk den onderaardschen loop der Karstrivieren na te gaan.

Op sommige plaatsen in het Karstgebied b. v. aan de Kroatische grenzen worden zonder ophouden nieuwe dolinen gevormd. Een bewoner, die geruimen tijd uitlandig is geweest, zal vaak zijn geboorteplaats niet meer herkennen, daar de huizen door aardstortingen zijn vernield, boomgaarden verwoest en men de wegen zelfs dientengevolge gedurende zijne afwezigheid heeft moeten verleggen.

Verder merken we hier nog op, dat in een dergelijk kalkgebied dikwijls n a t u u r l i j k e b r u g g e n

voorkomen. Deze kunnen op drieërlei wijzen ontstaan. Tusschen twee dolinen kan het overgebleven gedeelte van de bovenliggende aardkorst zoo smal zijn, dat het 't voorkomen van een brug verkrijgt. Echter kan ook een naar omlaag rollend groot rotsblok ter halver hoogte van eene kloof vastgeklemd blijven en alzoo een brug vormen. En ten derde heeft men voorbeelden, dat door de afzetting van travertin over de rivier een brug gebouwd wordt. Wij moeten ons dit laatste in dier voege voorstellen, dat de hoogste rand van beide oevers, door voortdurende afzetting van kalk daartegen, over de rivier heen wast, totdat de gedeelten, die van beide kanten over het water heen steken, aan elkander komen en op nieuw door kalkafzetting tot een geheel worden verbonden.

§ 249. **Karstverschijnselen.** Omdat al deze verschijnselen, als holen, onderaardsche rivieren, enz. het meest in de Karst gevonden worden, noemt men ze karstverschijnselen; men treft ze echter ook in vele andere kalkgebergten aan. Ten slotte willen we daarop nog even wijzen. Zoo hebben we reeds grotten in de Pyreneën, in Westfalen en in den Harz genoemd. Onderaardsche stroomen komen ook voor in Normandië, in het brongebied van de Lot en de Aveyron (zijr. van de Tarn). De Sorgue stroomt door de grot van Vaucluse (ten oosten van Avignon). Bij Saucerre verlaat een gedeelte van het Loire-water door onderaardsche gangen de bedding en vormt de Loiret, die beneden Orleans zich met de hoofdrivier vereenigt; haar loop is door dolinen geteekend. De bron van de Guadiana is heden ten dage nog niet met zekerheid bepaald. Volgens den een zoude eene rij meertjes met onderaardsche afwatering als zoodanig zijn aan te merken, volgens anderen voeren deze meertjes hun water naar de Zancara (zijr. van de Guadiana).

De vraag doet zich nu voor: waarom vinden we in het eene kalkgebergte de karstverschijnselen in zoo groote hoeveelheid en in het andere zoo schaars ontwikkeld. De studie der verschijnselen is nog de phase niet ingetreden, noodig om deze vraag met zekerheid te beantwoorden. Men vermoedt echter, dat de onderlaag van het kalkgesteente hierop van grooten invloed is. Is deze onderlaag evenzeer voor water doordringbaar als de kalk, dan zinkt het vernielende element dieper; is zij voor water ondoordringbaar, dan blijft dit in de kalklagen circuleeren.

§ 250. **IJzeroer.** Voor we van de kracht van het grondwater afstappen, wijzen we op eene scheikundige werking ervan, die het vormen van het ijzeroer, dat in ons vaderland zooveel voorkomt, ten gevolge heeft. In den bodem komt hier en daar ijzer in zeer geringe hoeveelheid voor, in verbinding met zuurstof. Dit ijzeroxyde is onoplosbaar in water, maar wanneer het in de nabijheid komt van rottende plantendeelen, dan zal de in die planten aanwezige koolstof een gedeelte zuurstof aan het oxyde onttrekken. De stof, die dan overblijft, heeft geringer zuurstofgehalte, heet ijzeroxydule en is oplosbaar in koolzuurhoudend water. Ons regenwater verkrijgt dat koolzuur, wanneer het door een met plantendeelen vermengden bodem dringt en dit is bijna altijd het geval. Dit nu koolzuurhoudend regenwater neemt dus het ijzeroxydule op en voert het mede. Bij blootstelling aan de zuurstof der lucht vormt het oxydule weder een onoplosbare verbinding en slaat dus uit het water neder. Op die wijze worden de banken van ijzeroer gevormd, die men ook

in ons vaderland aantreft. In de slooten van onze beekbezinkingen en zandgronden verft deze neerslag het water roodachtig bruin.

Waar vindt men in ons land oerbanken?

Evenzoo meent men nog andere metaalverzamelingen aan de chemische werking van het water te moeten toeschrijven. De vorming van ertsaders wordt verklaard door neerslag van het metaal uit het water, dat te eenigertijd door die gangen en aders zou gevloeid hebben, even als we bij het ijzeroer zagen, door verandering van eene oplosbare in eene onoplosbare verbinding. Dat echter ook dit niet altijd noodig is, leert de waarneming, dat door de mechanische kracht van het water vaak goud uit het gebergte naar de bedding der rivier wordt vervoerd.

Denk slechts aan de rivieren, die op den Altaï ontspringen. Het kan ons verder geen verwondering baren, dat het bronwater bij verdamping metalen afzet, aangezien de analyse ervan duidelijk aantoont, dat die er in voorkomen.

GLETSCHERS.

§ 251. De sneeuw boven de sneeuwgrens. In § 102 hebben we gezien, dat boven eene bepaalde hoogte de temperatuur zoodanig was afgenomen, dat de neerslag er steeds in den vorm van sneeuw en ijs voorkwam. De hoeveelheid zou daar dus tot in het oneindige aangroeien, indien er niet een kracht ware, die de sneeuwmassa gedeeltelijk wegruimt. Een Engelsch natuurkundige (Tyndall) schat de hoeveelheid sneeuw, die er sedert het begin der christelijke jaartelling in de Alpen is gevallen op 1700 meter.

Wat wil dit zeggen? Kan men wel van eeuwige sneeuw spreken?

De kracht, welke er voor zorgt, dat de sneeuw uit die hooge streken wordt weggevoerd, is de zwaartekracht. De sneeuwmassa beweegt zich onder haar invloed naar omlaag, naar de streken, waar ze in water verandert. Dit naar omlaag bewegen geschiedt onder twee vormen: als lawinen en als gletschers.

§ 252. Lawinen. Plotseling naar omlaag glijdende of rollende sneeuwmassa's noemt men lawinen. In den groep van den St. Gothard komen op een gebied van 325 K.M² jaarlijks ruim 500 lawinen voor, die gemiddeld eene sneeuwmassa verplaatsen van 325 millioen M³. Men onderscheidt het verzamelingsgebied, waar de lawine ontstaat, de baan, waarlangs de sneeuwval zich beweegt en het eindgebied. Het verzamelingsgebied ligt boven de boomgrens, de baan wordt gevormd door de voren, waarin gedurende den zomer gruis naar omlaag gaat en het eindgebied bevindt zich aan den voet van 't gebergte, waar we ook de gruiskegels vinden (Zie § 239). De beweging der sneeuw is in de verte niet te onderscheiden van die van het water; een leek verwart op eenigen afstand eene lawine met een waterval. Men onderscheidt stof- en grondlawinen.

De eerste ontstaan gedurende den winter. Dan is de lucht in het hooggebergte zeer droog en helder. De sneeuw is verblindend wit en »pakt" niet; de reiziger zinkt er tot de knieën in. In de hoogte wordt van tijd tot tijd deze stofsneeuw in beweging gebracht. Ontstaat daar een grootere beweging, dan wordt de losse massa in eene groeve gedreven en stort donderend naar omlaag. Eene witte wolk omhult het tooneel. Groot is de kracht van de windvlaag, die hierbij wordt waargenomen. De geheele lucht is met fijne sneeuw bezwangerd, die niet alleen tegen de dennen blijft hangen, maar in de kleederen dringt en zelfs in de nabijgelegen huizen alles met een wit poeder bedekt, gelijk bij ons in tijd van droogte de stof door de reten van ramen en deuren dringt. Bij deze stoflawinen is het niet de sneeuw maar de wind, die de schade aanricht. Wegens de onregelmatigheid van het verschijnsel is het zeer gevreesd. De kleinste aanleiding: de schrede of de vleugelslag van een vogel, ja zelfs eenig geluid, kan voldoende zijn om een sneeuwdek in beweging te brengen. Bij Andermatt werden eens drie stoflawinen veroorzaakt door den eersten klokslag op een zondagmorgen. Vóór een bergreiziger eene in dit opzicht gevaarlijke plaats voorbijgaat, geeft hij een schreeuw of schiet zijn geweer af.

De grondlawinen zijn veel regelmatiger. Zij ontstaan bij dooiweer vooral na sneeuwrijke winters en zijn meer aan bepaalde streken gebonden. Wanneer namelijk door aanhoudend dooien het gevormde water het sneeuwveld heeft ondermijnd, dan is dit van zijn stabiel evenwicht beroofd. De tred van een gems kan dan voldoende zijn om eene schuiving te veroorzaken, die in rolling overgaat en zich immer verder en met grooter snelheid uitbreidt. Nu pakt de sneeuw samen en vormt een of meer groote klompen, zoodat men het verschijnsel van uit de verte duidelijk kan waarnemen. De wind is zeer zwak. Hier richt de sneeuw de schade aan. Menschen, die in den sneeuwval mede naar het dal worden gevoerd, moeten zoo spoedig mogelijk worden uitgegraven. Men zoekt ze, nadat de massa in rust gekomen is, door met lange stangen in de sneeuw te stooten; zoodra men op iets hards stoot, begint men te graven.

Eene lawine kan een millioen M^3. sneeuw naar omlaag brengen. Zij verstopt dan ook soms vrij groote rivieren b. v. de Reus en de Inn. Doorgaans blijft de massa tot in den midden van den zomer liggen; eerst dan is zij weggesmolten; eerst dan ziet men, wat ze inhield: soms menschenlijken, dikwijls doode gemzen, vaak plantenzaden uit hoogere streken, die in de nabijheid ontkiemen. Menschen, weiden, vee, ja gansche dorpen worden soms bedolven en wegen versperd. Alzoo is de schade soms aanzienlijk genoeg en toch vallen 99 % nog neer, zonder iemand te hinderen.

Om de lawinen schadeloos te maken, heeft men in enkele nauwe bergpassen galerijen opgericht. Ook en dit is tegenwoordig de meer gevolgde weg, bouwt men

in het verzamelingsgebied en langs de stortbaan hier en daar kleine muurtjes en slaat er palen in, die dan als zoovele steunpunten moeten dienen. In het Unter-Engadindal heeft men op die wijze bijna veertig gevaarlijke lawinebanen onschadelijk gemaakt.

Intusschen is het bekampen der lawinen een werk van zeer twijfelachtige verdienste; want is de schade groot, die dikwijls wordt aangericht, het nut der lawinen is nog veel grooter, ja daarbij komt de eerste eigenlijk in geen vergelijking. In de eerste plaats toch maakt de sneeuwval plantengroei mogelijk aan den door hem ontblooten bergwand. Dit is echter wel het kleinste voordeel, er is er een van grooter belang.

Waarvan hing de hoogte van de sneeuwgrens af?

Indien de ontzaglijke hoeveelheid sneeuw, die door de lawinen binnen bereik van de mildere luchttemperatuur wordt gevoerd, waar ze in water overgaat, boven op het gebergte bleef liggen, dan zou de sneeuwgrens veel lager zinken, het klimaat ruwer en het gebergte minder bewoonbaar worden. We kunnen dus zeggen: hoe meer lawinen hoe hooger sneeuwgrens.

§ **253. Ontstaan der gletschers.** Alle sneeuw valt niet aan de steile hellingen van het gebergte. Veel valt er op vlakten, waarvan de helling te gering is, om het vormen van lawinen toe te laten. Daar en in kloven en spleten blijft het voorloopig liggen. Maar de zonnewarmte en warmere winden doen de oppervlakte smelten. Het ontstane water zakt in de massa en komt daardoor in lagen, die beneden het vriespunt zijn afgekoeld, zoodat het weder bevriest. Door dit ontdooien en weder bevriezen wordt de sneeuwmassa, die oorspronkelijk uit stofsneeuw bestond, geheel van structuur veranderd. Er vormt zich eene meer of minder samenhangende massa, die uit korrels bestaat en den naam van firn (d. i. voorjarig, dus zooveel als sneeuw van het vorige jaar) draagt. De vlakten, die door deze firn gevormd zijn, noemt men firnvelden; de diepten, die er mede gevuld zijn, firnmeren. In de Alpen heeft deze korrelige massa soms eene dikte van 500 meter. Zij bestaat uit verschillende lagen, die telkens in een jaar gevormd zijn en ongeveer 2—3 meter dikte hebben. In het onderste gedeelte bestaat de firnmassa uit ijs.

Deze geheele massa beweegt zich langs den hellenden bodem van het gebergte tengevolge van de werking der zwaartekracht naar omlaag. Daardoor wordt de werking der zonnestralen hoe langer hoe krachtiger: de bovenste lagen worden vloeibaar, zakken onophoudelijk, bevriezen dan weder en vermeerderen de onderliggende vaste ijsmassa. Eindelijk is de eigenlijke firnlaag verdwenen en die ijsmassa komt aan de oppervlakte. Deze massa heet gletscherijs en het voortbewegende geheel een gletscher. In de firnstreek valt meer sneeuw dan er smelt, in de gletscherstreek heeft het tegenovergestelde plaats. De gletscher beweegt zich naar omlaag als een ijsstroom. Zelfs in den zomer is zijne oppervlakte

nog met firnsneeuw en los daarop gevallen sneeuw bedekt. Komen twee dalen, waarin zich een gletscher beweegt, in elkander, dan vereenigen zich de beide gletschers tot één, evenals dit de rivieren doen. Zoo bestaat die van den Mont-Blanc uit drie groote gletschers.

In het midden is de ijsstroom doorgaans iets hooger dan aan de zijden. Waarschijnlijk is dit het gevolg van den invloed van de snellere verwarming der berghellingen, die de ijsmassa aan de randen spoediger doet smelten. Soms, zooals bij de Aletschgletscher, bedraagt het verschil wel 60 meter. We zullen later zien dat steenhoopen hierin een groote wijziging kunnen brengen (Zie § 259). Wat de dikte van den gletscher aangaat, merken we op, dat hierin natuurlijk een groot verschil bestaat tusschen het boven- en het beneden-einde, aangezien door de hoogere temperatuur in het gletschergebied de massa voortdurend in omvang afneemt. Aan het boveneinde is zij in de Alpen hoogstens 300 meter dik, aan het beneden-einde komt zij niet boven de boomen uit. Maar dit beneden-einde ligt ook soms aanmerkelijk onder de sneeuwgrens.

De vorm van dat beneden-einde is zeer merkwaardig. Steeds vormt het een meer of minder hooge ijspoort, een prachtvol gewelf, *de gletscherpoort*. Door de opening van dat gewelf komt troebel water te voorschijn, de zoogenaamde *gletscherbeek*. De temperatuur van dit water is altijd iets hooger dan 0°; ook zelfs wanneer de warmte van den dampkring daar lager is. Men moet dus aannemen, dat het bovenliggende ijsdek verdere afkoeling belet. In de Alpen verdroogt des winters de gletscherbeek doorgaans uit gebrek aan toevoer; in Groenland bevriest zij nooit geheel en al.

Gletscher, firnveld en sneeuw wordt ook te zamen met den naam van gletscher aangeduid; men kan dus spreken van *gletscher in engeren* en in *ruimeren zin*.

Sommige gletscherstroomen bestaan uit vastere ijsmassa's dan andere. Zij bewegen zich doorgaans in de hoofddalen van het hooggebergte, heeten *gletschers van den eersten rang* en hebben groote afmetingen. De minder uitgebreide zijn in hoog gelegen dalen voorhanden, zij bestaan uit losser ijs en bereiken de lagere streken niet, daar ze in geen hoofddal uitmonden; zij heeten *gletschers van den tweeden rang*. Als derde soort zou men hieraan nog toe kunnen voegen, die firnvelden, welke van de hoogste bergjukken naar omlaag hangen, zeer weinig sporen van ijsvorming vertoonen en de sneeuwgrens bijna niet overschrijden. Men noemt ze *hoog- of jukgletschers*. Daar echter ook die van den tweeden rang weinig eigenlijk gletscherijs bevatten, nemen wij ze met deze te zamen en noemen ze *firngletschers*. De eerste duidt men ook wel als *dalgletschers* aan, omdat ze door de hoofddalen hun gebied verre beneden de sneeuwgrens uitstrekken.

§ **254. Beweging der gletschers.** Door de werking der zwaartekracht

beweegt zich de geheele massa, zoowel het gletscher- als het firnijs langzaam voort. Men kan zich daarvan op verschillende wijzen overtuigen. De eenvoudigste is wel deze, dat men van het aangrenzende gebergte een op het ijs liggende steen in het oog houdt. De snelheid, waarmede deze voortwaartsche beweging plaats heeft, is verschillend naar gelang der omstandigheden. Bij warm weder, dus 's zomers en over dag, is zij grooter dan bij koud weder, dus 's winters en des nachts. Regen en sneeuwsmeltingen vergrooten haar. De oppervlakte beweegt zich sneller dan de onderste lagen, het midden sneller dan de beide zijden. Is het bed, waarover de gletscher voortloopt, steiler zoo is de snelheid grooter dan bij geringere helling. Moge er echter ten gevolge van de omstandigheden vele wijzigingen in dit opzicht plaats hebben, stilstand is er nooit.

In de Alpen bedraagt de snelheid gewoonlijk tusschen 2 en 8 decimeter per etmaal, dat is tusschen 75 en 300 meter per jaar. Echter komen er nu en dan snellere bewegingen voor: de Vernachtgletscher (ten westen van de Brennerpas) kwam eens op een dag 45 meter vooruit. In Noorwegen heeft men eene snelheid van 1,4 meter per dag waargenomen, in de Himalaya van 2—3,7 meter. De grootste snelheid heeft men bij de gletschers van Groenland waargenomen; daar is eene verplaatsing van 10 meter en meer per dag geen zeldzaamheid. Doch er bevinden er zich daar ook, die met eene alpine langzaamheid voortschuiven.

Het feit, dat de ijsstroom langzaam voortschuift en toch overal de geheele breedte van het dal vult, wacht nog steeds op eene verklaring, die allen bevredigt. Het firn- en het gletscherijs volgen vrijwel dezelfde wetten. Nauwkeurige waarnemingen hebben geleerd, dat de beweging in het algemeen dalafwaarts plaats heeft, maar geenszins regelmatig in deze richting voortgaat, zij is integendeel eene onregelmatige en gaat afwisselend voor- en achterwaarts, op- en nederwaarts.

Het ijs schijnt te stroomen, evenals water; maar we hebben hier te doen met een vast lichaam, waarvan men met een hamer stukken kan afslaan en dat onder den slag van dit werktuig barst.

Toch kan men met volle recht zeggen, dat het gletscherijs stroomt als eene dikke vloeistof. Wel zijn hiermede alle bezwaren niet opgelost, maar ons komt deze beschouwing het eenvoudigste voor. De mogelijkheid, dat de beweging van den gletscher een eenvoudig stroomen was, heeft Tyndal duidelijk aangetoond. Hij maakte er opmerkzaam op, dat bij de beweging een voortdurend verschuiven, barsten afbreken en weder te zamen vriezen van de verschillende deelen plaats vond. Door proeven liet hij zien, dat twee stukken ijs gemakkelijk samen vriezen, wanneer ze aan eene groote drukking zijn blootgesteld. Dit weder te zamen vriezen noemt men de regelatie.

Men verklaart deze regelatie op de volgende wijze. Denken we ons een vat, waarin zich water en ijs bevindt, dan moet de temperatuur van het mengsel in alle deelen 0° zijn. Wanneer echter

de drukking op de massa in het vat verhoogd wordt, dan daalt de temperatuur van het vriespunt en daar het mengsel die temperatuur moet bezitten, wordt het kouder en wel voor eene vermeerdering in druk van één atmospheer ongeveer $^1/_{125}$ graad Celcius.

Het mengsel in ons vat, dat verondersteld wordt geen warmte aan de omgeving af te staan, kan niet in temperatuur dalen of een gedeelte van de vrij geworden warmte moet gebruikt zijn om ijs in water te veranderen, m. a. w. een gedeelte der warmte wordt latent. Daardoor wordt het volume geringer, zoodat de druk gedeeltelijk opgeheven wordt.

Zoo zijn de verhoudingen als een mengsel van water en ijs in een gesloten vat aan eene grootere drukking wordt blootgesteld. Laat ons zien, in hoeverre onze gletscher hiermede overeenkomt. Hier bevinden zich ijs en water niet in eene afgesloten ruimte. Het water kan door de spleten en kloven ontwijken en is dus niet onder den invloed van de drukking. Het ijs daarentegen wel. We hebben dus water van 0°, vermengd met ijs van lagere temperatuur. Tengevolge daarvan zal het laagje water, dat met de ijsmassa in onmiddellijke aanraking is, in vasten toestand overgaan. Zoo worden twee stukken ijs onder sterken druk met het elkander vereenigd door het bevriezen van het tusschenliggende laagje water.

We hebben dus het volgende verloop: door den druk krijgt het ijs een lagere temperatuur; de daardoor vrij geworden warmte verandert eenige der ijsdeeltjes in water; dit water staat niet onder den invloed van de drukking en vriest dus weder aan de ijsmassa vast; daardoor worden verbrokkelde ijsmassa's weder één geheel. Wordt de ijsmassa nu saamgeperst in een enger dal, dan zal de drukking van de massa tegen de wanden van dit dal vergroot worden en van deze drukking hangt grootendeels de verbrokkeling en de temperatuursverlaging, vervolgens de vrijgeworden warmte en eindelijk de hoeveelheid vloeibaar water af, zoodat de factoren voor de regelatie juist daar het krachtigst werken, waar de behoefte aan vormverandering het grootst is.

Komt de gletscher in een breeder dal, dan houdt de drukking tegen de wanden op, de temperatuur van het vriespunt zal stijgen. Daardoor stijgt ook de temperatuur van het gletscherijs; maar de warmte daarvoor noodig moet geleverd worden door het ontstane water, dat dus in ijs overgaat. Hierdoor zet de massa zich weder uit. Zoo gaat met verandering van water in ijs en omgekeerd juist die verandering van volume gepaard, die noodzakelijk is om de geheele dalbreedte te vullen.

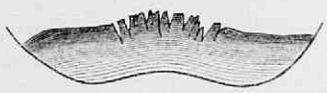
Intusschen heeft deze volume-verandering niet zulk eenen grooten invloed als het te eeniger plaatse verbrokkelen van den gletscher en het aaneen vriezen der stukken op andere plaatsen.

De kracht, die den gletscher in beweging brengt, is dus de zwaartekracht, want deze is oorzaak van de drukking.

Hiermede is echter de op- en teruggaande beweging niet geheel verklaard. Waarin verschilt nu de beweging van het gletscherijs met die van eene taaie vloeistof?

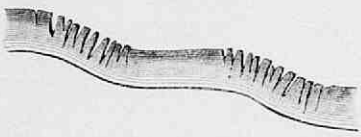
Aan de wanden en aan den bodem stuit het gletscherijs onophoudelijk tegen de

Fig. 55.



Lengtespleten.

Fig. 56.



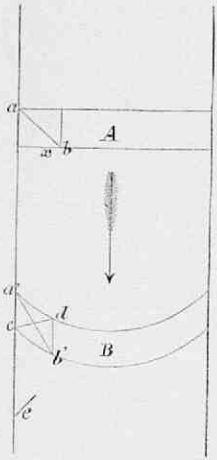
Dwarsspleten.

oneffenheden der steenen. Daar werkt dus de wrijving de beweging tegen. Bijgevolg is het natuurlijk, dat daar de snelheid geringer is.

§ **255. Spleten en kloven.** Door de voortgaande beweging scheurt het ijs op vele plaatsen en ontstaan er spleten, die men onderscheidt in lengtespleten, dwarsspleten en randspleten.

Lengtespleten (Zie fig. 55) ontstaan, wanneer de gletscher uit een eng in een breeder dal overgaat. Dan toch zal er in de ijsmassa een kracht werkzaam zijn, die haar over de geheele breedte van het dal tracht uit te spreiden. De bovenste oppervlakte krijgt daardoor een gewelfd aanzien en vooral in het midden ontstaan spleten evenwijdig aan de wanden van het dal. Onze figuur geeft eene dwarse doorsnede.

Fig. 57.



Randspleten.

Dwarsspleten zijn een gevolg van de ongelijke helling, waarover zich de massa beweegt (Zie fig. 56). Onze doorsnede loopt evenwijdig aan de wanden van het dal. Daar waar de helling grooter wordt, moet de bovenvlakte van den gletscher een grooter boog beschrijven, dan de ondervlakte. De spanning, die daarvan het gevolg is, scheurt de massa van een en er ontstaan spleten, even als in het vorige geval loodrecht op de scheurende kracht, dus van den eenen dalwand naar den anderen. Deze dwarsspleten worden gesloten, zoo spoedig de helling van de bedding weder geringer wordt.

Randspleten zijn een bijzondere vorm van dwarsspleten, wat haar voorkomen betreft; ten opzichte van haar ontstaan wijken ze er geheel van af. Zij hebben haar oorsprong te danken aan het verschil in snelheid, dat er bestaat tusschen de onderscheidene deelen van de ijsmassa.

Waar was de beweging ook weer het snelst?

De laatste der bovenstaande figuren stelt de oppervlakte van een gletscher voor, die zich beweegt in de richting, door het pijltje aangegeven. Zij *A* eene laag ijs. Doordat de snelheid in het midden het grootst is, zal deze laag, na eenigen tijd in *B* aangekomen, den gebogen vorm vertoonen, welke in de figuur daaraan is gegeven. Het gedeelte *x* zal dan den vorm *a'b'cd* hebben verkregen. De lijn *ab* is dus terug

te vinden in $a'b'$, maar deze heeft grooter lengte, het gedeelte x is dus in die richting uitgerekt en er zal een scheur ontstaan, loodrecht op $a'b'$. Bij c is zulk eene spleet geteekend.

Wordt de helling van de bedding zeer steil, dan lost de ijsmassa zich op in een chaos van ijsblokken, dien men den naam van ijsval geeft.

Zoo baart het ons geen verwondering, dat de gletscher over zijn geheele uitgebreidheid doorploegd is met allerlei kloven en spleten. De lengtespleten vooral kunnen groot zijn (soms 10 meter breed en 200 meter diep). Zij maken het bijna onmogelijk, een gletscher over te trekken. Vooral na een sneeuwstorm zijn ze gevaarlijk. Dan toch verbergt de fijne jachtsneeuw ze voor het oog en kan alleen de voorzichtig voortschrijdende gids ze met zijn stok ontdekken. Door de kloven dringt het water, dat aan de oppervlakte van den gletscher vooral in den zomer gevormd wordt, naar omlaag en stroomt hier door tunnelvormige gangen en ontelbare aderen naar het ondereinde van den gletscher. Daar komt het als gletscherbeek door de gletscherpoort te voorschijn. Het voert veel zand en slib mede en heeft dien tengevolge een troebel voorkomen. Spoedig echter bezinken de medegevoerde stoffen en dan heeft het water een blauwachtige, vaak eenigszins groene kleur.

In den zomer worden er op de oppervlakte van den gletscher vele beekjes gevormd. Soms schieten ze dan met zulk eene kracht in een kloof, dat ze diepe, cilindervormige gaten in de massa uithollen, die vaak tot den bodem van den gletscher reiken. Komen er toevallig steenen in zulk een holte, dan geraken deze door de stortbeek in eene draaiende beweging. Door deze beweging wordt in den gletscherbodem onder gunstige omstandigheden een diepe kuil uitgeslepen, die den naam van reuzenketel draagt. De stortbeek noemt men naar het geluid een gletschermolen. Deze gletschermolens schuiven natuurlijk ook naar omlaag en gaan verloren, zoodra de kloof wordt gesloten.

Doorgaans zal ongeveer op de plaats, waar een spleet ontstond, spoedig daarna weder een spleet ontstaan; zoo volgt op den eenen gletschermolen spoedig weer een andere, en de uitholling, door de eerste stortbeek begonnen, wordt door de volgende voortgezet.

Men noemt deze kuilen reuzenketels, omdat de volkssage ze toeschreef aan voorwereldlijke reuzen. In de kuilen vindt men doorgaans nog de rondgeslepen steenen. Bij Lucern vindt men er vele voorbeelden van in de zoogenaamde gletschertuinen. Waardoor kan een spleet gesloten worden?

§ **256. Samenstelling van het gletscherijs.** Het gletscherijs bestaat niet uit eene homogene massa. Dikwijls wisselen witte, ondoorschijnende lagen af met blauwe of groenachtige.

Het oorspronkelijke ijs vormt de laatste. Zij bestaan echter niet uit een samenhangende, gekristalliseerde massa, maar uit eene menigte korrels, die zoo innig aan elkander zijn vastgevroren, dat ze alleen zijn waar te nemen, wanneer de massa

smelt. In de bovenste deelen hebben deze korrels de grootte van eene erwt, lager bereiken zij die van een noot. Naar de laatste onderzoekingen ontstaat deze vermeerdering van volume door het gedurig bijeenvriezen van twee naast elkander gelegen korrels, zoodat er geen vermeerdering der gletschermassa uit volgt.

Wanneer zou die er wel uit volgen?

Het witte ijs ontstaat waarschijnlijk uit de sneeuw, die in de kloven is gevallen. Sluit zich de kloof weder, nadat zij met sneeuw is gevuld, dan wordt deze tusschen hare wanden samengeperst en in het lichaam van den gletscher opgenomen. Di witte ijs smelt spoediger dan het blauwe. Daardoor wordt de oppervlakte oneffen. Overgebleven deelen van het laatste vormen verhevenheden, als het omgelegen ijs van de eerste soort is weggedooid. Beschouwt men een ijsstroom van een verheven punt, dan vormen deze verhevenheden lijnen, zoogenaamde ogiven. Hoe verder men naar het beneden-einde van den ijsstroom afdaalt, hoe meer deze ogiven zich in het midden naar beneden krommen.

Het aantal en de grootte der blauwe lagen of banden neemt naar het beneden-einde toe. Aan de wanden der spleten en kloven is de gelaagde structuur van het gletscherijs duidelijk te zien.

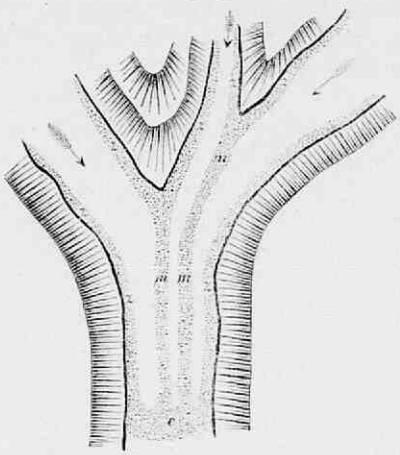
§ **257. Moraines of steendijken.** Tusschen doorgaans hooge bergwanden is de gletscher ingesloten. Reeds hebben we kennis gemaakt met de krachten, die vernielend op het gebergte werken, en even als elders, doen die krachten ook hier langs den bergwand haren invloed gelden. Nu eens worden grootere dan weder kleinere stukken losgerukt en vallen op de ijsmassa. Bewoog deze zich niet, dan zouden daardoor op de ijsvlakte puinkegels ontstaan, evenals in de dalen (Zie § 239). Thans echter worden door het gedurig nedervallen van rotsfragmenten op de ijsvlakte dijken van puin, gruis en grootere steenen gevormd en wel aan elke zijde één. Zulke dijken noemt men moraines of steendijken. Men treft ze doorgaans van het begin tot het einde aan. De moraines zijn voor ons een nieuw bewijs, dat de gletscher zich voortbeweegt.

Welke bewijzen hebben wij daar nu voor leeren kennen? Denk aan den gekromden vorm der ogiven.

Beschouwen we nu fig. 58. Daar is voorgesteld een gletscher, die ontstaat uit het samenvloeien van drie gletschers, welke stroomen in de richting, door de pijltjes aangegeven. Elk van deze drie heeft aan beide zijden eene moraine, in de figuur aangeduid door *z*. Waar twee gletschers samenkomen, vormen twee van die moraines één enkele, die nu niet meer aan de zijde, maar midden op den gletscher ligt en daarom den naam van middenmoraine draagt.

Wijs aan, waar zulke middenmoraines in de figuur gevormd worden. Kunt ge uit het aantal middenmoraines, die zich op den gletscher bevinden, ook besluiten tot het aantal samenstellende gletschers?

Fig. 58.



Moraines.

De moraines, welke zich in tegenoverstelling van de middenmoraines aan de zijden bevinden, noemt men zijmoraines. Zij nemen tot aan het benedeneinde van den ijsstroom in omvang toe.

Is dit ook het geval met de middenmoraines?

Echter vallen vele stukken puin niet op den steendijk; vandaar dat de ijsoppervlakte ook daarbuiten nu en dan steenen draagt. Een gedeelte van het puin, dat op de ijsstroom is neergestort, dringt door spleten en kloven in den gletscher en komt zoodoende eindelijk op den bodem. Daar ontstaat eene nieuwe steenmassa, die onophoudelijk wordt voortgeschoven. Door voortdurend over- en doorschuiven, worden de verschillende stukken afgerond, afgeslepen, verbrokkeld en fijn gemalen. Deze steenmassa noemt men de grondmoraine.

Dringt men door de gletscherpoort onder de ijsmassa door, dan bemerkt men dus, dat deze niet onmiddellijk op den rotsbodem steunt, maar ervan gescheiden is door zand, gruis en slib, waartusschen nog grootere steenblokken ingesloten liggen.

Aan het einde van den gletscher komen alle moraines bij elkander en vormen de eindmoraine. Deze heeft ongeveer den vorm van een halven cirkel, waarvan de bolle zijde naar het dal is gekeerd (Zie *e* in fig. 58).

Komt dit overeen met de snelheden, waarmede verschillende deelen van den gletscher zich bewegen?

Het puin, waaruit de eindmoraine bestaat, is geleverd door het geheele rotsgebied, waarin de hoofd- en zijstammen van den ijsstroom zich bewogen. Groote rotsblokken worden er evenzeer aangetroffen als tot zand en slib vermalen deelen, die aan het water van de gletscherbeek de troebele kleur en den naam van gletschermelk verschaffen. Wanneer deze gesteenten gedurende hunnen tocht niet met andere in aanraking en botsing komen, zullen zij niet afgerond worden, maar de scherpe kanten behouden, die ze oorspronkelijk bezaten. Andere daarentegen hebben dien vorm op de reis verloren, zoodat men in de grondmoraine steenen van allerlei vorm en grootte vindt.

§ 258. **De gletscherbedding.** Als men de grondmoraine van de gletscherbedding verwijdert, bemerkt men daarin duidelijk de sporen van de voortgaande beweging, welke daarover heeft plaats gehad. Deze sporen zijn krassen of groeven, die evenwijdig met de wanden van het gletscherdal loopen. Het ijs zelf

heeft deze groeven niet gemaakt; maar het heeft de steenen der grondmoraines voortgeschoven en als vijlen gebruikt om de krassen in den bodem te voorschijn te roepen. Ook aan de wanden van den gletscher vindt men steenen; deze zijn daar ingevroren op hunnen tocht van de oppervlakte naar den bodem. Zij zijn de punten, waarmede de voortgaande ijsmassa krassen in de haar loodrecht begrenzende gesteenten maakt. Op andere plaatsen zijn de beddingen der gletschers door de voortgaande beweging der grondmoraine gladgeslepen.

Zoo laat de gletscher sporen na op den bodem en kan men daaruit de vroegere uitbreiding van deze ijsstroomen afleiden.

Eene geheel andere vraag is deze: worden door de gletschers dalen gevormd? Zal dit het geval zijn, dan moet op den bodem, waarover de gletscher heen schuift, de afneming door verweering grooter zijn, dan op een onbedekten rots. Dit schijnt nu niet het geval te zijn; integendeel de ijsbedekking schijnt tegen den verweerenden invloed van lucht en water eene beschutting te wezen, zoodat de dalvorming onder den gletscher langzamer voortgaat. Wordt dus een gebergte door verloop van tijd met gletschers bedekt, dan heeft er een betrekkelijke stilstand in den voortgang der dalvorming plaats. Echter holt de gletscher haar dal wel eenigszins uit, zooals bleek uit de aanwezige krassen in den bodem, maar deze werking is gering in vergelijking van die van 't stroomende water.

§ **259. Afsmelting of ablatie** (van ablatio = wegneming, vergelijk het fransche ablation). De gletscher staat onder verschillende warmte-invloeden, die vernielend op het ijs werken. Deze zijn de volgende:

1e de verhoogde werking der zonnestralen in den ijleren atmospheer van het gebergte (Zie § 27);
2e de invloed van warme luchtstroomen (Zie § 79);
3e de invloed van den regen, die op de gletschers valt;
4e de warmte van het gevormde water;
5e de invloed van bronnen, die waarschijnlijk onder den gletscher te voorschijn treden;
6e de warmte ontstaan door wrijving der puinmassa's;
7e de inwendige aardwarmte;
8e de warmte bij het neerslaan van waterdamp ontstaan;
9e de vermeerdering van warmte, hoe verder men een gebergte afdaalt.

Enkele van deze behoeven nog eenige verklaring. De beide eerste zijn genoegzaam bekend. Daar de regen, die op den ijsstroom valt, nooit een warmtegraad beneden het vriespunt kan hebben, moet hij wel een factor zijn, die vermindering van volume bewerkt; evenzoo is het met het gevormde water, ook dit zal hooger temperatuur hebben dan het ijs en, als het weder in vasten toestand overgaat, komt er warmte vrij.

De vijfde der genoemde invloeden is ons nog onbekend. Deze is ook nog niet overal bewezen, wordt echter overal wel vermoed. Men heeft namelijk opgemerkt, dat in de meeste dalen bronnen voor den dag komen. Aangezien deze geheel buiten invloed van de bedekking van het dal staan, maar aan den bouw van het gebergte haar ontstaan ontleenen, kunnen zij evengoed voorkomen in een dal, dat door een gletscher wordt gevuld, als in een, dat niet in die omstandigheid ververkeert. Dit bronwater kan verschillende temperaturen bezitten, want hoog in het gebergte vindt men soms warme bronnen (Zie § 244).

Welke was in Europa de hoogst gelegen warme bron?

Men heeft in den Karakoroem zelfs een kokende bron onder een gletscher ontdekt. Dit verschijnsel staat nu wel geheel op zich zelf, maar al werken de andere bronnen ook zoo krachtig niet, toch is er geen reden om te betwijfelen, dat onder de gletschers bronnen voorkomen.

Door het over elkander schuiven der puinmassa's, het afslijpen van het gesteente der grondmoraines, het bekrassen der wanden ontstaat wrijving; daar wordt dus het arbeidsvermogen van den gletscher gedeeltelijk in warmte omgezet.

Bij vochtigen dampkring slaat op de kille oppervlakte van den gletscher een gedeelte van den waterdamp uit de omgevende lucht neer. Hierdoor wordt natuurlijk de latente verdampingswarmte van het neergeslagene vrij.

De afsmelting heeft plaats aan de wanden, aan den bodem, aan de oppervlakte en aan het gletschereinde; alleen in de hoogere gletscherdeelen is zij gering of verdwijnt bijna geheel. Merkbaar is de ablatie aan de oppervlakte en aan het einde.

Ga eens na, welke invloeden afsmelting veroorzaken kunnen in de verschillende deelen.

Beschouwen we eerst de ablatie aan de oppervlakte. De oppervlakte staat voornamelijk aan de zonnestralen en aan de werking van warmere luchtstroomen bloot. Vandaar de ontelbare beekjes en stroompjes, die er zich op bewegen. De oppervlakte is op vele plaatsen bedekt met groote en kleine steenen, zand en slib.

Groote steenen of een aaneengesloten steendek beschutten het ijs tegen de werking van de zonnestralen. Nu draagt de gletscher, zooals we weten, minstens twee aaneengesloten steenbedekkingen; vaak of liever altijd komen hier de middenmoraines nog bij. Deze beletten de ontdooiing van het onderliggende ijs en zullen dus aanmerkelijk grooter hoogte bezitten, dan wanneer zij enkel uit steengruis gevormd waren. Eene moraine heeft dan ook eene doorsnede, zooals fig. 59 die aangeeft.

Door deze verhooging van het ijs onder de eigenlijke moraine kunnen de zijden van den gletscher hooger zijn dan het midden (Zie § 253).

We hebben echter ook gezien, dat er buiten de steendijken steenen op den ijsstroom liggen. Zijn deze groot, dan beschutten zij de onderliggende vlakte evenzeer

tegen de werking der zonnestralen. Terwijl dus de omgevende ijsvlakte afdooit, wordt de steen tengevolge daarvan door de blijvende onder hem liggende laag omhoog gegeven. Op die wijze zou hij weldra staan op een ijspilaar, die gelijke doorsnede had, als de steen. Maar spoedig werkt de warmte van zon en lucht van ter zijde op den pilaar en doet hem in omvang afnemen. Fig. 60 geeft een voorstelling van den vorm, die daardoor ontstaat: een ijspilaar gekroond door een grooteren steen. Men noemt zulk eene figuur een gletschertafel. Door de zijdelingsche werking der warmte stort de pilaar onder de zwaarte van zijn last weldra in en dan begint de vorming van een nieuwe gletschertafel, tenzij alles gedurende dit tijdsverloop in een kloof is weggezonken. Soms hebben deze steenblokken een volume van 8000 M³.

Fig. 59.



Doorsnede van eene moraine.

Fig. 60.



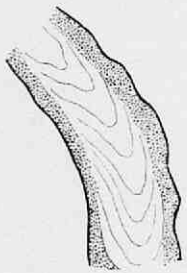
Gletschertafel.

Op hetzelfde beginsel berust het ontstaan van zandkegels, die dikwijls eene hoogte van eenige meters bereiken.

Kleinere steenen of dunne lagen zand en slib verhaasten de ontdooiing van het onderliggende ijs. Daardoor maken kleine steenen trechtervormige gaten in het ijs, waarvan de rijen even als de ogiven naar de zijde van het beneden-einde des gletschers gekromd zijn. Zand, dat door den wind is aangevoerd en in dunne lagen op het ijs verspreid ligt, verhaast evenzeer de ablatie.

Door het afsmelten van de oppervlakte komen steenen en gruis, die in de kloven naar beneden zijn gevallen, weder aan de oppervlakte, zoo de boven hen liggende ijsmassa ontdooid is. De Alpenbewoners zeggen daarom, dat het ijs vreemde lichamen uitwerpt. Een groot gedeelte bereikt echter de grondmoraine.

Fig. 61.



Gruislijnen.

Waar zou het van afhangen of een steen den bodem bereikt of niet, en in dit laatste geval weder aan de oppervlakte terug komt?

De kleinere steenen komen dus terug. Door de verschillende snelheid, waarmede de onderscheidene gedeelten der oppervlakte zich voortbewegen, vormen ook zij gebogen rijen.

Hoeveel gebogen rijen kennen we nu op de oppervlakte van den ijsstroom, en hoe ontstonden ze?

Daardoor verkrijgt de oppervlakte een reeks van gekromde banden, zooals fig. 61 aangeeft en die den naam dragen van gruislijnen.

§ **260. Afsmelting aan het ondereinde.** De meest krachtige der factoren, die den gletscher sloopen, is de toeneming van de warmte, naarmate men het ge-

bergte afdaalt. De firnvlakte levert onophoudelijk nieuwen toevoer van ijs; maar aan deze massa wordt steeds geknaagd, zoodat eindelijk de gletscher eindigt.

Door den voortdurenden toevoer van boven zal het gletschereinde beneden de sneeuwgrens gelegen zijn. Onderstaande tabel geeft eene vergelijking tusschen de sneeuwgrens en de laagste gletschergrenzen van sommige gebergten.

BERGEN.	Breedte.	Sneeuwgrens. Hoogte.	Temp.	Gletschergrens. Hoogte.	Temp.
Spitsbergen	77°	460 M.	—10°	0 M.	—10°
West-Groenland	72°	900 »	—	0 »	0°
Nova-Zembla	73°	600 »	—11°	0 »	— 7°
Hohe Tauern	47°	2860 »	—3½°	1700 »	—
Zwitserland	47°	2750 »	— 3°	983 »	6¼°
Noord. Himalaya	28°	4800 »	— 3°	3000 »	— 2°
Nieuw-Zeeland	43½°	2300 »	—	210 »	10°

Daar de plaats, waar de gletscher eindigt, afhangt van veranderlijke factoren, is zij ook veranderlijk. Is de toevoer grooter dan de afsmelting, dan daalt het gletschereinde; is de afsmelting grooter dan de toevoer dan stijgt het gletschereinde. De gletscher kan zich dus uitbreiden, maar hij kan ook inkrimpen.

Sinds 1874 zijn er nauwkeurige waarnemingen in den Rhône-gletscher verricht. Deze hebben doen zien, dat in 1880 op een afstand van 400 meter boven het beneden-einde de afsmelting grooter was dan de toevoer. Genoemde gletscher heeft zich dan ook in de laatste 19 jaar meer dan 600 meter teruggetrokken. De beide Grindelwald-gletschers trokken zich van 1865—1869 bijna 400 en 600 meter terug, dat is meer dan 100 meter per jaar.

Intusschen hoe eenvoudig deze lengtewijziging uit klimatologische factoren ook kan worden afgeleid, is er nog veel, dat niet opgehelderd is. Om iets te noemen wijzen we er op, dat soms naburige gletschers zich geheel verschillend gedragen, terwijl toch geen of gering verschil in toevoer en afsmelting kan bemerkt worden.

Men heeft ontdekt, dat de uitbreiding en inkrimping in perioden op elkander volgen. In de Alpen had men bijvoorbeeld

van 1595—1610 uitbreiding,	van 1760—1786 uitbreiding,
van 1677—1681 uitbreiding,	van 1800—1812 inkrimping,
van 1710—1716 uitbreiding,	van 1811—1822 uitbreiding,
van 1750—1767 inkrimping,	van 1850— inkrimping.

De laatste inkrimpingsperiode (sinds 1850) werd ook in Noorwegen en den Kaukasus waargenomen. We staan waarschijnlijk aan het einde van deze periode, want eenige Alpengletschers schuiven hun einde weder dalwaarts.

Naar het standpunt der tegenwoordige wetenschap hangt de lengte van den glet-

scher in de eerste plaats af van de snelheid, waarmede de stroom zich voortbeweegt, en deze is weer afhankelijk van de dikte van het ijs. Uitbreiden en inkrimpen is dus een gevolg van de meer of minder gunstige verhouding tusschen den toevoer van firn en de afsmelting. Deze laatste wordt veroorzaakt door de gemiddelde temperatuur van den zomer, welke echter niet dadelijk op den geheelen ijsstroom werkt. Daardoor komt het, dat zij niet onmiddellijk op de ligging van het gletschereinde werkt. Dit zal zich eerst terugtrekken, wanneer eenige jaren achter elkander de gemiddelde zomertemperatuur hoog is geweest.

Evenzoo is de toevoer van het firnijs niet van directen invloed op de ligging van het gletscher-einde. Is de hoeveelheid gevormde firn in een jaar bijzonder groot, dan zal het geruimen tijd duren, eer deze grootere hoeveelheid, natuurlijk door afsmelting verminderd, aan het ondereinde van den ijsstroom gekomen is en daar meer ijs levert, dan de afsmelting kan verteren. Eerst dan daalt het gletschereinde.

Bij het voortschuiven van het gletschereinde worden de neergelegde steenen ook voortgeschoven. Ligt voor het einde een vruchtbare streek, een bergweide boven op de vroeger neergelegde gruisverzamelingen, dan wordt deze vruchtbare laag door de beweging in elkander geschoven en verwoest.

§ **261. Verbreiding der gletschers.** Alleen daar, waar de gemiddelde jaarlijksche temperatuur onder het vriespunt daalt, kunnen gletschers voorkomen, dus in de poolstreken en op de gebergten. Op deze laatste zijn zij natuurlijk altijd gering van omvang, zoodat we kunnen zeggen, dat gletschers voornamelijk een verschijnsel der poolstreken zijn.

Op het noordelijk halfrond komt naar vertrouwbare schatting een gebied van 3 millioen vierkante kilometer voor, dat met eeuwigdurende sneeuw en ijs bedekt is. Op het zuidelijk halfrond schijnt dit gebied een bijna 5maal zoo groote uitgebreidheid te beslaan.

Welk gedeelte is dit van de aardoppervlakte?

In lager breedte komen gletschers alleen op de hooggebergten voor. In het algemeen is de gletscheruitbreiding van dezelfde wetten afhankelijk als de sneeuwgrens (Zie § 102).

Welke waren die wetten? Ga ze na in de volgende opgaven: In de Alpen bedraagt de uitbreiding der gletschers in Zwitserland 2000 vierk. kilometer, in de Oostenrijksche Centraal-Alpen bijna 1200 vierk. kilometer. De Pyreneën hebben firngletschers aan de noordzijde, de zuidzijde heeft geen gletschers; de Maladetta-gletscher eindigt op 2286 meter hoogte. In Noord-Amerika komen de gletschers voornamelijk in het Cascaden-geb. en den Sierra-Nevada voor. In Azië zijn vooral de Himalaya en de Karakoroem met gletschers bedekt. In Patagonië vinden we ze aan de westzijde.

De grootste ijsstroomen bezitten in Europa de Mont-Blanc, het Berner-Oberland, de Penninische Alpen en de Tyroler Alpen. Dertien ervan hebben eene lengte van meer dan 10 kilometer, en van deze liggen er twee in de Oost-Alpen.

Komt dit overeen met de verbreidingsvoorwaarden?

De zuidelijkste gletscher van Europa komt voor aan de noordzijde van den Sierra-Nevada op eene hoogte van 2900 meter.

In Azië vindt men den grootsten gletscher in den Karakoroem, namelijk een van 58 kilometer lang en 1½ tot 4 kilometer breed. In den Himalaya wordt door vereeniging van twee ijsstroomen een gletscher gevormd van meer dan 100 kilometer lengte.

Het firnijs in den Aequatorialen Andes smelt geregeld af, daar de temperatuur aan de firngrens 1° C. bedraagt. IJsstroomen kunnen daar dus niet gevormd worden.

Het zuidelijk halfrond heeft op gemiddelde breedte alleen gletschers in Patagonië, op de Kerguelen en op het zuidelijk eiland van Nieuw-Zeeland.

Hier dalen de gletschers bijna overal tot de kust af, op Nieuw-Zeeland eindigen ze op omstreeks 200 meter.

Vergelijk de breedte van deze streken met die van Amsterdam, Hamburg, Bordeaux en Lissabon. Stemt dit overeen met de wetten voor de hoogte van de sneeuwgrens? Vergelijk de factoren tot gletschervorming van het noordelijk halfrond met die van het zuidelijk.

§ **262. Poolijs.** Met opzet hebben we de poolgletschers in de vorige opsomming achterwege gelaten, omdat zij niet in alle opzichten overeenkomen met de ijsstroomen van het hooggebergte. In de eerste plaats verdient het opmerking, dat de firnsneeuw zich niet in de dalen van het gebergte ophoopt, maar over uitgestrekte hoogvlakten ligt, ten deele ook de verhevenheden bedekkende. Nordenskiold noemt zoodanige firnvlakten ijszeeën.

Een voorbeeld van een gletschergebied levert ons Groenland met zijne uitgestrekte hooggebergten, die zelfs nabij de kust soms nog eene hoogte van 3000 en meer meter bereiken. Vele poolonderzoekers hebben beproefd in het binnenland door te dringen, maar niemand is het gelukt de hindernissen te overwinnen, die de gekloofde ijsmassa den reizigers biedt; alleen een blik op het binnenland was het sobere loon voor hun ijverig pogen. Naar de berichten van deze reizigers is het binnenland één onafzienbare ijsvlakte, waaruit de gebergten omhoog stijgen. De dalen zijn met ijs gevuld. De ijsmassa zoekt naar alle zijden een uitweg en waar een dal naar zee leidt, dient dit tot gletscherbedding. Naar alle hemelstreken stroomt de massa langs den kortsten weg naar zee. De grootste van al deze gletschers is de Humboldtgletscher tusschen 79° en 80° N.B. aan de kust van de Smithsond. Met eene breedte van ruim 100 kilometer (= afstand van Helder naar Utrecht) schuift daar een ijswand van 100 meter hoogte in zee, hier en daar door loodrechte kloven verdeeld.

Evenals Groenland vertoonen zich Spitsbergen, Frans-Jozefsland en het noorden van Nova-Zembla, ofschoon de ijsstroomen daar natuurlijk niet zulk eene uitgebreidheid bezitten.

Een gelijke verhouding tusschen binnenlandsch ijs en gletschers vinden we in Noorwegen. De ijsvlakte, die de Jostedalsbrä (ten N. van de Sogne-fjord) voedt, heeft eene uitgestrektheid van ongeveer 1350 vierk. kilometer (iets minder dan de provincie Utrecht).

We zien dus, dat bij de poolgletschers eene groote binnenlandsche ijsvlakte de ijsmassa levert.

De poolgletschers stroomen dus slechts voor een zeer klein gedeelte tusschen rotswanden. Het natuurlijk gevolg hiervan is, dat op hunne oppervlakte geen mo-

raines voorkomen. Alleen in de nabijheid van ijsvrije bergen, die boven de vlakte uitsteken, zoogenaamde nunataks, kunnen zij voorkomen. Grondmoraines komen overal voor, maar 't is zeer twijfelachtig, of zij ontstaan door de steenen, die slechts in zoo geringe hoeveelheid op het ijs vallen en er in zinken. Waarschijnlijk worden deze grondmoraines gevormd door het verweeringsproduct uit den tijd, toen het ijs den bodem nog niet bedekte. Een tweede onderscheid tusschen poolgletschers en de berggletschers der gematigde luchtstreek bestaat dus hierin, dat op de eerste geen oppervlaktemoraines voorkomen.

In Noorwegen ligt het gletschereinde gemiddeld op 375 meter koogte; op 67° N.B. reiken de ijsstroomen tot aan de zee, maar noordelijker is dit niet het geval. Daar schuiven de ijsmuren in de zee vooruit. Hierdoor ontstaat weder een groot verschil met de gletschers der gematigde luchtstreek: van uitbreiden en inkrimpen, van een gletscherpoort is in de poollanden geen sprake. Met het bereiken van het water houdt de beweging niet op, maar schuift de ijsmassa in zee voort. Naargelang van de helling van den zeebodem kan dit korter of langer duren, want het einde van den gletscher ligt daar, waar hij niet meer op den vasten bodem steunt. Daar kalft de gletscher (Zie § 119) en vormt ijsbergen.

De hoeveelheid ijsbergen, welke door een gletscher geleverd worden, hangt voornamelijk af van de hoeveelheid neerslag, die uit het binnenland moet verwijderd worden en van de snelheid, waarmede de stroom zich langs de helling der dalen beweegt. Dit laatste staat in verband met de meerdere of mindere steilheid der dalen.

Aan zeer steile kusten geschiedt het kalven juist anders om dan in § 119 is beschreven. Daar mist de ijsmassa plotseling de noodige steun en breekt het einde af. De breuk heeft nu in de richting van boven naar beneden plaats.

Aan de kust breidt de gletscher zich doorgaans uit, zoodra hij niet meer tusschen de wanden van zijn dal beklemd wordt. Reikt dus het dal niet tot de zee, dan kunnen de ijsbergen ook niet hoog zijn, want, wat de gletscher aan uitbreiding wint, heeft hij aan hoogte verloren.

De grootste ijsbergen en gletschers kent men in de Antarctische zee. De ontzettende ijswanden van honderden kilometers lang zijn niet anders dan de einden van in zee voortgeschoven gletschers.

Bedenkt men, dat dit gletscherijs slechts voor $\frac{1}{7}$ van zijn volume boven water uitsteekt, dan begrijpt men, hoe ver een ijsstroom zijn einde wel in zee voort kan stuwen, eer er gevaar voor kalving bestaat.

Hoe hoog kan een ijsberg boven water uitsteken om nog in de Noordzee of in de Oostzee te kunnen drijven?

Het verschil tusschen de poolgletschers en de berggletschers der gematigde luchtstreek bestaat dus:

1e **in de uitgebreidheid der firnvlakte,**

2e **in het voorkomen der moraines,**

3e **in het einde.**

Op kaart XI zijn de voornaamste tegenwoordige gletschers aangegeven, tevens vindt men er de aequatoriaalgrens van het drijfijs. Ten opzichte van deze grens zijn de volgende punten van belang op te merken:

1e Zij ligt in het zuidelijk halfrond dichter bij den aequator dan in het noordelijk.

2e Zij ligt aan de oostkust van den Atlantischen Oceaan veel noordelijker dan aan de westkust.

3e In den Grooten Oceaan is bijna op het noordelijk halfrond geen drijfijs.

Verklaar deze onregelmatigheden en maak eene vergelijking tusschen de poolgletschers en die van 't hooggebergte.

§ **263. Voorwereldlijke gletschers.** We hebben er reeds op gewezen, dat een gletscher genoeg sporen van zijne werkzaamheid achterlaat, om den mensch van zijn vroeger bestaan te overtuigen, al is de gletscher zelf reeds geruimen tijd verdwenen. Deze sporen bestaan in bekraste en gladgeslepen rotsvlakten en in het puin door de moraines achter gelaten. Dit puin is van te grooter waarde, daar men door vergelijking van de daarin vervatte steensoorten kan besluiten tot het punt, waarvan de ijsstroom uitging, terwijl de op de bergvlakten voorkomende krassen de richting aanwijzen, waarin de gletschers zijn voortgeschoven.

Kaart XI geeft eene voorstelling van de verbreiding der gletschers in den ijstijd, dat is tijdens het diluvium. We zien, dat het gletschergebied op alle plaatsen sinds dien tijd aanmerkelijk in omvang is verminderd. Voor ons van meer bijzonder belang is de uitbreiding van de toenmalige gletschers in Europa, omdat daaraan een groot gedeelte van den bodem van ons land (het diluviale gedeelte) zijn ontstaan te danken heeft.

§ **264. Het ontstaan van ons diluvium.** Zooals uit onze kaart XI blijkt, was toentertijd een groot gedeelte van Europa door gletscherijs bedekt. Van het Scandinavische hoogland daalden de gletschers in alle richtingen naar omlaag, gelijk ze nu in Groenland doen. Naar het noorden en noordoosten bewoog de ijsstroom zich naar de Arctische Zee; naar het westen tot over de Orkadische Eilanden; naar het zuiden tot aan den tegenwoordigen mond van den Rijn en van den Theems en tot het Duitsche Middelgebergte. Schotland was zelf een centrum, waaruit gletschers naar alle zijden afstroomden. Zoo was de groote Europeesche vlakte met gletscherijs bedekt, ook ons vaderland. Groote steenblokken werden door dit ijs gedragen; moraines bevonden zich aan de oppervlakte en op den bodem der bedding; bovendien bevatte de grondmoraine eene groote hoeveelheid fijn gewreven

gruis, dat later als zand en diluviale leem op den tertiairen bodem achter bleef.

Thans hebben die gletschers zich voor goed terug getrokken; op sommige plaatsen (in Schotland) zijn zelfs hunne centra geheel verdwenen. Doch wat ze meevoerden, is gebleven op de plaats, waar de gletscher het had geschoven. Zoo vinden we in ons vaderland in de eerste plaats nog groote blokken steen, erratische blokken (van errare = dolen, zwerven) of zwerfblokken. Deze zijn op de oppervlakte van den gletscher hierheen gebracht, want hunne kanten zijn niet rondgeslepen.

Waar treft men in ons vaderland hunnebedden aan?

Verder ontmoeten we in ons diluvium kleinere keien en grint. Deze zijn gedeeltelijk afkomstig van oppervlakte-, voornamelijk van grondmoraines. Dit blijkt hieruit, dat ze meer rondgeslepen zijn. Zelfs vinden we in ons vaderland waarschijnlijk eindmoraines, n.l. den Hondsrug.

De fijnere deelen, die door de wrijving ontstaan zijn, en dus voornamelijk aan de grondmoraines hun oorsprong te danken hebben, vormden de uitgestrekte zand- en leemlagen. Leem komt in ons diluvium op vele plaatsen voor; in Groningen, Drente, Overijsel, Gelderland, Noord-Brabant en Limburg levert het de grondstof voor tal van steenbakkerijen.

Deze leem breidt zich over een groot gedeelte van Middel-Europa uit, van Esthland tot Nederland, van Zuid-Zweden tot aan het Ertsgebergte.

Daar de terugtrekking der gletschers langzamerhand en ongelijkmatig geschiedde, ontstonden er op verschillende plaatsen eindmoraines, waarin zich het steengruis der oppervlakte met dat der grondmoraines vermengde. Zoo ontstonden de verschillende hoogten, die den Noord-Duitschen landrug vormen, zoo ontstonden de Lunenburgerheide en de Fläming.

Eindelijk hadden de gletschers zich tot de dalen van Scandinavië teruggetrokken. Daarna schijnt een stilstand in de achterwaartsche beweging gekomen te zijn, zoodat aan den ingang van die dalen groote eindmoraines ontstonden, die bij verdere inkrimping van den gletscher dwarsdammen in het dal vormden, welke daar de aanleiding werden tot het ontstaan van bergmeren.

Vergelijk hiermede de soortgelijke afdamming, waarvan bij het Loch Ewe gesproken is. Zoek eenige van die meren op de kaart op.

Voor nog korten tijd werd ons diluvium algemeen gehouden voor een product, dat door ijsbergen hier aangevoerd was. Deze ijsbergen zouden van het Scandinavisch gletschergebied naar de tertiaire kust van Europa zijn gedreven, daar gesmolten zijn en er den medegevoerden last hebben laten zinken. Deze theorie is onhoudbaar gebleken en wel om de volgende redenen:

1. Om groote steenen te vervoeren moeten de ijsbergen natuurlijk zeer groot zijn. Soort. gew. van gletscherijs 0,9; dus voor een steen van 1 millioen KG. moet de ijsberg 10000 M^3 in het water zinken.

2. De zee was niet diep genoeg om een ijsberg van eenigen omvang dicht aan de kust te laten naderen. De theorie moest daarom verdedigd worden met het stellen van hypothesen omtrent later rijzen van den bodem.

3. IJsbergen voeren nooit anders dan niet afgeronde steenen aan, ons diluvium kent meest wel afgeronde en glad geslepene. Daar de grondmoraine niet door den ijsberg medegevoerd wordt, kan er geen leem ontstaan. Ook worden op die wijze nooit gesteenten van den bodem zelf met het puin vermengd.

4. De flora en fauna van ons diluvium is een land- of zoetwaterproduct en kan dus niet in zeewater zijn ontstaan.

Dat men zoolang nog de ijsberg-theorie aankleefde, komt voornamelijk hierdoor, dat de oorspronkelijke bodem onder het diluvium zoo moeilijk te onderzoeken is.

§ **265. Voormalige gletschers in de Alpen.** We zullen de uitbreiding van de voormalige gletschers niet overal nagaan, maar willen toch nog wijzen op de uitbreiding in de Zwitsersche Alpen. Geheel Zwitserland was onder gletscherijs bedolven. De Rhône-gletscher vulde niet alleen het geheele Rhône-dal, maar strekte zich langs de oosthelling van den Jura tot Bazel uit. De Rijn-gletscher bedekte de landstreek tusschen Zürich en de Allgauer Alpen. Daartusschen vulden de Aar- en de Reusgletscher de ruimte aan. Ook naar het zuiden was de uitbreiding grooter. Daarvan getuigen de vele bergruggen, die de bovendalen der tegenwoordige rivieren omsluiten en die niets anders zijn dan oude eindmoraines. Zoo zijn het bovendal van de Dora Riparia en van de Dora Baltea vroegere meren, waarin de eindmoraines van voormalige gletschers het water tegenhielden. Aan het beneden-einde van het meer van Orta, van het Lago Maggiore, van het meer van Lugano en van Como vindt men eveneens moraine-landschappen.

STROOMENDE WATEREN.

§ **266. Waterstand.** Bronnen, neerslag en gletschers, voor zoo verre deze laatste niet tot aan de kust afdalen, leveren het water voor de menigte rivieren, die op onzen aardbodem voorkomen. Naar haar meer of minderen waterrijkdom onderscheidt men *beken* en *rivieren* of *stroomen*, maar deze verdeeling berust op zeer willekeurige grondslagen. Het water wordt in beweging gebracht door de zwaartekracht; het doel van de beweging is de oceaan, maar niet alle rivieren bereiken dien.

Welke rivieren kent ge, die haar water niet tot in den oceaan brengen? Hoe heet men zulke? In welke streken komen zij voor? Hoe komt het, dat de Nijl wel door de woestijn stroomt, zonder te verdrogen, even als de Tigris en de Euphraat? Waar blijft het water van die rivieren, die niet in den oceaan of in een van zijne deelen uitmonden.

In streken, waar de neerslag in alle jaargetijden valt, hangt de hoeveelheid water in de rivieren meer van lócale omstandigheden dan van den neerslag af. Bij ons te lande voeren de rivieren in den winter meer water mede, dan in den zomer. De hooge waterstand is het gevolg van den aanmerkelijken regenval in dat gedeelte van het jaar. De verhouding tusschen de grootste en de kleinste hoeveelheid water,

door den Rijn voorbij Lobit gevoerd, is 6,6 : 1. Bij de Maas is die verhouding veel ongunstiger, bij Metz bedraagt zij 98 : 1, bij Maastricht 44 : 1, bij Grave 40 : 1.

Door dit groote verschil in hoeveelheid dreigt het oeverland in tijd van hoog water te overstroomen. Daartegen heeft de bewoner natuurlijk zijn maatregelen genomen. Het eenvoudigste middel is wel, dat men voor de rivier een winterbed heeft aangelegd. Men plaatst namelijk de groote rivierdijken op aanmerkelijken afstand van elkander, zoodat de watermassa eene breede bedding vindt, waarin zij zich kan voort bewegen. In tijd van waterarmoede ligt een groot gedeelte van deze winterbedding droog. Daarom heeft men in dit bed de rivier gedurende dien tijd in eene diepere geul gedrongen, welke door lagere kaden begrensd wordt. Deze kaden noemt men zomerkaden, de geul het zomerbed. Tusschen de zomerkade en den winterdijk liggen de zoogenaamde uiterwaarden, vruchtbare weilanden, die des winters overstroomd en door eene vruchtbare laag slib bemest worden.

Een tweede middel om een overstrooming tegen te gaan bestaat hierin, dat men de rivier bij hoogen waterstand een tweede bedding verschaft. Dit treffen we aan bij de Maas. Bij Kuik neemt men in dat geval een gedeelte van den linkerdijk weg en geeft het water gelegenheid om tusschen den hoogeren grond van Noord-Brabant en de zuidelijke dijken van de polders langs den linkeroever, naar de Dieze of naar den Amer te stroomen.

Natuurlijk kunnen dergelijke middelen alleen aangewend worden in de laagvlakte, waar de bodem gelijk met of dikwijls beneden den gemiddelden rivierstand ligt.

Wanneer men de verhoudingen bij Maas en Rijn met elkander vergelijkt, dan treft ons het groote verschil. Dit ontstaat hierdoor, dat bij den Rijn eenige factoren bestaan, die de verschillen in waterstand trachten uit te wisschen. In de eerste plaats noemen wij het voorkomen van meren. Deze werken als regulatoren. In den tijd van hoogen waterstand nemen zij eene groote hoeveelheid water op, om die, als de toevoer vermindert, langzaam af te geven. Zoo kan men het verklaren, dat de genoemde verhouding bij Rheineck 70 : 1, bij Bazel 40 : 1 is. In de tweede plaats is de Rijn een rivier, die door een groot stroomgebied gevoed wordt, en wel een, dat zich van het zuiden naar het noorden uitstrekt over eene aanzienlijke lengte. Het sneeuwdek van het hooggebergte begint in het voorjaar te smelten. De noordelijke zijrivieren voeren den meerderen neerslag reeds in Februari in het mondingsgebied; in Juli smelt de grootste hoeveelheid sneeuw in de Alpen. Deze laatste beletten dus, dat de watermassa zeer gering wordt. Den hoogsten stand bereikt de Rijn beneden Constanz in Juli, beneden Bingen reeds in Februari.

In de Tropische en Subtropische streken bereiken de rivieren haren hoogsten stand tijdens het natte jaargetijde.

Ga de verdeeling van den neerslag in de Tropische en Subtropische streken nog eens na, zie daarbij kaart X.

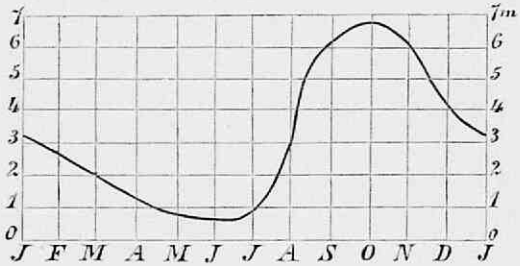
Zoo zijn de rivieren van Spanje in het voorjaar bruisende stroomen, maar in het overige gedeelte van het jaar lijden zelfs de grootste, zooals de Taag en de Duero

aan watergebrek, alleen de Guadalquivir heeft het geheele jaar eene voldoende hoeveelheid water; dit wordt veroorzaakt door haar oorsprong op het hoog gebergte.

Onze kaarten geven in dit opzicht dan ook een zeer foutieve voorstelling van den waterrijkdom van het Middellandsche-Zeegebied. Ten zuiden van 40° N.B. wordt het getal periodieke rivieren voortdurend grooter, dat der altijd waterhoudende voortdurend geringer.

Ook de meeste rivieren van Sicilië zijn gedurende den zomer droog. In de tropische gewesten zijn de verschillen in waterstand zeer groot, aangezien daar de regentijd samenvalt met den hoogsten stand van de zon en dus met het smelten van de sneeuw op het gebergte. Als voorbeeld van de groote afwisseling geven we eene graphische voorstelling van den waterstand van den Nijl (Zie fig. 62). In Juli bereikt het water zijn laagste punt. In October zijn hoogste. Het wassen tusschen Juli en October heeft zeer snel plaats, het dalen gaat eerst snel, dan langzamer. Dat het onderscheid niet nog veel grooter is, heeft men voornamelijk aan twee oorzaken te danken. In de eerste plaats ligt het bronnengebied onder den aequator, waar het geheele jaar door regen valt; in de tweede plaats bevinden zich daar groote meren, die als regulatoren dienen.

Fig. 62.



Graphische voorstelling van den waterstand van den Nijl.

Door dit groote verschil in waterstand wordt een groot gedeelte van het Nijldal onder water gezet. Om ongewenschte overstroomingen te voorkomen, heeft men hier niet de rivier door dijken ingesloten, maar de dorpen door dijken omringd, zoodat in October geheel Egypte een meer gelijkt, waarin de dorpen als zoovele eilanden boven den waterspiegel uitsteken. Dan worden alle landerijen met een vruchtbaar laagje slib bedekt, dan worden ook de producten per vaartuig naar hunne bestemming vervoerd. Natuurlijk hangt het van de hoogte van den waterstand af, of de akkers, die tegen de helling van het dal gelegen zijn, besproeid worden. Blijft de waterstand laag dan missen deze akkers de vruchtbare slib en volgt er een slechte oogst.

Van toevallige omstandigheden hangt het dikwijls af, of eene tropische rivier al dan niet een groot verschil in waterstand in de verschillende tijden van het jaar bezit. Bij den Ganges is het verschil daarom minder groot, omdat hij gevoed wordt door de gletschers van den Himalaya, aan welks zuidelijke helling door den antipassaat altijd regen valt.

Ga dit nog eens na.

De Amazone heeft ook nooit gebrek aan water. In de eerste plaats ligt de hoofd-

rivier zelf in de streek van den aequatoriaalregen, maar bovendien ontvangt zij bijstroomen van het noorden en het zuiden.

Welke?

Geven de linkerzijrivieren weinig water, dan zijn de rechterzijrivieren het waterrijkst. De Congo verkeert in dergelijke omstandigheden. De rivieren van Australië zijn bekend om haar afwisselenden waterstand. Die, welke geheel verdrogen heeten daar creeks, in Zuid-Europa noemt men ze fiumaren of wadi's. De laatste naam is ook gebruikelijk in het Atlas-gebied.

§ 267. Invloed van het woud op het verschil in waterstand. Doorgaans wordt groot verschil in waterstand van eene rivier bevorderd door de boomloosheid van zijn stroomgebied. In de Loire bij Briaire (ten Z. O. van Orleans) verhoudt zich de grootste tot de kleinste watermassa als 300 : 1. De voortdurende ontwouding van het bronnengebied heeft dit groote verschil te voorschijn geroepen. De verklaring is gemakkelijk te geven. De bodem, waarop het woud staat, neemt meer water op, dan het vrije veld. Daardoor wordt de massa, die oppervlakkig afvloeit, geringer en de hoeveelheid grondwater, dat de bronnen voedt, grooter. Bij aanhoudenden stortregen zal dus in een woudgebied een grooter gedeelte van den neerslag worden teruggehouden, dan in eene boomlooze streek, waar door den vermeerderden toevoer het water in de rivier onrustbarend wast. Houdt de regen op, dan daalt de waterspiegel in de laatste streek snel, want de hoeveelheid grondwater is weinig vermeerderd en de bronnen geven dus weinig. In een woudgebied echter zijn de bronnen dan rijkelijk voorzien en schenken overvloedig water aan de rivier. Het woud werkt dus als een regulator.

Echter is deze werking van het woud niet boven allen twijfel verheven. In het zuiden van Frankrijk schijnt de ontwouding het aantal overstroomingen vermeerderd te hebben. Of de maximum-hoogte van den Rijn in ons vaderland verhoogd is door het vellen van de bosschen in het Zwarte Woud, is nog lang niet zeker, ofschoon wel zoo iets blijkt uit de volgende tabel:

Rivierstand te	1772—1780.			1851—1860.			1861—1870.			1871—1880.		
	Hoogste	Gemid.	Laagste	Hoogste	Gemid.	Laagste	Hoogste	Gemid.	Laagste	Hoogste	Gemid.	Laagste
Pannerden . . .	14,00	10,45	8,87	14.97	10 52	7,78	15,11	9,96	7,48	14,63	10,40	8,04
Arnhem	12,77	9,28	7.70	13,73	8.98	6,42	13,42	8,53	6,47	13,14	9,04	7,00
Keulen.	43,91	38.34	36,82	43,38	38,80	35,94	44,27	38,28	36,03	44,61	38,83	36,28

Zooals men ziet zijn de verschillen tusschen den hoogsten en den laagsten stand in honderd jaren tijds iets grooter geworden. Maar men moet niet vergeten, dat in het tijdvak van 1772—1780 wel toevallige oorzaken kunnen gewerkt hebben.

Daar echter volgens waarnemingen de tegenwoordige uitbreiding van het woud in Midden-, Zuid- en West-Duitschland vrijwel overeenkomt met die in de 13de en de 14de eeuw, kan men moeielijk de meerdere overstroomingen in het Rijngebied aan

ontwouding toeschrijven; zoo er althans meerdere overstroomingen plaats hebben, wat door sommigen ontkend wordt. In elk geval heeft de vermindering van het woud in Grauwbunderland (hier wordt in vergelijking ongeveer 10 maal zooveel hout geveld als in Duitschland) geen invloed op den waterstand van den Beneden-Rijn, want ten tijde dat wij overstroomingen duchten, geven de Zwitsersche rivieren een minimum van water.

§ **268. Hoeveelheid water der rivieren.** De hoeveelheid water door een zelfde rivier gedurende een geheel jaar afgevoerd, hangt natuurlijk af van het bedrag van den neerslag in het stroomgebied en van de verdamping. Daardoor wisselt zij sterk af in streken, waar de regen zeer onregelmatig valt. De Wadi's in de Sahara vertoonen zich soms enkele uren als bruisende stroomen, om daarna weder dagen en maanden droog te liggen. Evenzoo is het in het binnenland van Australië gesteld. De creeks bestaan doorgaans uit een rij poelen, die alleen na zware regenbuien in eene samenhangende rivier veranderen. Ten gevolge van de ongelijkheid in den neerslag moet dus ook de jaarlijksche hoeveelheid water in de rivier zeer verschillend zijn. In 1870 vormden de Murray en de Darling groote stroomen, die op sommige plaatsen eene ontzettende breedte hadden; maanden lang duurde het, eer zij weder binnen hare oevers waren teruggeweken, maar daarop volgden droge jaren en nu waren verschillende zijrivieren niet eens in staat de minste schatting aan de hoofdrivier te leveren.

Om eenigszins een denkbeeld te geven van de hoeveelheid water, die eene rivier kan leveren, dienen de volgende opgaven van het v e r m o g e n d. i. de watermassa, die in eene seconde voorbij eene plaats wordt gevoerd, van

den Rijn	bij Lobit	bij 1 meter onder gem. rivierstand	1750 M³
" "	" "	gem. rivierstand . . .	2330 "
" "	" "	1 meter boven gem. rivierstand	3700 "
" "	" "	2 " " " " .	4600 "
" "	" "	3 " " " " .	7000 "
de Maas	bij Grave	bij gem. rivierstand . . .	125 "
" "	" "	lagen "	60 "
" "	" "	hoogen "	2400 "
de Donau	bij Weenen	bij hoogen "	7000 "
" "	" "	gem. "	2000 "

In gewone gevallen neemt de watermassa van de bron tot den mond toe; echter niet altijd. Soms spoedt zich eene rivier door eene streek, waar de verdamping en het waterverlies in den bodem grooter zijn dan de toevoer door neerslag of door zijrivieren. Daardoor kan zelfs de gansche watervoorraad opgeteerd worden; dit geschiedt bij de steppenrivieren (Hilmend, Tarim, Serafsjan). Bij andere wordt de watermassa aanmerkelijk verminderd (Nijl).

§ **269. Poorten en IJsbanken.** Overstroomingen worden niet altijd ver-

oorzaakt door hevigen regenval of plotseling smelten der sneeuw; zij kunnen ook het gevolg zijn van den orographischen vorm van het rivierbed en van de richting van den stroom.

Soms komen in het rivierbed hier en daar engten voor, waar het water in zijne beweging door dicht aan den oever dringende gebergten wordt belemmerd. Zoodanige engten noemt men poorten.

Zoek op den atlas, door welke poorten de Donau gaat, door welke de Rijn, de Dnjepr, de Rhône, enz.

Zulke poorten zijn voor het spoedig wegvloeien van eene groote watermassa gewichtige belemmeringen. De overstrooming van Szegedin in Maart 1879 was een gevolg van opstuwing van het Donauwater in de Poort van Orsova.

Loopt eene rivier in de richting van den aequator naar de pool, dan kan het gebeuren, dat het ijsdek, hetwelk haar in den winter bedekt, in het bovengedeelte reeds is verbroken, als het in het mondingsgebied nog een samenhangend geheel vormt. Door den toevloed van ijs in dit laatste, zonder dat er gelegenheid voor doorstroomen naar zee bestaat, zetten zich dan ijsbanken dwars in de rivier vast, die vaak eene groote dikte hebben. Ze belemmeren den geregelden afvoer van het water en zijn vaak oorzaak van overstroomingen.

§ 270. Beweging van het rivierwater. De snelheid van het water hangt van verschillende omstandigheden af en wel als volgt:

1° Zij wordt grooter bij toenemend verval en geringer als het verval minder wordt;

2° zij groeit aan en neemt af met de watermassa: hoe meer water er wordt geleverd, hoe meer er moet worden weggevoerd;

3° zij vermindert bij verwijding, maar vermeerdert bij vernauwing van de bedding;

4° zij wordt tegengewerkt door de wrijving van den bodem, van de wanden der bedding en van den atmospheer.

Aangezien nu het verval langs de bedding niet overal even groot is, zal ook de snelheid verschillend zijn. Van Bazel tot Kehl (tegenover Straatsburg) bedraagt het verval van den Rijn op 135 kilometer 105 meter; van Kehl tot Bingen op een afstand van 255 kilometer slechts 63 meter. Bij gemiddelden rivierstand heeft de Rijn beneden Bazel zijne grootste snelheid te Alt-Breisach, namelijk 2,87 meter per sec. In ons land heeft de rivier van Pannerden tot Arnhem een verval van 127 millimeter per kilometer; lager wordt dit geringer. De snelheid bedraagt daar 1,18 meter per sec.; bij hoog water kan deze tot 2 meter stijgen. Bij Bazel kan de snelheid tot 4,16 meter stijgen.

Daar langs elke plaats bij overigens gelijke omstandigheden eene zelfde hoeveelheid water in denzelfden tijd moet stroomen, is het natuurlijk, dat de rivier in snelheid

en hoogte zal moeten winnen, wat zij aan breedte der bedding verliest. Wordt dus door vooruitspringende steile oevers de bedding vernauwd, dan zal de stand van het water hooger worden en de stroomsnelheid vermeerderen.

Door de wrijving is de snelheid altijd iets geringer dan uit de helling der bedding zou moeten volgen.

Is de snelheid van het water in het algemeen geringer, naarmate men den mond van den stroom nadert, ook in eene verticale, dwarse doorsnede is de snelheid van de waterdeeltjes niet overal even groot. Het snelst stroomende waterdeeltje ligt op geringen afstand onder het midden van de oppervlakte. Deze geringe afstand is grooter naarmate de stroom dieper, kleiner naarmate de stroom breeder is. Van dit punt uit neemt de snelheid naar alle richtingen af. De grootste snelheid aan de oppervlakte ligt bij een volkomen regelmatige bedding in het midden; maar aangezien geen rivier zoo regelmatig gebouwd is, komen hier altijd afwijkingen van voor. Vereenigt men de punten aan de oppervlakte, die de grootste snelheid bezitten, dan verkrijgt men de **stroomlijn**. Onder deze bevindt zich het diepste gedeelte der bedding, de **stroomgeul**.

Ten gevolge van het verschil in snelheid der verschillende waterdeeltjes van eene dwarse rivierdoorsnede, is de oppervlakte der stroomen niet horizontaal. Bij was wordt aan het midden meer water toegevoerd, dan aan de zijden en daardoor zal de oppervlakte bol zijn. Bij val daarentegen wordt in het midden meer water afgevoerd en zal zij hol wezen. Bij de Mississippi bedraagt het verschil soms 2 meter.

§ 271. **Werkzaamheid van 't stroomende water.** Deze werkzaamheid uit zich op drieërlei wijzen; in de eerste plaats toch knaagt het water voortdurend aan den oever en aan den bodem van zijne bedding; in de tweede plaats voert het de producten van verweering en afknaging of uitwassching mede; in de derde plaats legt het die neder, waar zijn stroomsnelheid te gering wordt, om ze verder te vervoeren.

Tot vergrooting van zijn bed door uitholling van den bodem en afschuring van de wanden is reeds de mechanische kracht van stroomend water alleen voldoende, maar bovendien bezit het in een groot aantal medegevoerde steenbrokken, ja zelfs in het fijne slib werktuigen, die bij het uitslijpen grooten dienst bewijzen. Waar de stroomsnelheid groot genoeg is, om het bezinken van stoffen te beletten, wordt een rivierbed altijd uitgehold en dus voortdurend dieper gelegd.

Groot is de hoeveelheid vaste stof, die door het stroomende water verplaatst wordt, deels in opgelosten toestand, deels mechanisch medegevoerd, gedragen of gerold. Bij Germersheim (boven Mannheim) bij eene gemiddelde watermassa van 1200 kub. meter per sec. brengt de Rijn op elken kilometer ongeveer 1 millioen kub. meter steen in beweging en voert die per jaar 275 meter stroomafwaarts. Genoemde rivier voert jaarlijks ongeveer 12 millioen kub. meter slib over onze grenzen.

De Elbe bevat bij Lobositz (beneden den mond van de Eger) op 1 M^3 water nagenoeg 200 gram vaste stof. In 1866 werd het gewicht dier stoffen daar over het geheele jaar op 1170 mill. KG. gerekend. De Reus zet aan haar mond in het Lucernermeer jaarlijks 150000 $M.^3$ sedimenten af. Iedere vierkante kilometer van haar gebied verliest daardoor per jaar ruim 200 kub. meter, waardoor het geheele gebied in ruim 4 jaar 1 millimeter moet dalen, aangenomen dat de afneming gelijkmatig verdeeld ware. De Theems voert jaarlijks ruim 50000 kub. meter sedimenten in zee; de Mississippi ruim 40 millioen M^3; de Ganges bijna twee maal zoo veel.

Bij de stroomen is de hoeveelheid vaste stof, welke medegevoerd wordt, niet even groot. Ze zullen dus ook hun gebied niet in dezelfde mate verlagen. Een millimeter zal Engeland in hoogte verloren hebben na $42\frac{1}{2}$ jaar, het Po-gebied na 2,4 jaar, het Hoangho-gebied na 4,6 jaar, het Rhône-gebied na 5,1 jaar, het Ganges-gebied na 7,9 jaar, het gebied van den Jantse-kiang na 12,5 jaar, het Mississippi-gebied na 20,1 jaar, het Donaugebied na 23 jaar, het Theems-gebied na 32,2 jaar en het La-Plata-gebied na bijna 100 jaar. Na $5\frac{1}{2}$ millioen jaar zal door verweering en uitwassching het Britsche rijk eene vlakte zijn in het oppervlak der zee.

Waar we dergelijke berekeningen ontmoeten, willen we gaarne gelooven, dat de centrale groepen in de Alpen vroeger misschien wel 2000 meter hooger geweest zijn dan thans.

Beschouwen wij de rivieren, dan zeggen we, dat aan de vernieling van den bodem met snelheid en kracht wordt gewerkt; beschouwen we de trotsche berggevaarten, die niettegenstaande dat nog fier hunne kruinen in de wolken verheffen, dan zeggen we: de vernieling gaat langzaam. Maar in beide gevallen komen we tot het besluit, dat zij onafgebroken en zeker werkt.

§ **272. Bezinking der medegevoerde stoffen.** Even als het water op tweeërlei wijzen de vaste stoffen medevoert, moeten wij bij het afzetten onderscheid maken tusschen de opgeloste bestanddeelen en die welke voortgerold of voortgedragen zijn. De chemisch opgenomen stoffen zijn voornamelijk koolzure en zwavelzure kalk, een weinig koolzure magnesia en zout. Zij maken, wel is waar, niet meer dan ongeveer $\frac{1}{6000}$ gedeelte van de watermassa uit, maar kunnen na verloop van tijd een aanmerkelijke hoeveelheid vormen. Een gedeelte dezer stoffen wordt bij hoog water in het overstroomingsgebied afgezet, maar verreweg het meeste wordt naar den oceaan of naar een van zijne onderdeelen gevoerd.

Steppenrivieren monden uit in meren of moerassen, die zout water bevatten. Waarom? Zie § 211.

De oceaan ontleent daaraan zijn zoutgehalte en zou veel meer opgeloste kalkdeelen bevatten, indien de oceanische dierenwereld daar niet voor zorgde, zooals we later zullen zien.

Ten opzichte van de mechanisch medegevoerde stoffen heeft eene soort van zifting

plaats. De afstand toch, waarover een stuk steen wordt medegevoerd, hangt af van de grootte van het fragment in verband met de draagkracht van het water, die weder berust op de snelheid van den stroom.

Men heeft beproefd, de transportkracht of stootkracht van het water te bepalen, en gevonden, dat de sedimentdeelen in het algemeen eerst bij de volgende snelheden onbewegelijk op den bodem blijven liggen:

fijn slib	.	bij eene snelheid van	0,08	M.	per sec.
fijn zand	.	" " "	0,16	"	"
grof en hoekig zand	.	" " "	0,21	"	"
afgeronde keisteentjes van 2—3 cM. middell.	.	" " "	0,64	"	"
hoekige, grootere keien	.	" " "	1,00	"	"

Groote rotsfragmenten kunnen alleen in bijzondere gevallen medegevoerd worden. Zoo rolt de Linth bij hoog water rotsblokken van ongeveer 50 KG. zwaarte voort. Maar deze grove stukken komen niet in de vlakte, zij blijven in het gebergte liggen, zoodra de bergstroom in een dal van flauwer helling treedt. Intusschen kan de massa medegevoerde steenblokken zeer aanzienlijk zijn. Wanneer de Durance, die zich bij Avignon in de Rhône stort, door het smelten der sneeuw in het voorjaar sterk gezwollen is, dan voert zij zeer veel rotsblokken mede. Op de plaats, waar zij door de nauwe kloof van la Bessée stroomt, ziet men dan in het geheel geen water maar enkel steenen, die door en over elkander rollen en buitelen. Daarbij vermalen ze elkander tot fijn gruis en slaan zooveel vonken, dat zij 's avonds den indruk geven, als stond de rivier in brand. Dat de Durance veel steenblokken medevoert, kunnen we trouwens zeer duidelijk zien in de steenige vlakte de la Crau, ten Z.O. van Arles.

Verder de rivier af worden keien, zand en slib gevoerd. De eerste worden spoedig slechts langs den bodem voortgerold; het tweede wordt langer zwevende gehouden, maar bezinkt vervolgens, welk lot ten slotte ook een groot gedeelte van het slib ondergaat.

Overal, waar door locale omstandigheden de stroomsnelheid van het water verminderd wordt, ontstaan banken van sedimenten. Is het verval en dus ook de snelheid groot, dan zal een bank gevormd worden, waar de watermassa op een vast punt stuit, dus boven eilanden of rotsen in de rivier of boven de vooruitspringende punten van den oever. Beneden zulke eilanden en beneden zulke vaste punten zal de stroomsnelheid ook geringer zijn en dus ook een bank gevormd worden. Waar het rivierbed zich plotseling verbreedt, ontstaat ook eene vermindering van snelheid en heeft eene afzetting van het medegevoerde materiaal plaats. Dit gebeurt ten eerste daar, waar de rivier zich tot een meer verwijdt, zooals de Rijn in het Meer van Constanz, de Rhône in het Meer van Genève, de Aar in het Thüner- en Brienzermeer, de Ticino in het Lago Maggiore, de Adda in het Comomeer, enz. In zulk

een meer laat de rivier een groot gedeelte van de medegevoerde stoffen bezinken, die dienen om het bekken te vullen. Het Meer van Constanz is reeds gevuld van Sarganz tot Rheineck; het Meer van Genève beneden St. Maurice; het Lago Maggiore beneden Bellinzona. Daar de Adda van terzijde in het Comomeer mondt, is dit in twee deelen gescheiden. Maar niet alleen oefent de rivier invloed uit op het meer, dit laatste werkt weder terug op de rivier. Als de stroom het meer aan het benedeneinde verlaat, heeft hij bijna alle medegevoerde stoffen achter gelaten: zijn water is helder en klaar. Zoo is de Rhône bij Lyon een heldere rivier, als de Saône er zijn troebel water mede vermengt. **Een meer werkt dus op eene rivier als een zuiveringsbekken.**

Is deze zuiverende werkzaamheid ten voordeele of ten nadeele van het meer? Welken invloed heeft zij op de diepte, welke op de uitgestrektheid? Wat zal 't lot van het meer zijn?

Rivieren, die niet meer door meren stroomen, maar ze alle in vruchtbare vlakten hebben veranderd, hebben een ontwikkelden loop; de overige een onontwikkelden loop. Zoek van beide eenige voorbeelden.

Ten tweede ontstaat verbreeding van het rivierbed, als de stroom zijne oeverlanden onder water zet. Op die landen bezinkt dan het vruchtbare slib.

Denk aan Egypte en aan de uiterwaarden.

Stort zich een zijrivier met grooter verval in de hoofdrivier, dan zal daar ter plaatse een vermindering der snelheid ontstaan, waardoor een groot gedeelte van het materiaal, dat door de zijrivier is medegevoerd, moet blijven liggen. Het bezinksel wordt aan den bovenhoek van den mond der zijrivier nedergelegd en daardoor deze mond stroomafwaarts verschoven; hoe meer aanwas, hoe grooter de verschuiving is. De zijrivieren van de Po vertoonen dit proces op de duidelijkste wijze. Bij de laatste (de Etsch) is de verschuiving ten slotte zoo groot geworden, dat zij als zelfstandige rivier in de Adriatische Zee uitmondt. Ook vindt men duidelijke voorbeelden van afzetting door zijrivieren bij de Lütschine, die het Bödeli, dat is de alluviale vlakte tusschen Thüner- en Brienzer meer, vormde; bij de March, die het steenige Marchveld schiep, enz.

In tropische gewesten kan ook de plantengroei aanleiding geven tot het ontstaan van eilanden. Stroomt de rivier door een woudgebied, dan worden er eene menigte boomen door haar ondermijnd, opgevangen en medegevoerd. Wegens het grooter soortelijk gewicht drijven de wortels steeds naar omlaag en wanneer nu door den overvloed der plantendeelen een belemmering in de voorwaartsche beweging der drijvende massa ontstaat, groeien de wortels gemakkelijk in den bodem vast en vormen een vast punt, waartegen en waarachter bezinking plaats heeft. In andere gevallen werkt de plantengroei door de bezonken vruchtbare deelen met de wortels stevig aan elkander te verbinden.

Waren dit alle bezinkingen tengevolge van locale verminderingen in de stroomsnelheid, bij elke rivier neemt die snelheid toch naar den mond af en zullen dus de medegevoerde stoffen voor een goed gedeelte in den benedenloop van de rivier bezinken. Daar-

door ontstaan dus in elk stroomend water zandbanken. De ligging van deze is zeer opmerkenswaard, namelijk beurtelings te rechter- en te linkerzijde van den stroom, zooals nevensstaande figuur aanwijst. De oorzaak van dit verschijnsel is gelegen in de afwijkingen, die de stroomlijn langzamerhand in hare richting ondergaat. Zooals we gezegd hebben bevond zich deze lijn ongeveer in het midden der rivier. Maar door bijzondere omstandigheden wordt de richting ervan gewijzigd en dan loopt zij niet meer evenwijdig met de oevers. Zij zal dan den eenen oever bij *a* en *a'* naderen, zoodat het water daar aanmerkelijk sneller stroomt, dan op de punten *b* en *b'*. Tegen den oever bij *a* wordt de snellere stroom teruggekaatst en bereikt den tegenoverliggenden oever bij *c*. Door deze terugkaatsing van den snelsten stroom slingert de stroomlijn van den eenen naar den anderen oever. De snelheid langs denzelfden oever wordt daardoor zeer verschillend: bij *a* en *a'* is zij grooter dan bij *d*; bij *c* grooter dan bij *b* en *b'*. Stoffen, die dus bij *a*, *a'* en *c* nog medegevoerd worden, kunnen bij *b*, *b'* en *d* bezinken. Daardoor ontstaan dus zandbanken, die beurtelings aan den rechter- en aan den linkeroever gelegen zijn. Tusschen deze banken en onder de stroomlijn, bevindt zich de stroomgeul.

Fig. 63.



Zandbanken in eene rivier.

Aan de bovenzijde van elke zandbank schuurt het water, terwijl aan de benedenzijde, achter de bank, de stroomsnelheid zeer gering is, daar is een zoogenaamd dood punt. Hierdoor neemt de bank aan de bovenzijde onophoudelijk af, maar groeit aan de benedenzijde aan. De banken in de rivier verplaatsen zich dus langzamerhand stroomafwaarts. Bij Germersheim liggen ze aan denzelfden oever 2000 meter van elkaar; men heeft berekend, dat in ruim zeven jaar de voorgaande op de plaats van de volgende zal gekomen zijn.

Zoo ge aan een rivier woont, verzuim dan niet den loop van de stroomgeul te zoeken.

De bijzondere omstandigheden, waarvan boven sprake was, en waardoor de stroomlijn in hare richting gewijzigd wordt, zijn zoovele, dat er geen rivier bestaat, waar deze wijziging niet reeds bij den aanvang plaats heeft. Een voortuitstekend punt in een der oevers, een kleine onregelmatigheid in den bodem, een bocht in het dal, het inmonden van eene zijrivier, waardoor eene kracht van ter zijde werkt, een drijvende boom, die hier of daar blijft vastzitten, al deze zaken geven eene gewijzigde richting aan het water. Is eenmaal de geringste afleiding aanwezig dan wordt die onophoudelijk vergroot, en wel op de volgende wijze. Ten gevolge van de gewijzigde richting der stroomlijn werkt het water op de verschillende deelen van den oever niet meer met dezelfde kracht; bij *a*, *a'* en *c* zal het de kanten ondermijnen en afslijpen, bij *b*, *b'* en *d* daarentegen wordt het bezinksel nedergelegd.

Daardoor zal bij de eerstgenoemde punten eene uitholling, bij de laatstgenoemde een aanwas van den oever ontstaan, waardoor de afleiding van de stroomlijn weder vergroot wordt. Daar, waar de rivier tusschen zeer vaste oevers stroomt, dus in het gebergte, zal deze oeververandering gering zijn; daar, waar de oever uit los materiaal bestaat, zal zij grooter wezen.

De stoffen, die door de rivier in zee worden gevoerd, bezinken daar en vormen de litorale bodembedekking (Zie § 112). Vaak werpt de golfslag of een langs de kust gaande stroom de stoffen weder tegen de landmassa aan.

Zoek hiervan voorbeelden in ons vaderland.

§ **273. Rivierloop.** De werking van het stroomende water was ten opzichte van de bedding tweeërlei, zooals we gezien hebben: hier werd weggenomen, elders weder nedergelegd. Ofschoon nu in een zelfde gedeelte van een rivierloop op de eene plaats het eene, op de andere plaats het andere gebeurt, zoo kan men toch den loop van den stroom naar de wegneming en de nederlegging in drie deelen verdeelen: bovenloop, middenloop en benedenloop. In den eerste heeft de wegneming de overhand, in den laatste de nederlegging, terwijl in den middenloop de snelheid, ten minste bij hoog water, nog groot genoeg is om de stoffen voort te voeren, maar niet bij machte om het bed te verdiepen. In den bovenloop wordt het bed dus aanhoudend verlaagd, in den middenloop blijft het op dezelfde hoogte, in den benedenloop wordt het voortdurend opgehoogd.

Deze ophooging van de bedding in den benedenloop is een van de oorzaken, dat bij bedijkte rivier de oeverlanden na verloop van jaren lager liggen dan de rivier, ja zelfs dan de bodem van deze, ten minste als de mensch dit niet verhindert.

Kent ge nog meer van die oorzaken?

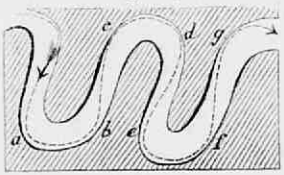
Het beste voorbeeld levert de Hoangho. Nergens staat een stroom trouwens zoo lang onder de contrôle van een cultuurvolk: reeds 2000 voor Chr. zijn er dijken aangelegd. Tusschen deze dijken hoogde het bed zich door de vele sedimenten hoe langer hoe meer op. Naarmate de geheele rivier alzoo boven haar oeverlanden steeg, moesten de dijken verzwaard worden. Verzuimde men dit, dan verbrak de rivier de haar gelegde banden, overstroomde het oeverland en koos zich eene nieuwe bedding. Zoo heeft de Hoangho meermalen in haren benedenloop eene belangrijke wijziging gebracht. Tot 1856 stroomde hij in de Gele Zee uit, toen wendde hij zich plotseling naar de Golf van Petsjeli, waarin hij tegenwoordig nog uitmondt. Bij de Po schijnt de gemiddelde waterstand nog beneden de oeverlanden te liggen.

Wat ons vaderland betreft, zoo moeten we niet uit het oog verliezen, dat het inklinken van een geëultiveerden bodem evenzeer het verschil tusschen de ligging van de rivier en de oppervlakte van het oeverland aanmerkelijk grooter maakt. De gemiddelde rivierstand van de Lek bij Vreeswijk was van 1871—1880 ruim $2^1/_2$ meter boven AP.; de gemiddelde stand van het water te Amsterdam is $^1/_2$ meter beneden AP.; daaruit volgt een verschil van 3 meter. Waar men droogmakerijen aantreft, is het verschil natuurlijk nog veel grooter.

Toch bestaat er in den benedenloop van de rivier op sommige plaatsen ook uitschuring van het rivierbed. Een gevolg van die uitschuring vinden we in het

groot aantal kronkelingen, die daar door de rivier gevormd worden. We hebben reeds gezien, dat de stroomlijn zich tusschen recht voortloopende oevers heen en weer slingerde, er eene soort van slangenlijn vormde. Ook weten we, dat eenzelfde oever daardoor in zeer verschillende opzichten den invloed van het rivierwater ondervindt: op het eene punt wordt hij uitgehold, op het andere groeit hij aan. Daar nu de grondsoorten in den benedenloop voornamelijk bestaan uit de losse slibmassa door de rivier zelve nedergelegd, wordt de bedding spoedig even gekronkeld als de stroomlijn. Deze krijgt daardoor weer grooter slingering en zoo wordt de graad van kromming voortdurend grooter, waardoor de rivier eindelijk een verloop zal verkrijgen, zooals in fig. 64 is voorgesteld. De holle zijde wordt aanhoudend ondermijnd, aan de bolle zetten zich voortdurend stoffen af. Door die ondermijning wijken de punten *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* en *g* aanhoudend achteruit. Dientengevolge wordt de afstand *be* hoe langer hoe kleiner; eindelijk breekt het belemmerde oeverland tusschen *b* en *e* door en dringt het water door deze doorbraak, zoodat het stuk *bcde* buiten den stroom komt te liggen en langzaam verzandt. Zulke afgesloten rivierarmen vertoonen alle rivieren, welke door eene alluviale vlakte vloeien; men noemt ze hoefijzervormige meren, ook wel doode rivierarmen. De bochtige lijn der rivieren in het laagland noemt men meanderlijn naar het riviertje de Meander in Klein-Azië, dat tegenover Miletus in zee uitliep. Dit riviertje had namelijk een zeer kronkelenden loop. Hoefijzervormige meren vindt men in de Hongaarsche vlakte bij de Theiss, in de Bovenrijnsche laagvlakte bij den Rijn. In ons vaderland komen ze minder voor, omdat wij de rivieren bedijkt hebben en die dijken op de plaatsen, waar de stroom er aan knaagt, aanzienlijk versterken (schaardijken). Toch vinden we eenige zulke meren aan de Maas, zooals uit fig. 65 blijkt.

Fig. 64.



Kronkelingen in den benedenloop.

Fig. 65.



Hoefijzervormige meren bij de Maas.

Daar de kracht, welke de rivier een meanderlijn doet volgen, in den stroom zelven gelegen is, zal elke rivier, die men een rechten loop heeft gegeven (die men heeft gecorrigeerd, zooals men dat noemt) weder beginnen te slingeren, zoo dijken haar dat niet beletten.

§ 274. **Verder onderscheid tusschen boven-, midden- en benedenloop.** Hebben we in de voorgaande paragraaf het begrip van de verschillende gedeelten van een rivierloop vastgesteld naar de verhouding, die er bestond tusschen afneming en aanwas, ook in andere opzichten verschillen deze drie deelen van elkander. Ten eerste noemen we als punt van verschil de snelheid, waarmede het water wordt voortgestuwd. In den bovenloop is de rivier een bergstroom, het verval is groot, de snelheid eveneens. In den middenloop wordt de snelheid geringer; daardoor is het mogelijk de rivier afwaarts te bevaren. In den benedenloop is de snelheid zeer gering en kan er scheepvaart in beide richtingen plaats hebben. Ten tweede wijzen we op de medegevoerde stoffen. In den bovenloop worden groote en kleine rotsfragmenten medegevoerd; in den middenloop blijven die van eenigen omvang liggen of worden slechts voortgerold; in den benedenloop worden fijne slibdeelen afgezet en alleen het allerfijnste gaat naar zee. Ten derde bestaat er verschil tusschen de factoren, die de richting aangeven. Het gebergte met al zijn dalen en kloven bepaalt, waar de rivier zijn bovenloop zal vinden; zij mag daar haar bedding uitslijpen zooveel zij wil, de aanleiding tot die bedding bestond, eer de hoofdrivier er was, en hangt samen met den bouw van 't gebergte; vandaar dat stroomversnellingen en watervallen kenmerkend tot dit gedeelte behooren. In den middenloop bepaalt het gebergte wel het dal, waardoor de rivier stroomt, maar in dat dal schept en vervormt zij zelve hare bedding. Zoo bepalen het Zwarte Woud en de Vogezen wel de hoofdrichting van den Rijn, maar de vele kronkelingen zijn door die rivier zelve geschapen. Het gebergte wijkt hier dus veel verder van den oever terug. In den benedenloop is het gebergte verdwenen, de algemeene helling van den bodem bepaalt nu de hoofdrichting en daar deze helling doorgaans zeer gering is, heeft de rivier vrij spel in het verleggen van haar loop, tenzij andere machten (de mensch!) haar in dit opzicht in boeien slaan.

Uit dit alles blijkt, dat het onderscheid tusschen de drie gedeelten duidelijk genoeg gemerkt is, en toch schijnt het uiterst moeielijk in een rivierloop deze drie deelen nauwkeurig aan te wijzen; ja dikwijls is het onmogelijk, omdat de natuur zich niet aan kunstmatige indeelingen houdt.

Nemen we bij voorbeeld den Rijn. Men rekent doorgaans den bovenloop tot Bazel, aangezien daar de stroomversnellingen ophouden. Maar scheepvaart heeft er boven den waterval bij Lauffen al plaats, denk slechts aan den naam Schaffhausen d. i. scheepshuizen, en in het Meer van Constanz is al heel wat slib afgezet. Den middenloop rekent men tot Bingen en daar stooten we op een rivierstuk, dat alle kenmerken van een bovenloop draagt: rotsen heffen zich steil uit het water omhoog, de legende van de Loreley wijst op een stroomversnelling, ja in historischen tijd bestond bij den ingang van het rotsdal nog een waterval van 2 meter hoogte. Eerst bij Bonn wijken de gebergten van den oever en begint de benedenloop. Even zoo afwisselend is het bij den Donau; men kan den bovenloop rekenen tot Ulm, den middenloop tot Weenen. Maar zelfs bij Orsova verkrijgt de rivieroever weer het karakter, dat hij in den bovenloop heeft. Andere rivieren bezitten een of meer van de genoemde gedeelten niet; zoo mist de Weichsel den middenloop; de Wolga is nagenoeg geheel benedenloop, enz.

DALVORMING.

§ **275. Erozie.** De erozie verschilt daarin van de verweering, dat deze laatste veroorzaakt wordt door lucht, warmte en water en de eerste door het water en wel door oplossing en door mechanische kracht. Bij de erozie wordt tevens het afgeslepen materiaal weggevoerd. Evenals een vallende waterdroppel een steen uitholt, zoo schuurt het stroomende water een voor uit in het hardste gesteente. Die voor wordt onophoudelijk uitgediept, waarbij de wrijving van de medegevoerde massa de uitsijpende werking van het water nog verhoogt. Daardoor is de erozie de factor, die de dalen vormt.

Hierop is echter eene gewichtige uitzondering te maken. We hebben er reeds op gewezen, dat de hoofdrivier haar weg in den bovenloop grootendeels vond afgebakend. De rivieren namelijk, die door lengtedalen stroomen, welke door den bouw van het gebergte ontstonden, zijn niet de scheppers van hare bedding. Maar het mag met recht betwijfeld worden, of de dwarsdalen ook bestonden voor de rivier vloeide. De reden van dezen twijfel zullen we leeren kennen.

Den aanvang der dalvorming door erozie kan men na elken regenval langs eene helling waarnemen. Bij ons te lande zal zich van elken hoogen zandhoop het regenwater langs de helling naar omlaag spoeden. Daarbij slijpt het eene groeve in het zand uit, die weldra voor bedding dient. Meerdere even kleine wateradertjes vereenigen zich en brengen hun water in die miniatuurbedding. Aan het benedeneinde gekomen vloeit het water over den horizontalen bodem verder; daardoor vermindert zijne snelheid en de medegevoerde zanddeelen blijven als een puinkegel in miniatuur aan den voet van onzen zandberg achter. We hebben eene rivier zien ontstaan met een bovenloop en een benedenloop.

Niet anders is het proces in het gebergte, ten minste niet wat hoofdzaak betreft. Het afstroomende water graaft een bedding in den bodem uit. Is de helling niet al te steil, zoodat deze beddingen niet rechtstreeks van de hoogte naar het dal loopen, dan vereenigen zich weldra eenige met elkander. De medegevoerde stoffen worden bij den voet der helling neergelegd; daar is de benedenloop, het overige is bovenloop. Ook verder is de werking niet verschillend. Bij een volgenden regenval vinden we de voor bij onzen zandhoop en in het gebergte verdiept, den puinkegel opgehoogd; maar bovendien is de oorsprong achterwaarts geschoven. De erozie holt dus niet alleen de bedding uit, maar verlengt het dal ook achterwaarts.

Deze achterwaartsche beweging is een van de gewichtigste factoren bij de vorming der dalen. Het stroomende water tracht aan het dal eene zoodanige helling te geven, dat er evenwicht tusschen de stootkracht van het water en de zwaarte der mede-

gevoerde producten bestaat. Maar al is dat evenwicht op een zeker oogenblik bereikt, dan zal het toch niet standvastig zijn, want de watermassa, waarvan de grootte der stootkracht afhangt, is niet altijd gelijk. Daardoor houdt het uithollen op de eene, het nederleggen van zand, slib, enz. op eene andere plaats nooit op. De drie hoofddeelen van het dal worden afwisselend korter en langer, maar het begin van den bovenloop schuift voortdurend achterwaarts. Des te steiler het eerste gedeelte van den bovenloop wordt, des te grooter wordt de hoeveelheid medegevoerde deelen, zoodat er een punt zal komen, waar de stootkracht geheel noodig is om het aangevoerde verder te brengen; dan wordt beneden dit punt de bovenloop middenloop. Zoo schuift de middenloop opwaarts. Maar uit dezelfde oorzaak zal de stootkracht ook niet meer bij machte zijn het medegevoerde tot aan het vroegere begin des benedenloops te brengen en wordt dit begin ook naar boven verplaatst.

Het blijft nu de vraag: als vele dalvorming op deze wijze geschiedt, kan men dan ook door voorbeelden aantoonen, dat er zich in historischen tijd op deze wijze werkelijk dalen hebben gevormd? Vooraf dient de opmerking, dat dalvorming een arbeid is, die zich over groote tijdruimten uitstrekt, zoodat de voorbeelden, die er zijn, hoofdzakelijk in zeer los gesteente moeten gevonden worden. In zulk gesteente kent men werkelijk eenige voorbeelden, waarbij men de werking van het begin af heeft kunnen gadeslaan.

In het Vispdal, dat beneden Brieg in het Rhônedal mondt, is bij de aardbeving van 1855 aan de rechterhelling een bron ontstaan, die zich in twee jaar tijds reeds eene vrije diepe bedding had uitgegraven. Tien jaar daarna had zich die bedding niet alleen aanzienlijk verbreed, maar ook opwaarts verplaatst. In de losse massa, die de Vesuvius had uitgeworpen, ontstond in 1824 in drie dagen tijds een dal van $7\frac{1}{2}$ meter diepte. Vaster gesteente vordert natuurlijk een grooter tijdruimte, maar toch weet men daarin ook voorbeelden. Aan de westelijke helling van den Etna ligt het dorpje Aderno aan het riviertje de Simeto. Door de uitbarsting van 1605 versperde een lavastroom dit stroompje den weg. In 1828 had het echter in het harde gesteente een geul uitgeslepen van 15 tot 100 meter breedte en van 12—15 meter diepte. Ook in Centraal-Frankrijk heeft men voorbeelden van dergelijke dalen in oude lavastroomen. Bij de meeste dalen moet men echter uit de gesteldheid der wanden bewijzen, dat zij producten van de erozie zijn.

§ 276. Sporen van erozie. Moge uit het voorgaande voldoende blijken, dat het water de kracht heeft om dalen te vormen, toch wankelt onze overtuiging dikwijls, als we de producten dier erozie zien; ze schijnen ons te groot voor de betrekkelijk geringe kracht van het riviertje, dat ze schiep. We hebben dan behoefte ons zelven te herhalen, dat op den langen duur de waterdroppel den steen uitholt.

Tot de meest grootsche werkingen van de erozie behooren de diepe kloven, welke

in het oostelijk gedeelte van onze Alpen den naam van klammen dragen. Ook vindt men ze in Montenegro, bij Eisenach in het Thüringer woud, maar vooral in Noord-Amerika, waar het beroemde Yosemithe-dal een van de bekendste is. Berucht is een dergelijke kloof in het dal van den Achter-Rijn, de Via mala. Deze klammen zijn alle van groote diepte en zeer geringe breedte. De wanden zijn als gepolijst. De Via mala wordt door 500 meter hooge kalkwanden begrensd, maar heeft slechts eene breedte van 10 meter. 100—150 meter boven den bruisenden Achter-Rijn liggen de bruggen, waarover de weg van de Splügen-pas naar Thusis voert. Van de noordzijde van de Hohe Tauern stroomt door het dal Gastein een beek, waarvan het dwarsdal eindigt in de enge Gasteiner-klam. Evenzoo eindigt het dwarsdal van de Salzach met een engte van 4 uur lang, die op sommige plaatsen maar 15 meter breed is. Merkwaardig is ook de Lichtenstein-klam, die het dwarsdal van de Groote Arlbach bijna afsluit. Naast de beek bestaat geen weg en daardoor kan men te gemakkelijker nagaan, hoe het water zijn invloed op de wanden doet gelden. Deze zijn glad en verheffen zich loodrecht tot eene hoogte van ongeveer 300 meter, terwijl ze 2—4 meter van elkander verwijderd zijn. Daar, waar het water tegen een eenigszins vooruitstekende punt stiet, ontstond langs den oever eene terugkeerende strooming. Deze holde boven (d. i. naar de bron toe) dat vooruitstekende punt den wand uit en daardoor ontstonden zoogenaamde nissen. Daar de gepolijste wanden en deze nissen zich ver boven den tegenwoordigen waterspiegel verheffen, kunnen zij niet anders dan gevormd zijn door dezelfde beek, die thans nog dien arbeid voortzet. Die beek heeft dus vroeger in hooger niveau gelegen; met andere woorden: de bodem van het dal is langzamerhand gedaald.

Wat hebben we gemeld aangaande de ligging der gesteenten bij zulke dalen? (Zie § 194).

Vooral in den Himalaya, waar overvloed van water en groote helling het arbeidsvermogen van het stroomende water doen toenemen, zijn de eroziedalen zeer ontwikkeld.

Niet altijd zijn de sporen van de werkzaamheid van het water zoo duidelijk zichtbaar als in deze klammen. Ook op de wanden der eroziedalen werkt namelijk de verweering, terwijl daarenboven de plantengroei zich erop nestelt. Beide vernielen de gepolijste oppervlakte. Eerst laten kleinere, dan grootere stukken los en tuimelen in de bedding van den bruisenden bergstroom. Het hoogste gedeelte van den wand wijkt daardoor het snelst achteruit en de helling wordt hoe langer hoe geringer. Heeft deze helling hare gewone steilheid bereikt, dan onderscheidt het dwarsdal zich in vorm weinig meer van het tectonische dal, wel in de ligging der gesteenten.

Gelukkig komt de natuur in dit opzicht de wetenschap te hulp, daar er alle overgangen tusschen de steilwandige kloof en het volledig gevormde dal bestaan. In de Kranabetter-klam bij Innsbrück vindt men drie tijdperken van de ontwikkelingsgeschiedenis der dalen vertegenwoordigd: de glad gepolijste wand, het begin der verweering en de bedekking door plantengroei.

§ **277. Andere sporen der erozie.** Natuurlijk komen goed gevormde klammen uit den aard der zaak minder voor, dan op zich zelf staande sporen der erozie langs de helling van het dal. In den Himalaya vindt men zulke sporen in den bovenloop van Ganges, Sadletsj en Indus zelfs tot op 900 meter hoogte. Met dergelijke sporen bedoelen we b.v. het bestaan van banken van sedimenten 100 meter boven den waterspiegel in het Elbedal boven Dresden; het voorkomen van overblijfselen van een Cyrena, die nog tegenwoordig den Nijl bewoont, 37 meter boven den hoogsten waterstand van deze rivier, enz.

Tot de sporen van de erozie behoort ook de merkwaardige vorm der aardpiramiden. Deze zijn op de volgende wijze door werking van het water ontstaan. Wanneer groote steenen hier en daar in eene weekere grondsoort liggen, dan zal de erozie daar hare werking uitoefenen, waar de ondergrond niet door een steenblok is beschermd. Het gevolg is, dat tusschen de verschillende steenen aanvankelijk diepe geulen ontstaan. Door het uitslijpen van deze laatste komen de eerste op zuilen te liggen. Een zoodanigen vorm, eene piramide van eene weekere grondsoort, gedekt door een fragment van eene hardere, noemt men eene aardpiramide. Zij komen vooral in de nabijheid van Botzen (in zuidelijk Tirol) voor, waar ze eene hoogte van 8—30 meter bereiken en de meeste nog met den steen gedekt zijn, die aanleiding tot hun ontstaan gaf. Verder vindt men ze in het kanton Wallis, in de Pyreneën bij Luchon en in groote afmetingen in den Himalaya.

Hier en daar in Zweden vindt men lange ruggen, die uit zand en keien bestaan en den naam van asar dragen. Deze asar zijn hun oorsprong even zeer aan het water verschuldigd, als het ten minste waar is, dat het overblijfselen zijn van uitgebreide sedimentlagen, waarin het water breede voren heeft uitgeploegd. De tusschen deze voren liggende hooge ruggen zijn de asar.

§ **278. Eroziedalen.** Het duidelijkst blijkt de kracht der erozie bij de dalen in niet gedisloqueerde en bij die in massale gesteenten. Daar toch zijn de dalen zoo niet geheel, dan toch grootendeels aan de werking van het water toe te schrijven.

> Wij zeggen: zoo niet geheel, dan toch voornamelijk, omdat er geologen zijn, die beweren, dat ook in horizontale lagen, het water zijn weg aanvankelijk in barsten en scheuren vond, die vóór de dalvorming reeds bestonden. Zij geven echter toe, dat de dalen overigens een erozieproduct zijn.

Voorbeelden van zulke dalen in horizontale of massale gesteenten zijn het Elbe-dal tusschen Teschen en Dresden, waar de rivier door het Elbezandsteen-geb. breekt; het Donaudal tusschen Passau en Krems (boven Weenen). Maar de merkwaardigste van al de eroziedalen zijn de cañons van de Colorado in Noord-Amerika.

> Zij bevinden zich tusschen 112° en 115° W.L. v. Greenwich in het Colorado-plateau, dat het noordelijkste gedeelte van Arizona inneemt. De rivier stroomt hier met twee zuidwaartsche bochten naar het westen. Bij de oostelijkste bocht vormt zij de Marble-Cañon, bij de andere de Colorado cañon. De laatste is 500 kilometer lang —

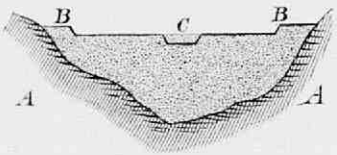
Hoe groot is de afstand van Maastricht naar Groningen? —

en bezit loodrechte wanden van soms 2000 meter hoogte, dat is bijna de helft van die van den Mont-Blanc, of 10maal die van den Kriekelenberg. Men meent recht te hebben tot de veronderstelling, dat de erozie bij het einde van de krijtperiode of bij den aanvang van het tertiaire tijdvak is begonnen. Thans is de erodeerende kracht reeds aan de granietlagen bezig. Evenals bij de dwarsdalen der Alpen is het benedendeel van de cañon smaller dan het bovendeel. De wanden zijn glad en vertoonen nissen; de bodem is zoo smal, dat hij geheel door het water bedekt wordt. Ook merkt men een slangenlijn op in het verloop van de cañon. Behalve aan de Colorado komen deze vormen ook voor bij de Red River en de Arkansas, bij de Rio Grande del Norte en in den bovenloop van de Missouri.

§ 279. **Diluviale rivierterrassen.** We hebben er reeds op gewezen, dat de ontstane eroziedalen hunne gladde, steile wanden met nisvormige uithollingen door verweering en plantengroei verliezen en daardoor het eigenlijke kenmerk wegvalt. Daarenboven worden zij gevuld met de rotsfragmenten, die langs de steile wanden naar omlaag rollen, door de bezinksels van de rivier, door puinkegels, bergstortingen, door het gruis, met de lawine medegevoerd, enz. Al het nedergelegde onttrekt den dalbodem aan het oog van den onderzoeker en daarom is het van groot belang, dat de eroziedalen in hun vorm nog de volgende bewijzen dragen, dat ze door den invloed van het water ontstaan zijn.

In de eerste plaats noemen we hier de diluviale rivierterrassen, waarvan fig. 66 ons eene afbeelding geeft. In eene rotsbedding *AA* hebben zich achtereen volgens sedimenten opgehoopt. In deze massa heeft de stroom, door zekere oorzaken met eene grootere erodeerende kracht begiftigd dan te voren, op nieuw een bedding uitgegraven. Bij gewonen waterstand gebruikt hij de groeve *C*, bij hoogen de groeve *BB*. Al dieper en dieper wordt de bedding *C* uitgeploegd. Weldra kan het water bij hoogen stand *BB* niet meer bereiken, maar verbreedt het bovengedeelte van de groeve *C*. Zoo blijft aan elke zijde een terras *B* achter om aan te duiden, dat het water eens tot zooverre zijn werking deed gevoelen. Zoo zijn in vele dalen achtereenvolgens terrassen in de vroegere sedimenten uitgegraven. Het materiaal, dat den bodem van den rots bij *B* bedekt, is uit vroegere tijdperken afkomstig en daarom noemt men de terrassen diluviale rivierterrassen. In een groot gedeelte van Noord-Amerika werden na den ijstijd de dalen door het puin van de gletscherbeken gevuld. Een daarop volgende negatieve niveauverandering (Zie § 158) verlaagde den mond der rivieren voortdurend en dwong deze daardoor hare bedding dieper uit te hollen, terwijl zij in de tusschenpoozen aan de verbreeding van dat verlaagde bed arbeidden.

Fig. 66.



Diluviale rivierterrassen.

Wat is negatieve niveauverandering? Wordt het verval der rivier daardoor grooter of kleiner?

De Noord-Amerikaansche rivieren vertoonen dan ook op vele plaatsen deze terrasvormen. In Europa zijn veel voorbeelden. Het zoogenaamde Middelgebergte bij Innsbrück is een diluviaal rivierterras van 400 meter hoogte boven den tegenwoordigen dalbodem; op sommige plaatsen is het 4 kilometer breed.

Merken we intusschen op, dat de vorming van het terras slechts eene bladzijde uit de geschiedenis van het dal is. Bij voortgaande werkzaamheid zal de erozie in zulke terrasvormige dalen den oorspronkelijken bodem weder bloot leggen.

§ **280. Rotsterrassen.** Vele dalen vertoonen een ander soort terrasvorming. Nemen wij het dal van de Reuss tot voorbeeld. Van den St. Gothard treedt deze rivier in het Urseren-dal, dat geheel en al het karakter van een benedenloop bezit. Bij Andermatt verlaat hij dit dal en boort door de Schellenen-kloof. Deze kloof heeft geheel en al het karakter van een bovenloop, ja gelijkt eenigszins op een klam. Dan wisselen boven- en benedenloop elkander dikwijls af tot eindelijk bij Amsteg de laatste benedenloop aanvangt. Daardoor vertoont het dal van Amsteg tot Andermatt verschillende trappen, die min of meer horizontaal gelegen zijn, en door klammen, watervallen, enz. met elkander in verbinding staan. Deze verbindingen zijn de plaatsen, waar onophoudelijk de benedenloop zegevierend op den bovenloop achterwaarts schrijdt (Zie § 275). Zoo wordt de rivierbedding steeds lager; maar de oude dalbodem blijft daarbij als terras achter. Zulk een terras noemt men een rotsterras. Houdt de uitholling op, dan wordt aan de verbreeding der bedding gearbeid. Natuurlijk zijn de oude terrassen niet in hun geheel aanwezig, daar verweering, bergstortingen, lawinen, enz. aan hunne vernieling krachtig werken; de jongste zijn duidelijker te zien dan de oudere.

Duidelijk kan men deze terrasvorming nagaan bij de zijrivieren van de Reuss. Deze vertoonen namelijk rotsterrassen, die geheel overeenkomen met die van de hoofdrivier. Deze overeenkomst is het gevolg van de wijze van ontstaan. Werd namelijk de Reuss bij den mond van eene zijrivier lager gelegd, dan werd de uitmonding van deze laatste daardoor verlaagd. In de vroegere bedding, waarin bij de standvastige hoogteligging der hoofdrivier eene merkbare zijdelingsche erozie had plaats gehad en die dus zeer verbreed was, ontstond eene geul; het overige gedeelte dier bedding vormde een terras, dat op dezelfde hoogte ligt als het bed van de Reuss voor dat hare bedding lager gelegd werd. Daarin is ook eene geul uitgeslepen en het is deze laatste, die de diepte van de nieuwe bedding der zijrivier bepaalt. Houdt gene op te dalen, dan doet ook deze het. Dan arbeiden beide wateren weder aan verbreeding van de engte, waarmede zij zich tot dusverre vergenoegd hebben. Begint daarna weder eene daling van de bedding der hoofdrivier, dan begint eene nieuwe terrasvorming.

Vereenigt men de terrassen op gelijke hoogte, dan verkrijgt men de vlakken, die achtereenvolgens het stroomgebied van de Reuss tot dalbodem hebben gediend en dan ziet men tevens, dat de daling van dien dalbodem een gevolg is geweest van daling van den mond der rivier, waarbij echter in het midden wordt gelaten, hoe deze laatste daling ontstond.

§ **281. Overige terrassen.** Behalve door bovenvermelde oorzaak kan een

dal nog door twee andere oorzaken trapsgewijze opklimmen. Wanneer namelijk de bodem van een dal niet overal uit dezelfde gesteenten bestaat, dan zal hij niet op alle plaatsen in dezelfde mate uitgeslepen worden. In een hardere steensoort zal de erozie langzamer voortwerken, dan daar, waar de bodem uit weekere soorten is gevormd. De horizontale gedeelten van het dal vindt men dan in het weekere gedeelte, de kloven en engten met grooter verval in de hardere steensoort. Deze terrassen, tectonische, breiden zich natuurlijk niet van den oorsprong tot aan het einde van het dal uit, zooals de diluviale en de rotsterrassen in den aanvang deden, en men vindt er dus geen overblijfselen van langs de berghellingen.

Ten andere kan de trapsgewijze opklimming van den dalbodem het gevolg zijn van afdamming. Bergstortingen, oude eindmoraines, puinkegels van snelvlietende zijrivieren kunnen eene dergelijke afdamming veroorzaken. Denken we ons een riviertje, dat in eene langzaam hellende bedding haar water voortstuwt. Plotseling verstopt eene bergstorting den weg en boven de versperring ontstaat een meer, waarin het water stijgt, tot het over den rand der versperring heen vloeit. Daar het meer als zuiveringsbekken dienst doet, wordt het gevuld met bezinksels en eindelijk in eene horizontale alluviale vlakte veranderd. Daar ligt de rivierbedding dus horizontaal, terwijl in de versperring het dal zeer steil en eng is. Zulke terrassen noemt men afdammingsterrassen. [1])

We kunnen dus de volgende terrassen ontmoeten, als men langs de rivier opwaarts een dal volgt: 1e diluviale rivierterrassen, 2e rotsterrassen, 3e tectonische terrassen en 4e afdammingsterrassen.

Als men langs de hellende wanden van het dal zijwaarts naar boven gaat, ontmoet men sporen van de beide eerste, maar niet van de beide laatste.

Wanneer de versperring door het water is opgeruimd, dan verandert een afdammingsterras in een diluviaal rivierterras; ten minste wat vorming aangaat, ofschoon de grondsoort nu uit alluvium bestaat.

§ **282. Watervallen.** De watervallen verhoogen de pracht der natuur in het bergland. Sommige munten zoo door schoon uit, dat ze het doelwit zijn van

[1])

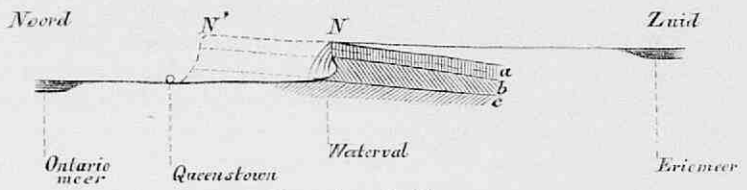
De terrassen in het Boven-Etschdal en de versperringen.	gem. hoogte	Afstand hoogste tot laagste punt.	gem. verval.
1e terras, waarop de meren liggen	1472	61	0°23′
Malser heide	—	534	2°36′
2e terras, waarop Glurns	884	58	0°12′
Schlanderser kegel	—	174	1°20′
3e terras tusschen Gödan en Latsch	648	37	0°21′
Tarscher kegel	—	54	1°18′
4e terras tusschen Marein en Staben	577	36	0°21′
Tablander kegel	—	45	1°3′
5e terras tusschen Naturns en Rabland	504	13	0°20′
Töll-kegel	—	173	4°5′

verre tochten. Deze schoonheid hangt niet in de eerste plaats van de hoogte af. De omgeving, die den waterval doet uitkomen, de afbreking van den val door vooruitstekende rotswanden, de standplaats, vanwaar men het verschijnsel kan overzien, de lichteffecten, die op het vallende water werken, dat alles is van meer invloed dan de hoogte. Het zal wel geen vermelding behoeven, dat een waterval daar ontstaat, waar de bodem van een dal plotseling aanmerkelijk lager wordt. Watervallen hangen dus ten nauwste samen met den terrasvormigen bouw der dalen.

Het water arbeidt onophoudelijk tot niveleering van den bodem en zoo vindt dan ook de waterval zijn grootste vijand in het water zelf. De rand, waarover het vloeiende element stroomt, wordt onophoudelijk door de erodeerende kracht uitgehold, de bedding op de hoogere gronden wordt hoe langer hoe lager gelegd. Zoo wordt de loodrechte wand, korter en minder hellend en waar het water zich eerst met één ontzettenden straal in de diepte stortte, ontstaat weldra een waterval met verschillende verdiepingen, het gevolg van den ongelijken weerstand, dien de gesteenten aan de vernielende kracht van het water boden. Zulk een opeenvolging van kleinere vallen onder elkander noemt men eene cascade. Intusschen gaat de uitslijping voort en weldra is de helling van den bodem zoo zeer verminderd, dat het water niet meer valt, maar in pijlsnelle vaart langs de bedding schiet: we hebben dan eene stroomversnelling.

Deze voortgaande uitwassching heeft echter alleen dan plaats, wanneer de onderste lagen van het gesteente even grooten of grooter weerstand aan het water bieden dan de bovenste. Het omgekeerde kan echter ook het geval zijn. In dezen toestand verkeert de waterval van de Niagara tusschen het Erie- en het Ontario-meer in Noord-Amerika. Hier stort zich het water over een laag van harden kalksteen *a* (zie fig. 67), waaronder een zachtere laag leisteen *b* ligt. Deze laag wordt door het nederstortende water veel meer aangetast dan de eerste en de woelende watermassa aan den voet van den val ondermijnt dus de bovenste laag, waarvan van tijd tot tijd groote stukken naar omlaag storten. De waterval schrijdt daardoor langzaam achteruit in de richting naar het Eriemeer. Vroeger strekte de hooge rotswand zich uit tot bij Queenstown en vond men dus den val bij *N*, tegenwoordig bij *N*. De afstand tusschen beide punten bedraagt ongeveer 12 kilometer. Door dit achteruitwijken ontstaat een bodemvorm, dien we even willen beschouwen. Alleen daar, waar het water stroomde, is de rots verdwenen. Het gedeelte van de rivier tusschen Queenstown en den val is dus aan beide zijden door hooge wanden begrensd en heeft veel overeenkomst met een klam, maar tevens met een cañon. Rukt de waterval achterwaarts tot het Eriemeer, dan wordt dit drooggelegd en zal er een cañon gevormd zijn ter lengte van den afstand tusschen beide meren, waarvan de hoogte gelijk is aan het verschil in hoogte van beide meren, d. i. ongeveer 100 meter. We zien hier dus hoe een klam en een cañon kunnen ontstaan.

Fig. 67.



Waterval van den Niagara.

Intusschen moet opgemerkt worden, dat de klammen en canons door eenvoudige erozie gevormd zijn, wanneer geen onderscheid in de hardheid van het gesteente bestaat.

Analoge watervallen vindt men in het kalkplateau van Esthland b. v. de waterval der Narowa, die zich in historischen tijd ook dalopwaarts heeft verplaatst.

Door dergelijke verplaatsing komen de watervallen alle in de rivierdalen te liggen, ook al bevonden ze zich oorspronkelijk aan den mond van het dal.

De hoogste van alle bekende watervallen is die in het Yosemitedal, welke van eene hoogte van 680 meter stort. Rijk aan water zijn de Niagara-val, de Victoria-waterval van de Zambezi en de waterval van Schaffhausen. De laatste is voor ons de merkwaardigste. Hij ligt beneden genoemde plaats bij het dorp Lauffen. Hij heeft eene breedte van 110 en eene hoogte van 23 meter. Tot Bazel toe heeft men in den Rijn nog vele stroomversnellingen.

De meest trotsche waterval der wereld is de Victoria-waterval der Zambezi, die nog door weinig Europeanen is gezien. De stroom heeft daar eene breedte van bijna 2000 meter en stort zich plotseling in den afgrond, een diepe rotskloof van 150 meter diep. Deze kloof is ruim 80 meter breed en kruist de bedding der rivier. Even boven den val schiet het water met groote snelheid voort. Nabij den westelijken oever ligt een eiland. Daar is het veilige standpunt van den onverschrokken reiziger. Met donderend geweld stort het water zich in de diepte, waar het kookt en bruist. Dampwolken stijgen uit de kloof omhoog en wijzen van verre de plaats aan, waar het gedonder, dat in den omtrek wordt gehoord, ontstaat. Het enge rivierbed is beneden den waterval geen 100 meter breed, maar de diepte moet ontzettend zijn. De wanden steken loodrecht ongeveer 200 meter boven den waterspiegel uit.

In vele gevallen werkt de vernielende kracht van het water niet op alle plaatsen der bedding even sterk, zoodat hier en daar rotsblokken blijven staan, die den waterstraal in twee armen deelen, zooals bij den waterval van Schaffhausen het geval is. Dergelijke rotsblokken veroorzaken, dat de stroomversnellingen zoo gevaarlijk te passeeren zijn. Wanneer de bedding van een waterval bij gebrek aan watertoevoer droog komt te liggen, dan ontdekt men daarin soms ronde kuilen, die, wat oorsprong aangaat veel overeenkomst hebben met de reuzenketels bij de gletschers en ook dezen naam dragen. Zij ontstaan n. l. op de volgende wijze.

Wanneer een groote steen door de vallende watermassa naar omlaag wordt ge-

sleurd, blijft hij liggen op den bodem; maar het fel bewogen water draait hem heen en weder en graaft daardoor een kuil in den onderliggenden bodem; zoodra deze kuil eenige diepte heeft, wordt de steen er voortdurend in bewogen en holt haar dus steeds verder uit. In den drogen zomer van 1857 bemerkte men vele van zulke cilindervormige kuilen in de rotsen bij Schaffhausen.

§ **283. Oorsprong der dalen.** Nemen we nu alle dalen nog eens te zamen, dan blijkt het, dat we ze in twee groote groepen kunnen verdeelen.

Sla nog eens § 187 op en ga de dalen, welke daar genoemd zijn, nog eens na.

In de eerste plaats hebben we dalen, die van den bouw van het gebergte afhankelijk zijn, tectonische dalen; in de tweede plaats vonden we er, die geen sporen vertoonden van samenhang met den bouw, maar wel met de helling van het gebergte, eroziedalen.

Twee vragen zijn nu zeer moeielijk te beantwoorden. We zullen er op wijzen, om er voor te zorgen, dat niemand de overtuiging krijge: de eene soort staat zelfstandig naast de andere. Integendeel het tectonische dal ondervindt de werking der erozie en men kan dus vragen: in hoeverre is elk zoodanig dal zijn tegenwoordigen vorm aan het water verschuldigd? Maar in het algemeen kan daarop geen antwoord worden gegeven; het kan uitgehold, maar ook gevuld zijn, enz., dit is bij de onderscheidene dalen verschillend.

Ten andere kan men vragen: zijn alle eroziedalen alleen door de werking van het water ontstaan? En ook hierop kan geen bepaald antwoord gegeven worden. Het is zeer goed mogelijk, dat kleine barsten en spleten het eerst den weg van het afstroomende water hebben bepaald en is dat zoo, dan waren de eroziedalen oorspronkelijk in zekeren zin tectonisch.

Bij de tectonische dalen echter merkt men verschil in de richting, waarin zich de lagen uitstrekken, bij de eroziedalen ontbreekt dat.

§ **284. De waterscheiding tusschen twee dalen.** In een der voorgaande paragraven hebben we gezien, dat de erozie den aanvang van het dal onophoudelijk achterwaarts schuift. Stroomen van een zelfde streek in het gebergte twee rivieren in tegengestelde richting, dan zal de waterscheiding tusschen beide dalen aan beide zijden in grootte afnemen en eindelijk zal zij nauwelijks den naam van scheiding meer verdienen. Door tot in het hart van het gebergte zich uitstrekkende dwarsdalen wordt de Centraalketen der Alpen in eene menigte berggroepen verdeeld. Natuurlijk is het van het hoogste belang voor het verkeer tusschen twee dwarsdalen, dat de waterscheidingen weinig hoog zijn. Een voorbeeld van een door het water gesloopte waterscheiding vinden we in het Toblacher veld. Vandaar stroomt de Riënz naar het westen en de Drau naar het oosten. Thans ligt het op eene hoogte van 1204 meter, maar het kan nauwelijks eene waterscheiding genoemd worden.

Even zoo is het gesteld met het Rottenmannerdal, waar de omstreeks Wald gelegen waterscheiding slechts aan de richting van het stroomende water te herkennen is; de Liesing wendt zich van daar naar de Mur, welke zij bij Leoben bereikt, de Rottenman naar de Enns; met het Ratschacherfeld tusschen Drau en Sau bij de bron van deze laatste, met de waterscheiding tusschen Indus en Bramapoetra, en met die tusschen de Leontes en de Orontes, waar tusschen Libanon en Anti-libanon in het dal van Coele Syria zich eens Heliopolis verhief.

Al deze gesloopte waterscheidingen bevinden zich tusschen lengtedalen, die niet door zulke hooge gebergten gescheiden waren. Zeldzamer is de doorslijping van den centraalketen van een gebergte. Toch hebben we daarvan in de Alpen ook een paar voorbeelden. Het voornaamste ligt, waar de Sill zich naar het noorden en de Eisack zich naar het zuiden spoedt. Daar ontstond de diepe kloof van den Brenner (1350 m.). De waterscheiding is hier zoo volkomen verdwenen, dat het water van een dak van een huis, deels naar de Inn, deels naar de Eisack wordt gevoerd, de nok van dat dak vormt dus de kunstmatige waterscheiding. Evenzoo is het met den pas van Reschen-Scheideck tusschen de Etsch en een zijriviertje van de Inn. Zulke gesloopte waterscheidingen noemt men o n t w i k k e l d e d a l w e g e n.

Door de ontwikkeling van deze dalwegen kan er soms eene verandering plaats hebben in de begrenzing der stroomgebieden. Een voorbeeld vinden we in den bovenloop van de Inn. Deze ontspringt in Grauwbunderland uit eenige meren. Aan den zuidwestelijken hoek van de vlakte (Maloja), waarop deze gelegen zijn, verzamelt de Mera het water, dat zij in het Como-meer stort. Het verval van dit laatste riviertje is grooter dan dat van de Inn, daardoor is ook hare erodeerende kracht grooter en wijkt haar oorsprong betrekkelijk snel achterwaarts. Zij verovert op die wijze een gedeelte van het stroomgebied van den eerstgenoemden stroom.

§ **285. De erozie op bergmassa's.** Vroeger (Zie § 199) is gezegd, dat de vlakke bergplateau's hunne gelijkheid voornamelijk hieraan te danken hebben, dat de hoogere deelen zijn verloren geraakt. Dit is een gevolg van de verweering en van de werking van het water (Zie § 271). Oorspronkelijk waren ze waarschijnlijk bergketens. Eigenaardig is de wisselwerking in de natuur, die door hare kracht het plateau weder in lang gerekte gebergten tracht op te lossen. Een voorbeeld hebben we in het leisteenplateau van den Rijn. Dit plateau wordt begrensd door de lijnen, welke de steden Valenciennes, Diedenhove, Frankfort en Paderborn vereenigen. Uit het kaartje van Middel-Europa tijdens het tertiaire tijdvak kan men zien, dat de kloof tusschen Bingen en Bonn toen reeds bestond. Deze was toen al door de kracht van het stroomende water gevormd. De zijrivieren, welke zich in den Rijn storten (Lahn, Sieg en Moezel) hebben eveneens diepe dalen in het plateau uitgeslepen. Daardoor werden de Taunus en de Hunsrück ervan afgesneden. Door hunne

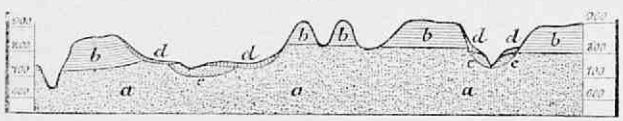
betrekkelijk groote lengte naderen deze deelen in horizontale doorsnede de bergketenen. Nog sterker is deze werking bij de Loire en de Allier. Deze beide rivieren ontspringen op het plateau van Centraal-Frankrijk, dat van de poort van Poitiers langzaam naar de Rhône stijgt en daar in het dal van genoemde rivier afdaalt. Maar Loire en Allier hebben daarin aan den oostkant diepe dalen uitgeploegd, waardoor in het noordoostelijk gedeelte twee deelen werden afgesneden, die veel op bergketenen gelijken: het gebergte van Lyonnais en Charolais en het gebergte van Forez.

Verzuim niet de ligging van deze deelen goed op de kaart na te gaan.

In het Braziliaansche bergmassief heeft het water zoovele dalen en zijdalen uitgeslepen, dat de smalle maar even hooge ruggen nog slechts aan een plateau herinneren.

Op vele plateau's gaat de werking van de erozie nog veel verder. Als het aantal dalen met den vorm van cañons zeer groot is, dan lossen zij het plateau op in eene menigte tafelgebergten, dat zijn gebergten, waarvan de helling zeer steil en de rug vlak en breed is in vergelijking van de lengte. Het quaderzandsteengebergte van Saksisch Zwitserland is zulk een erozie-product. Bij voortgaande uitwassching wordt een tafelgebergte opgelost in een aantal afzonderlijke tafelbergen. Zij hebben steile soms terrasvormige wanden en tamelijk groote topvlakten. In Abessynië heeten ze amba's. In de Sahara komen ze voor op het plateau der Tuariks, wier hoofdstad Ideles op zulk een tafelberg ligt. Verder vindt men ze veel in Zuid-Afrika, maar nergens in zoo groote hoeveelheid als in het Colorada-plateau, waarvan reeds bij de cañons sprake was. In Europa zijn de Königstein en de Liliënstein in Saksisch Zwitserland voorbeelden.

Fig. 68.



Zwabisch-Beiersche hoogvlakte.

Nevenstaande figuur geeft eene verticale doorsnede van een gedeelte van de Zwabische hoogvlakte van het Illerdal oostwaarts. *a* duidt de tertiaire lagen aan, *b* de diluviale nagelluh, waarin door de erozie diepe dalen zijn uitgeslepen. Daardoor ontstaan hooge vlakten, die haar oorspronkelijk karakter hebben bewaard. Zooals uit de figuur blijkt zijn de dalen niet dieper dan 200 meter, uitgezonderd het dal van de Iller, dat tot 650 meter daalt. Bij *c* en *d* vindt men langs de dalwanden puinvlakten uit den ijstijd.

Tegenover deze uitholling der plateau's staat aanvulling van de lagere gedeelten van sommige hoogvlakten. Zie daarover § 198.

§ **286. Erozie door gletschers.** In de voorgaande paragraven hebben we steeds gesproken over de erozie door het water, zonder daaronder ook die van het

stroomende ijs te begrijpen. Intusschen holt ook de gletscher voortdurend, al is het weinig (zie § 258), zijne bedding uit. Door het voortschuiven der ijsmassa worden de uitstekende punten van de bedding afgerond en weggenomen. Bij deze werking wordt het losgeschuurde materieel medegevoerd en we hebben dus te doen met gletscher-erozie. De producten van de erozie vormen met de producten der verweering de grondmoraine.

Wijs nog eens aan, hoe deze producten der verweering in de grondmoraine komen en welk onderscheid er tusschen deze moraines bij de poolgletschers en de Alpengletschers bestaat.

Er bestaat eenig verschil tusschen de erodeerende kracht van het water en die van het ijs. Dit laatste beweegt zich in de eerste plaats veel langzamer, maar het ontwikkelt op een bepaald punt een grootere massa. De steenen onderlaag vermag het slechts in geringe mate door het medegevoerde puin te bekrassen en af te schuren. Het grootste onderscheid is gelegen in de wijze, waarop de erodeerende kracht treft: het water werkt voornamelijk op het midden van den bodem, de gletscher op het geheele bodemvlak; daardoor hebben de gletscherdalen den vorm van eene U, de rivierdalen die van eene V.

Groot verschil in meening bestaat er over den graad, in welken de gletscher zijn bed kan uitslijpen. Bij de tegenwoordige Alpengletschers heeft alleen uitschuring plaats. Sommigen beweren, dat de vroegere gletschers de kracht hadden om trogvormige verdiepingen uit te hollen. Voor ons is deze zaak van minder belang, daar de oorsprong der dalen voor den ijstijd ligt, wat hieruit blijkt, dat dalen even veelvuldig voorkomen in gebergten, die niet met gletschers bedekt waren, als in de zoodanige, die wel eene ijsbedekking hadden.

Als zulke trogvormige verdiepingen beschouwt men dan al de meren aan de noordelijke helling van de Alpen van het Meer van Genève tot aan de Traunsee toe.

§ **287. Verbreiding der dalen.** Het voorkomen van erozie-dalen is afhankelijk van den neerslag. Waar dus in een gebergte groot verschil bestaat tusschen de hoeveelheid neerslag, die aan beide hellingen valt, zal het aantal en de ontwikkeling der dalen aan beide zijden niet gelijk zijn. Aan de regenrijke helling zullen meer dalen voorkomen en zij zullen dieper in het gebergte insnijden. Bijzonder groot is in dit opzicht het verschil tusschen de beide hellingen van het Elbroes-geb.: de noordelijke is door diepe dalen gekloofd, de zuidelijke daarentegen valt als een steile muur omlaag, zonder een rivier te voeden, zonder een dal te bezitten.

In streken, waar de regenwind uit een bepaalden hoek waait, zullen de dalen, die den meesten neerslag opvangen, het steilst en diepst zijn, daar hunne stroompjes het krachtigst gevoed worden. In Normandië treft men vele voorbeelden daarvan aan.

Daaruit zou volgen, dat in regenlooze streken geen dalen voorkwamen. Hiertegen

is echter aan te voeren, dat, al is een streek tegenwoordig regenloos, het daarom niet zeker is, dat ze dit in vroegeren tijd ook was. In dien vroegeren tijd kan daar wel min of meer overvloedig neerslag zijn gevallen en kunnen er eroziedalen zijn ontstaan. Eroziedalen in regenlooze streken zijn dus een bewijs, dat zoodanige streken vroeger regen hebben gehad. In dit opzicht is het Plateau van Ahaggar merkwaardig.

Wat hebben we reeds van dit plateau gemeld?

Van dit hoogland loopen drie stroomdalen (wadi's) in verschillende richtingen, n.l. één naar de Middellandsche Zee, één naar den Atlantischen Oceaan en één naar den Niger. Naar alle waarschijnlijkheid waren deze beddingen vroeger met water gevuld en vertoonde genoemde hoogvlakte zich als een bronnenland van drie groote stroomen.

Intusschen merken we op, dat ook tegenwoordig in het land der Tuariks door stortregens stroomen worden te voorschijn geroepen, die puinmassa's van meer dan 1000 M.³ voortbewegen over een afstand van soms 15 kilometer.

DELTA'S.

§ **288. Monden der rivieren.** De door de rivier medegevoerde sedimenten bezinken naar gelang van de snelheid, zooals we gezien hebben in § 272. Aan den mond wordt die snelheid aanmerkelijk verminderd, doordat het rivierwater op het zeewater stuit. Wel is zij dikwijls nog groot genoeg om het zoete water een eind in zee voort te stuwen, maar weldra vermengt het zich met het zoute water en op eenigen afstand van de kust eindigt de invloed der rivier.

Niet alleen door de tegenwerking van de zee vermindert de snelheid, ook door de zijdelingsche uitbreiding van het rivierwater geschiedt dit. Zoet water toch is soortelijk lichter dan zout en zal zich dus over dit laatste zijdelings uitbreiden.

De invloed van de Congo is op een afstand van bijna 50 kilometer van haar mond nog te bespeuren.

We zien dus, dat de stroomsnelheid om twee redenen plotseling vermindert en dus zal er volgens § 272 aan den mond der rivieren altijd een gedeelte der medegevoerde sedimenten bezinken. Natuurlijk is dit ook van toepassing op de monden der rivieren in meren.

Door dit bezinken der sedimenten ontstaan banken en ondiepten, die zich bij gunstige omstandigheden eindelijk boven den waterspiegel verheffen. Zijn de omstandigheden daarvoor niet gunstig, dan worden er alleen banken gevormd en blijft de riviermond open.

Delta noemt men de landstreek, die ontstaan is door de opeenhooping van de sedimenten, door de rivieren aan haren mond in de zee of in een meer neergelegd, en

door welke het vaste land zich ten koste van de waterbedekking uitbreidt. Riviermonden, waarin zulke delta's voorkomen, heeten delta-mondingen.

De onderzeesche banken aan den open mond van sommige rivieren hebben in ligging soms zulk eene overeenkomst met delta's, dat er geen ander verschil bestaat, dan dat zij beneden den waterspiegel blijven. In dat geval spreekt men van sub-marine delta's. Uit de bepaling van het begrip delta volgt, dat men twee soorten heeft, n.l. die, welke aan de zeekust en die, welke aan den meeroever voorkomen; de eerste noemt men buiten-, de tweede binnen-delta's. Voor het overige is er geen onderscheid tusschen beide.

De riviermonden kunnen verder, onverschillig of ze eene delta bezitten of niet, zich langzamerhand verwijden. Dit is het werk van den vloed. Bij hoog water toch dringt het zoute water onder het zoete in den riviermond op. Dit laatste tracht nu aan breedte te winnen, wat het in diepte heeft verloren en werkt dus zijwaarts, waardoor de oevers verder van elkander worden gelegd. Zulk een door den vloed verwijden mond noemt men een aestuarium of vloedmond.

Aanvankelijk was het begrip delta geheel anders. Wanneer een rivier zich aan haren mond in twee armen splitste, dan noemde men het tusschenliggende eiland een delta. Dit eiland had steeds een driehoekigen vorm. Naar dien vorm kreeg het zijn naam: delta is de naam van de Grieksche *d*, die als hoofdletter als een driehoek werd afgebeeld: Δ.

Hierdoor echter bracht men zeer ongelijksoortige verschijnselen onder dezelfde rubriek. De Amazonerivier toch splitst zich ook in twee armen, maar het daardoor ontstane eiland —

Zoek op de kaart, hoe het heet —

is niet door aanslibbing van de rivier ontstaan. Men zag dan ook weldra in, dat de verdeeling in armen geen factor van het begrip delta kon zijn, maar dat dit bepaald werd door de wijze van ontstaan van de landstreek, die aan den mond ligt. Er zijn genoeg delta-mondingen, waarbij de rivier zich niet in armen verdeelt.

Wij hebben dus de volgende verdeeling der riviermonden:

A. Monden zonder delta's of waarbij de sedimenten niet boven den waterspiegel komen.

1e zonder verwijding van den mond: Duero, Guadiana;

2e met vloedmonden: Elbe, Wezer, Theems, Gironde, Loire, Seine.

B. Monden met delta's.

1e met onverdeelden riviermond: Ebro, Arno, Hoangho;

2e met verdeelden riviermond:

a. zonder vloedmond: Po, Rhône, Donau;

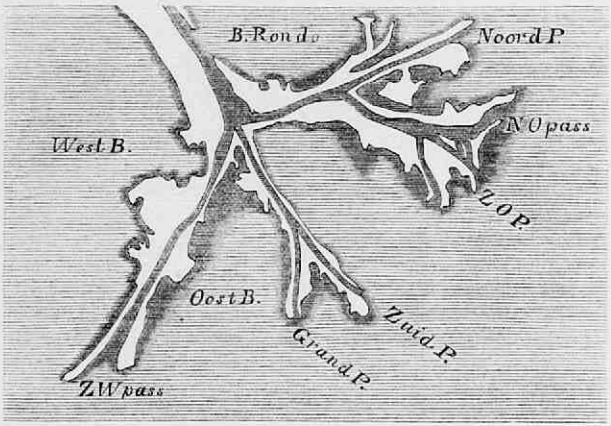
b. met vloedmond: Ganges, Irawaddy, Schelde.

Fig. 69 geeft eene afbeelding van de Mississippi-monden of zoogenaamde Passen, als voorbeeld van verdeeling in drie armen. Wijs aan in welke passen vloedmonden zijn. Fig. 70 geeft eene afbeelding van de Ebrodelta, als voorbeeld van een onvertakte delta-bouwende rivier.

Zoek de rivieren op, die in de verdeelingstabel genoemd zijn. Kent ge rivieren, die zich in hare delta in tweeën verdeelen? in drieën?

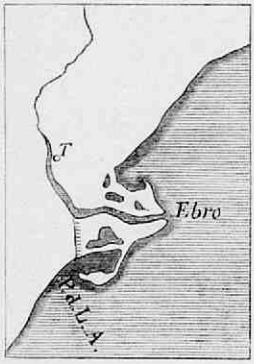
§ 288. Bouw en omvang der delta's. Toen het begrip delta nauw samenhing met de verdeeling van de rivier in twee armen, was het aanvangspunt van een delta gemakkelijk aan te wijzen. Thans, nu de oorsprong van den grond beslist, is dit veel moeilijker; de Wolgadelta begint ongeveer 75 kilometer boven Astrakan en reeds 400 kilometer boven genoemde stad verdeelt de stroom zich in armen; terwijl de delta van de Mississippi ongeveer bij den mond van de Ohio aanvangt en de verdeeling in de drie »passen" eerst beneden Nieuw-Orleans plaats vindt. Wil men sprekender bewijzen, dat de verdeeling in armen niets te maken heeft met het aanvangspunt der delta! Doorgaans is dat punt niet aan te geven, daar de rivier-sedimenten zich langs den stroom ver opwaarts uitstrekken en kan alleen de ondergrond beslissen, of ze op een vroeger zeegebied gelegen zijn of niet. Doen ze dit niet, dan kan er van een uitbreiding van de landmassa ten koste van de zee geen sprake zijn en dus ook niet van eene delta. De delta begint dus, waar stroomopwaarts de marinevormingen als ondergrond eindigen.

Fig. 69.



De Mississippi-monden.

Fig. 70.



Delta van de Ebro.

De bestanddeelen van de delta zijn drieledig: mineraal, plantaardig of dierlijk. Verreweg het grootste gedeelte behoort tot de minerale. We hebben reeds gezegd, dat stroomend water de grootere en kleinere, de grovere en fijnere deelen van elkander scheidt. Ook in de doorsnede der delta is dit duidelijk te zien: de zwaardere deelen liggen meer stroomopwaarts dan de lichtere. Intusschen is de stootkracht van eene rivier niet altijd even groot: bij hoog water is zij grooter dan bij gemiddelden rivierstand, bij dezen weer grooter dan bij laag water. Hoog water

voert dus de grovere bestanddeelen vaak op plaatsen, waar eenigen tijd te voren slechts zeer fijne bezonken: laag water voert daarna op dezelfde plaats weer meer verdeelde aan. Zoo bestaat eene delta uit verschillende lagen, die zich voornamelijk onderscheiden door de meerdere of mindere fijnheid der korrels. Bij de buitendelta's hebben deze lagen doorgaans eene horizontale strekking, bij binnendelta's kunnen ze eene helling van ruim 30° bereiken; bij deze laatste is het puin doorgaans veel grover.

Kunt ge dit verklaren?

De plantaardige zelfstandigheden worden ook door den stroom aangevoerd. Zij komen van de oeverlanden. Hoe meer drijfhout, enz. wordt aangevoerd, hoe grooter is het aandeel der plantaardige stoffen in den bouw van de delta. Ook zweven steeds in het water zulke stofdeeltjes. De plantaardige bestanddeelen vormen dikwijls uitgestrekte lagen van ligniet en turf. In de delta van de Po vindt men 4 verschillende lagen van zulke stoffen en wel tot eene diepte van 100 meter.

De dierlijke zelfstandigheden werken slechts in geringe mate aan den bouw van de delta mede en bestaan hoofdzakelijk uit schalen van weekdieren.

Worden de organische bestanddeelen door minerale bedekt, dan kunnen de gassen, die door verrotting der eerste ontstaan niet gemakkelijk ontwijken. Door opeenhooping krijgen deze gassen dan eene spankracht, groot genoeg om zich een doortocht door de bovenliggende slikmassa te banen. Daardoor ontstaan kleine gas- en slijkvulkanen, die bij de Mississippi, waar zij veel voorkomen, den naam van Mudlumps dragen. (Zie § 227).

De dikte van de delta's is natuurlijk zeer verschillend. De Nijldelta heeft gemiddeld eene dikte van 10 meter; op enkele plaatsen stijgt deze tot 15 meter. Onze Rijn-delta bestaat tot 60 meter diepte uit rivierbezinking, afgewisseld door turflagen. De Rhône-delta heeft bij Aigues-Mortes eene dikte van meer dan 100 meter, de Po-delta op sommige plaatsen zelfs van nagenoeg 180 meter. Bij 183 meter diepte had men in de Mississippi-delta ten noorden van Nieuw-Orleans het einde der rivierbezinking nog niet bereikt, evenzoo op eene diepte van 176 meter in de Ganges-delta bij Calcutta.

§ **290. Ligging der delta's.** Dikwijls vullen de delta's inhammen, waar de rivier oorspronkelijk in uitmondde en die zij langzamerhand met haar slib heeft gevuld. Zulke bochten zijn bijvoorbeeld het Nijldal, de Povlakte, de vlakte van den Ganges, enz. Tegenwoordig kan men eene dergelijke aanvulling nog waarnemen bij de Rio de La Plata, de Dnjestr, enz. Vele van deze bochten worden door landtongen van de zee afgesloten (Zie bij de haffen). Evenwel zijn deze landtongen (duinrijen) geen bepaald vereischte, wat duidelijk blijkt uit het feit, dat de Po hare delta tegenwoordig reeds buiten de rij lidi's voortzet.

In andere gevallen breidt de delta zich buiten de kust uit. Als voorbeelden daarvan

noemen we die van de Ebro, van de Rhône en van de Mississippi. Men onderscheidt daarom aanvullings delta's van vooruitgeschoven delta's. Intusschen gaan de eerste na verloop van tijd over in de laatste, zooals de Po ons duidelijk doet zien. De oppervlakte der delta's is vlak en ligt nagenoeg horizontaal. In sommige gevallen worden er hier en daar duinwallen gevormd, die de volkomen effenheid verbreken.

§ **291. Het aangroeien der delta's.** Was de dikte der delta's zeer verschillend, evenzeer is dit het geval met het aangroeien. Bovenaan staat, wat de snelheid betreft, waarmede zij in zee vooruit schuift, de delta van de Terek, die gemiddeld in een jaar bijna 500 meter op de Kaspische Zee verovert. Echter gaat in de meeste gevallen de aanwas niet altijd even snel. De stad Adria ligt thans 35 kilometer, de stad Ravenna 6,5 kilometer van zee. Daaruit volgt voor de Po een aanwas van ongeveer 40 meter per jaar; nadere onderzoekingen hebben aangetoond, dat de delta van 1200—1600 ongeveer 25, van 1600—1804 ongeveer 70 meter per jaar aangroeide. Deze meerdere aanwas in de laatste 200 jaar is het gevolg van de bedijking. In vroegere jaren, toen de rivier nog niet bedijkt was, werden er bij overstrooming der oeverlanden zeer veel medegevoerde stoffen afgezet, voor zij den mond bereikt hadden; terwijl daar tegenwoordig geen of weinig gelegenheid meer voor is. Een stroom, die men opzettelijk in de gelegenheid stelt zijne wateren over het land uit te breiden, zal dus weinig aan de vergrooting van zijne delta kunnen arbeiden. In dit geval verkeert de Nijl (Zie § 266); haar delta wast jaarlijks dan ook slechts 4 meter in zee vooruit. De delta der Rhône in het Meer van Genève groeit jaarlijks gemiddeld 3 meter, die van genoemde rivier in de Middellandsche Zee sinds 1737 ongeveer 60 meter aan; de delta van de Hérault 2 meter, van de Arno 6 meter, van den Tiber 1—3 meter, van den Donau in den Sulinamond 4 meter jaarlijks. In den Mississippi-mond is de aanwas in de verschillende passen ongelijk, zij bedraagt in de Zuidwestpas 103, in de Zuidpas 85 en in de Noordoostpas 40 meter jaarlijks.

Er zijn ook delta's, die het tegenovergestelde verschijnsel vertoonen, die terugwijken en dus op weg zijn om vernietigd te worden. Zulk eene vernietiging van jong gevormd land heeft vooral aan de kusten van Dalmatië plaats. De vruchtbare delta van de Narenta wordt langzamerhand weder door de zee veroverd. Maar zoover behoeven we daarvoor niet eens van huis te gaan, wij allen weten, dat de Rijn-delta reeds lang een prooi van de golven zou geweest zijn, als het Nederlandsche volk den kostbaren grond niet met overleg, zorg en moeite tegen de Noordzee verdedigde. In den tijd der Romeinen had de Eems ook nog een delta, die thans geheel is verdwenen.

§ **292. Verbreiding der delta's.** De wetenschap heeft zich reeds lang bezig gehouden met het vaststellen der factoren, waarvan het ontstaan eener delta

afhankelijk is. Die factoren kunnen zijn: 1e de hoeveelheid medegevoerde stoffen, 2e de diepte van de zee bij de kust, 3e eb en vloed, 4e zeestroomen, 5e winden en 6e niveauveranderingen.

a. De hoeveelheid door de rivier medegevoerde stoffen. Uit den aard der zaak zou men meenen, dat hoe meer vaste stoffen een stroom medevoert, hoe sneller hij zijn delta opbouwt en dat het ontbreken van een alluviale landstreek aan den mond het gevolg moest zijn van het bijna ontbreken van sedimenten. Dit is niet het geval. De Weichsel b. v. voert weinig vaste deelen mede (van 2½—6 honderdduizendsten) en arbeidt toch aan de uitbreiding van haar delta, terwijl de Theems (met bijna 3 honderdduizendsten vaste stof), de Elbe (met 11 honderdduizendsten), ja zelfs de Gironde (met 417 honderdduizendsten) geen delta vormen. Ganges, Nijl, Mississippi, Rhône en Rijn staan, wat hoeveelheid vaste stof aangaat, alle beneden de Gironde en toch bouwen zij wel een delta op. De stroomsnelheid is hier niet voldoende om dit verschil te verklaren, want de traag vlietende Nijl bezit even goed een delta als de snelstroomende Mississippi. Te gering voor delta-bouw is dus de hoeveelheid sedimenten van eene rivier nooit.

b. De diepte van de zee. Het is zeer begrijpelijk, dat in eene ondiepe zee de zandbanken spoediger boven den waterspiegel uitsteken, dan in eene diepe. We hebben daarom allen grond om te onderzoeken of de diepte van de zee nabij den riviermond ook van beslissenden invloed is op het ontstaan van de delta's. Bij de verdeeling van de Mississippi in 3 passen wordt de Golf van Mejico aanmerkelijk dieper, maar dit heeft geen invloed op de uitbreiding van de delta. Overigens is het waar, dat de meeste delta's aan ondiepe kusten voorkomen. Echter zijn er ook voorbeelden van het tegengestelde. Op een der diepste plaatsen van het Meer van Genève heeft de Dranse haar mond en boven den 300 meter diepen meerbodem heeft dit riviertje een delta opgebouwd, die nog aanhoudend in het meer uitgebreid wordt. De diepte kan dus den delta-bouw niet beletten.

c. Ebbe en vloed. Er is een tijd geweest, waarin men de stelling huldigde, dat de werking der getijden alle delta-vorming verhinderde.

Ga eens na, waar de werking van de getijden het sterkst is.

In de Perzische Golf is de vloed tamelijk sterk; toch heeft de Sjat-el-Arab een delta, die nog wel 54 meter per jaar voortschuift. De Ganges staat evenzeer onder de werking der getijden, evenzoo de Songka in Tonking, de Sikiang, de Hoangho. In de Middellandsche Zee is de werking der getijden daarentegen gering en toch treffen we daar veel delta's aan. We komen dus tot het resultaat dat eb en vloed niet van beslissenden invloed zijn op het voorkomen van delta's.

d. Zeestroomen. Wanneer zich een zeestroom langs de kust beweegt, zul-

len de sedimenten van eene daar uitmondende rivier door de snelheid van het water worden afgeleid. Er komt dan geen stilstand, de stootkracht wordt niet verminderd en dus kan er van geen bezinken sprake zijn. Deze redeneering schijnt juist, maar ze is het slechts in schijn, want door het op elkander stooten van in twee richtingen stroomend water zal altijd eenige stilstand geboren worden. We zien dus, dat ook de zeestroom niet van beslissenden invloed is. Langs den mond van den Amazone-stroom begeeft zich de noordelijke tak van den zuidelijken Aequatoriaalstroom noordwestwaarts, maar mag men nu beweren, dat dit de oorzaak is, dat aan dien mond geen delta ontstaat? Klaarblijkelijk niet, want langs den mond van den Orinoco gaat dezelfde zeestroom en daar heeft zich wel eene delta ontwikkeld. Voorbij den mond van de Zambezi loopt de Mozambiquestroom, voorbij de Rhône- en Nijl-delta de stroomen, die de havens van Narbonne en Phenicië deden verzanden, en toch vindt men er delta's.

e. Winden. Wij weten allen, hoe gevaarlijk stormen zijn voor onze kusten. Hoe veel land is er door de noordweststormen, die over de Noordzee strijken en het water tot eene ongekende hoogte opvoeren, aan ons vaderland ontrukt. Voorzeker wij zouden het gaarne gelooven, als de geleerden ons betoogden: onder heftigen windslag kan geen delta opgebouwd worden. Maar dat zal ons niet betoogd worden, want stormen mogen in een of andere streek ook al dikwijls heerschen, zij doen niet voortdurend hun kracht gevoelen. Daarom kunnen zij wel van invloed zijn op den vorm en de mate van aangroeien, maar geenszins op het al of niet voorkomen van delta's.

> Een voorbeeld van den invloed van den wind op den vorm en het aangroeien vinden we bij de passen van de Mississippi. De windrichting is hier doorgaans Zuidoost. De Zuidwestpas en de Noordpas staan dus loodrecht op die richting, de Zuidpas loopt tegen den wind in. Nu groeien de beide eerstgenoemde passen nog voortdurend aan, de laatste neemt echter af. De afwijking van den Rhônemond schrijft men toe aan de werking van den Mistral, een N. en N.W. stormwind (Zie § 77).

Daar de wind oppervlakkige zeestroomen doet ontstaan, valt zijn invloed gedeeltelijk samen met dien der zeestroomen.

f. Niveauveranderingen. In den laatsten tijd heeft men in de positieve en negatieve niveauveranderingen een beslissenden factor voor het niet of al voorkomen van delta's meenen te zien. De invloed daarvan laat zich zeer gemakkelijk verklaren. Bij elken riviermond vinden we bezinksels, bij sommige blijven de daardoor gevormde banken onder water, bij andere steken ze er boven uit. Heeft er in zulk een mondingsgebied een negatieve niveauverandering plaats, daalt de zeeoppervlakte dus, dan zullen de banken te eerder boven water komen. Heeft er eene positieve verandering plaats, rijst de zeeoppervlakte dus, dan zullen de banken onder water blijven, tenzij de mate van ophooging van deze grooter is dan de rijzing

der zeeoppervlakte. Onderzoeken we nu, of er in de bestaande delta's ook verschijnselen voorkomen, die er op wijzen, dat ze bij positieve niveauverandering ontstaan zijn, zoo vinden we, dat in de Po-, Memel-, Rijn-, Ganges- en Mississippidelta door boringen turflagen en boomstammen in natuurlijken stand op meerdere of mindere diepte worden aangetroffen. Dit verschijnsel kan moeielijk anders dan door positieve niveauverandering verklaard worden. Mogelijk is het echter, dat de daling der kust bij tusschenpoozen plaats had en gedurende den tijd van rust de delta gevormd werd. Verder ondergaat het mondingsgebied van den Amoer tegenwoordig eene negatieve verandering en toch wordt daar geen delta gevormd. We komen dus tot het resultaat, dat ook de niveauveranderingen niet van beslissenden invloed zijn op de verbreiding der delta's.

't Is anders wel opmerkelijk, dat negatieve verandering doorgaans voorkomt aan delta's bezittende kusten. Natuurlijk rekent de Rijn-delta tegenwoordig niet mee, want als de Nederlanders haar niet verdedigden, was zij reeds lang verzwolgen. Bij het Tsjadmeer is de invloed vrij duidelijk: de Yeu, die aan den dalenden westelijken oever uitmondt, heeft geen delta; de Sjari, die aan den zuidoostelijken rijzenden in het meer valt, heeft een zeer uitgestrekte.

Resumeeren we nu, dan zien we, dat geen enkele der genoemde factoren een beslissenden invloed heeft, maar dat de verbreiding der deltas's afhangt van de verschillende samenwerking van alle, en dat de wetten der verbreiding zich waarschijnlijk nooit op eenvoudige wijze zullen laten formuleeren.

VERANDERINGEN IN DE STROOMGEBIEDEN.

§ **293. Bovenloop.** We hebben nu en dan de veranderingen, die in de stroomgebieden door uitschuring en uitholling plaats hadden, ter sprake gebracht, we willen ze thans nog eens in haar geheel nagaan. De veranderingen kunnen we tot twee afdeelingen brengen, naargelang van de plaats, waar ze voorkomen, en wel

1e veranderingen in den bovenloop;

2e veranderingen in den midden- en den benedenloop.

Tot die van den eersten groep behooren in de eerste plaats het achteruitwijken van de waterscheiding.

Welke wijziging had er daardoor plaats tusschen de Inn en de Mera?

Nu is het gemakkelijk te begrijpen, dat bij zulk achteruitwijken een rivier wel eens met haar brongebied zou kunnen grijpen midden in den bovenloop van eene andere, waarvan de richting loodrecht op de hare staat. Een voorbeeld zal dit ophelderen. Van den Septimer gaat het Oberhalbstein-dal naar het noorden tot Tiefenkasten. In het verlengde daarvan strekt zich een dal uit tot den Rijn bij Chur. Ten westen van Tiefenkasten ligt Thusis, waar naar het gevoelen van een Zwitsersch geleerde in vroegere tijden de Schijnbeek van den oostelijken bergwand in den

Achter-Rijn viel. Toen wendde de Albula zich in het verlengde van het Oberhalbsteindal in noordelijke richting tot Chur. De Schijnbeek echter doorknaagde den rots, die het Oberhalbsteindal van dat van den Achter-Rijn scheidde en leidde daardoor de Albula door den engen Schijnpas naar laatstgenoemde rivier. Het dalstuk tusschen Tiefenkasten en Chur was nu verlaten.

Intusschen zijn alle veranderingen in den bovenloop der rivieren nog niet op voldoende wijze verklaard. De Rijn stroomde vroeger niet door het Meer van Constanz. Van Chur liep hij slechts noordwaarts tot Sargans en wendde zich dan naar het westen door de Wallensee en het Meer van Zurich naar de Aar. De aanvulling van het bekken van Sargans en het uitslijpen van den oost-west gerichten bergrug ten noorden van die plaats schijnen de oorzaken te zijn, dat hij tegenwoordig al zijn water naar het Meer van Constanz zendt.

Ook in dit meer treffen we veranderingen aan. In de eerste plaats de verkleining van den omvang, die gemakkelijk te verklaren is.

Waar heeft die plaats gehad en hoe wordt zij verklaard?

Maar daarenboven eindigt het in drie golven, de Ueberlingersee, de Untersee en den Rijn, welke men alle beschouwt als door genoemde rivier gevormd. Ook schijnt deze zich eens van Schaffhausen recht naar 't westen gewend te hebben om bij Waldshut in haar tegenwoordige bedding te komen. Wij noemen deze wijzigingen om te laten zien, dat ook in den bovenloop veel veranderingen hebben plaats gehad en de wetenschap nog verre van het standpunt verwijderd is, dat zij alles kan verklaren.

§ **294. Midden- en benedenloop.** De veranderingen in den midden- en benedenloop zijn dikwijls van ingrijpenden aard. Ten opzichte van de meridionale rivieren vermelden we hier de zoogenaamde Wet van van Baer.

Men heeft namelijk opgemerkt, dat deze rivieren steeds eene neiging vertoonen om op het noordelijk halfrond haar oever naar de rechterzijde te verleggen. Van Baer schreef deze werking toe aan de aswenteling der aarde. Het water zou zich namelijk in dit opzicht evenzoo gedragen als de wind en naar rechts afwijken.

Op het zuidelijk halfrond ook?

Er is echter nadrukkelijk bewezen, dat de aswenteling al kan men op theoretischen grond haar invloed niet ontkennen, toch nooit zoo groote afleiding kan teweegbrengen, als we bij de meridionale stroomen waarnemen. Daarenboven wijken niet alleen deze maar ook anders gerichte stroomen van de eens aangenomen richting af. Voor we verder gaan zullen we eenige afwijkingen als voorbeelden aanhalen.

Het meest bekende voorbeeld vinden we bij de Wolga.

Deze stroomt beneden Kasan tusschen twee oevers, die zeer veel van elkander verschillen; de westelijke wordt gevormd door den hoogen Duna-Donschen landrug, de oostelijke door den lagen Weide-oever. Nu dringt de rivier steeds tegen den

eersten aan, schuurt dezen af en verlegt haar bed daardoor naar het westen. De Siberische stroomen, Ob, Jenisseï en Lena, wijken naar het oosten. Toen het bleek, dat de wet van van Baer niet juist was, schreef men deze afwijking toe aan de in Siberië heerschende westenwinden; maar als deze daar de oorzaak waren, dan moesten ze in Rusland ten minste eene tegengestelde beweging verhinderen.

Moge nu van Baer ook aan de aswenteling der aarde een te groote kracht toegeschreven hebben, het feit, dat hij opmerkte, was een feit; de groote rivieren wijken over 't algemeen op het noordelijk halfrond naar rechts af. Men zoekt daarom naar andere oorzaken en meent die gevonden te hebben in locale toestanden. Zoo zou de Nijl naar rechts gedreven worden door het stuifzand van de Sahara. Bij de Ganges en de Dsjoemna verklaart men het verschijnsel op de volgende wijze. De Himalaya levert veel meer water aan genoemde rivieren dan het bergland, dat aan den anderen oever ligt. Met dat water komen verweerings- en erozieproducten mede. Aan den voet van den Himalaya zullen dus meer puindeelen neergelegd worden, dan tegen den zuidelijker bergwand, die daardoor minder opgehoogd wordt. Een gelijk verschijnsel treft men aan bij den Donau van Ulm tot Passau. Hier is het evenals in Voor-Indië eene rivier, die tusschen een oud en een jong gebergte doorstroomt. De Alpen zijn het jongst, de Jura het oudst. Het eerste levert het meeste puin, ook stroomen er de meeste rivieren af.

Vergelijk de linker- met de rechterzijrivieren van den Donau in dit gedeelte. Merk bovenal op, dat we hier op het noordelijk halfrond te doen hebben met een stroom, die zich tegen zijn hoogeren l i n k e r o e v e r aandringt.

Wat dunkt u van de Aar in dit opzicht?

De Donau drukt beneden Orsova weder tegen den rechteroever. Dit schrijft men toe aan de rivieren, welke hij aan den linkeroever opneemt, en welke die van zijne rechterzijde in grootte overtreffen.

Intusschen kan men het verschijnsel op sommige plaatsen nog niet verklaren; b.v. het dringen tegen den rechteroever van den Donau van Buda tot Mohacz.

Groote veranderingen hebben er vooral in de Noord-Duitsche laagvlakte plaats gehad. De Oeralisch-Baltische landrug belette vroeger, dat een der rivieren zich naar de Oostzee wendde. De Weichsel stroomde van het tegenwoordige Bromberg langs de zuidelijke helling van de Pommersche meervlakte door het dal van de Netze en de Warthe naar de Oder. Ook deze brak niet door den landrug, maar vloot door de Spree- en Havellaagte naar den benedenloop van de Elbe. Zoo vond het Weichselwater zijn weg naar de Noordzee. Eerst na de doorbraken bij Bromberg en bij Oderberg ontstonden uit deze rivier drie andere: Weichsel, Oder en Elbe. Deze laatste echter werd toen nog niet gevoed door het bovengedeelte van een stroom, die uit Bohemen kwam en tot Maagdenburg de tegenwoordige Elbe was. Van deze stad stroomde die rivier niet noord- maar noordwestwaarts door het bed van de Ohre

over de Drömling, van waar ze in het bed van de tegenwoordige Aller koers zette naar Bremen.

De Ohre mondt tegenwoordig in de Elbe beneden Maagdenburg, de Drömling is een moeras in het bronnengebied van de Ohre, waar tegenwoordig de waterscheiding tegen het Wezergebied nog zeer vaag bepaald is. Elbe, Oder en Weichsel zijn dus ook naar rechts afgeweken, evenwel blijkbaar niet door de aswenteling, maar doordat zij hen stuitende ruggen in de laagvlakte hadden doorboord.

Andere veranderingen hebben weder met Rijn en Rhône plaats gehad. Er schijnt een tijd geweest te zijn, dat de Rijn boven Bingen en de Rhône boven Genève tot het gebied van den Donau behoorden. Later zijn van Bingen tot Bonn en bij Genève (la perte du Rhône) doorbraken in den bergmuur ontstaan en daardoor hebben beide een geheel andere richting genomen. Evenzoo meent men, dat de noordelijke Red-River eens tot het Mississippi-gebied heeft behoord. Hoe men van deze omkeeringen eene voldoende verklaring tracht te geven, ligt buiten ons bestek.

§ 295. Veranderingen door den opbouw van delta's. Een dezer veranderingen hebben we reeds besproken in § 273.

Zie nog eens na, wat daar van de Hoangho staat.

In de eerste plaats vestigen we de aandacht op de weinige standvastigheid van de mondingen in het delta-gebied. De oppervlaktevorm van de delta zelve is hiervan het duidelijkste bewijs. Men vindt er talrijke oeverbanken, die de breede geulen begeleiden, welke eenmaal tot uitmondingskanaal hebben gediend. Natuurlijk ontbreken zij daar, waar de mensch zich van het vruchtbare deltaland heeft meester gemaakt, maar in de delta's van Terek, Wolga, Oeral en bovenal in die van de Mississippi komen ze talrijk voor. Daar dragen ze den naam van bayous.

Het kan vreemd schijnen, dat zoodanige oeverwallen, dus een soort van dijken, door de rivier zelve gevormd worden. Toch is het zeer eenvoudig te verklaren. Eene rivier toch zal aan haren oever steeds weligen plantengroei doen ontstaan; vocht en vruchtbare aarde moeten dat wel bewerken. Stijgt het met slib beladen water nu en verbreidt het zich over de oeverlanden, dan zal een groot gedeelte van dat slib door den plantengroei aan de oevers worden vastgelegd. Hoe verder van den oever, hoe minder slib het water medevoert. De grootste bezinking heeft dus onmiddellijk naast de rivier plaats en daar wordt de bodem dan ook het meest opgehoogd. Een dwarse doorsnede van de Mississippi-vlakte laat ons de rivierbedding zien als eene uitholling op eene zeer zwakke hoogte.

Oude riviermonden komen trouwens ook in de Rhône-delta voor. Van de zeven monden, welke Strabo (66 v. tot 24 n. Chr.) vermeldt, bezit de Nijl er tegenwoordig nog maar twee.

Ook het punt, waar de rivier zich splitst, wordt langzamerhand stroomafwaarts geschoven. We hebben dus het feit: In de delta verandert de onbedijkte rivier onophoudelijk van richting.

Vloeien twee deltabouwende stroomen niet ver van elkander verwijderd in dezelfde zee uit, dan smelten meermalen de beide delta's tot één geheel samen. Daardoor wordt de eene stroom een zijrivier van den anderen, of, indien zij van ongeveer

gelijke grootte zijn (en hier ligt het veld weêr open voor de willekeur van 't gebruik), noemt men ze tweelingsstroomen. Zoo stroomden Aloeta, Sereth en Proeth vroeger als zelfstandige rivieren naar de Zwarte Zee, thans zijn ze slechts zijrivieren van den Donau. Evenzoo was de Ill een zelfstandige rivier, die in het Meer van Constanz vloeide; maar de Rijn dempte de grootste helft en thans is de Ill (waaraan Feldkirch) een zijrivier van den hoofdstroom. Vroeger vloeiden de Euphraat en de Tigris elk afzonderlijk naar de Perzische Golf, thans gebruiken ze hetzelfde kanaal, de Sjat-el-Arab. Alle rivieren, die in de golf tusschen Apennijnen en Alpen uitmondden, waren vroeger zelfstandige riviertjes, thans leveren ze haar water aan de Po, uitgezonderd één, de Etsch, die, door de erodeerende kracht en de medegevoerde slibmassa's hoe langer hoe meer naar 't oosten gedrongen, zelfstandig bleef.

Wijkt deze rivier af volgens de »Wet van van Baer?" Is de Maas een zijrivier van den Rijn? Zoek tweelingsstroomen.

Door het samengroeien van delta's worden dus sommige rivieren tot bijrivieren verlaagd.

Verder wijzen we op de veranderingen, die de meren ondergaan kunnen, als de rivier, welke daarin uitstroomt, een delta opbouwt; daardoor kan de omvang van het meer beperkt worden en kunnen nieuwe meren ontstaan.

Van het eerste hebben we reeds voorbeelden ontmoet: denk slechts aan het oude Meer van Constanz, dat bij Sargans, aan het Meer van Genève, dat bij St. Maurice, aan het Vierwaldstättermeer, dat bij Ertsfelden, aan het Lago Maggiore, dat bij Bellinzona aanving. Door voortgaande aanslibbing kan het meer geheel verdwijnen, zooals de Bovenrijnsche laagvlakte en vele vruchtbare dalverwijdingen in den loop der rivieren, die niet anders zijn dan aangevulde meren.

Nieuwe meren worden gevormd, wanneer eene rivier van terzijde eene delta opbouwt in een reeds bestaand meer. Dan heeft er eene verdeeling plaats.

Wat hebben we van de Lütschine geleerd? (Zie § 272).

De Adda heeft op die wijze het Meer van Mezzola van het Comomeer afgesneden, evenals de Toce het Meer van Mergosso van het Lago Maggiore. Evenals tusschen Thuner en Brienzer-meer geschied is, heeft de Linth tusschen de Walllensee en Züricher-meer het scheidende »March" gevormd.

Bezie eens het Baikalmeer en de delta der Selenga.

Niet alleen in meren, ook in golven neemt men deze afsnijding door eenen zijdelingschen aanwas waar. Op die wijze wordt de bloei van de stad Smyrna sterk bedreigd door de in hare golf uitmondende Gedis-Tschai.

Delta's kunnen dus meren opvullen of in tweeën deelen.

Wenden we nu nog weer even den blik naar China en wel bepaaldelijk naar de delta van de Hoangho, dan zien we daar een bergachtig schiereiland, Sjantoeng,

dat de Golf van Petsjeli van de Gele Zee scheidt. Voor degenen, die eene hoogtekaart van Azië bezitten, is het zeer gemakkelijk te zien, dat dit schiereiland vroeger een eiland was, dat door het voortdringen van de delta van de Hoangho met het vastland is vereenigd. In Frankrijk vinden we een dergelijk voorbeeld aan den mond van de Aude, waar de Montagne de la Clape, die vroeger een eiland was, aan twee zijden door armen van de Aude begrensd wordt. Ook in meren worden vaak eilanden op deze wijze met den oever verbonden. Door het aanwassen van delta's kunnen dus eilanden aan het vastland worden gehecht.

Resumeeren wij: **door den aanwas van delta's verandert de rivier onophoudelijk van richting, worden sommige rivieren tot bijrivieren verlaagd, worden meren opgevuld en in tweeën gedeeld, worden eilanden aan het vastland gehecht.**

GEBIEDEN VAN OPBOUW.

§ **296. Indeeling.** Hebben we de vernielende kracht van lucht, ijs en water in de voorgaande paragraven nagegaan, we hebben tevens op verschillende plaatsen gelegenheid gehad op te merken, dat de verweerde en medegevoerde stof niet werd vernietigd, maar van de eene plaats meegenomen om op eene andere weer te worden neergelegd. Zoo werken al deze krachten evenzeer tot opbouw als tot slooping: zij trachten de aardoppervlakte gelijk te maken.

Naar de verschillende krachten, die tot dezen opbouw medewerken, kunnen we de gebieden verdeelen in:

1e gebieden van waterbezinksels,
2e gebieden van gletscherpuin,
3e gebieden van windvorming.

§ **297. Bezinkingen uit het water.** Deze kan men weder splitsen in twee groepen, naar gelang zij door zee- of door rivierwater aangevoerd en daarin bezonken zijn. Van de rivierbezinksels hebben wij in de vorige paragraven dikwijls gesproken, daarom wijzen we er hier slechts op, dat ze òf door overstroomingen ontstaan en dan buiten het rivierbed voorkomen òf als delta's aan den mond òf op de doode punten in het rivierbed zelf gevormd zijn. Deze flutiviale gebieden hebben steeds een horizontale oppervlakte, die geen of weinig golving vertoont.

Denk aan de bayou's en andere oude rivierarmen.

Zij komen overal voor, waar de neerslag rivieren voedt of gevoed heeft, en ontbreken op de pooleilanden, die onder het ijs begraven zijn.

De gebieden, waar de zee opbouwend werkte, de zoogenaamde marine gebieden, komen natuurlijk alleen langs de zeekust voor. In de ontwikkelingsgeschiedenis der aarde zullen we zien, dat ze dikwijls het bewijs zijn van eene

vroegere uitbreiding van den oceaan ter plaatse, waar we nu geen zeewater meer vinden. De voornaamste bezinksels uit het zeewater zijn zout, klei en zand.

Het zout komt langs de zeekusten niet in lagen voor, wel is de bodem van het strand er mede doortrokken. Op sommige plaatsen in de landmassa vindt men het echter in dikke lagen; het is voor den mensch van groot gewicht, omdat het een onontbeerlijk bestanddeel van zijne spijzen uitmaakt.

Beroemde zoutmijnen vindt men in Europa bij Stassfurt (ten Z. van Maagdenburg), bij Wieliczka en Bochnia en bij Kalusz in Galicië, welk land naar dit mineraal zijn naam ontving (Halicz beteekent zoutland). Verder bevat het gebergte bij Hall in Tirol, Aussee in Stiermarken, Hallstatt en Ischl in Oostenrijk, Hallein bij Salzburg, Berchtesgraden en Reichenhall in Beieren veel zout, dat door uitlooging aan de oppervlakte wordt gebracht.

De zeeklei is oorspronkelijk een geschenk van de rivieren. Zij bezinkt op eenigen afstand van de kust, of wordt door de golfslag weder tegen de landmassa gedreven en strekt in dit laatste geval tot aanwas daarvan. Vooral in de achterste hoeken van diep indringende inhammen kan veel en zuivere zeeklei afgezet worden. Doorgaans is zij echter met zand vermengd.

Zoek voorbeelden van beide gevallen in ons vaderland.

Tengevolge van deze aanslibbing wordt de zeekust in de richting van de zee verlegd. Eilanden worden aan het vastland gehecht en golven en baaien in vruchtbaar land herschapen. Java breidt zich door aanslibbing van zee en rivier bezinksels naar het noorden uit (Zie § 155).

Welke boomen bevorderen daar vooral dit aanslibbingsproces? Welk eiland aan de noordkust is reeds met Java vereenigd, welk aan de zuidkust zal er spoedig mede vereenigd zijn? Wat dunkt u van Madoera? Noem nog een paar Indische eilanden, waar de aanslibbing een grooten invloed op den vorm heeft uitgeoefend.

Aan de kust van Italië vinden we ook eene menigte eilandjes, die thans met het vastland vereenigd zijn, zooals: Piombino, den rots, waarop Gaëta ligt, en den Monte Circello, den noordelijken hoeksteen van de naar die stad genoemde golf, den Mont-Argentario tegenover het eiland Giglio, enz. Het door de zee teruggegeven zand levert de bouwstof voor onze duinen (Zie § 166). Wat de zee ontvangt en niet weder op het droge werpt dient tot vorming van de litorale bodembedekking (Zie § 112).

§ **298. Gebieden van gletscherpuin.** Van veel geringeren omvang dan de bezinksels uit het water zijn de gebieden door den gletscher opgebouwd. Wat de ijsmassa's medevoeren wordt grootendeels door het water verder gevoerd; alleen wanneer de gletschers zich langzaam terug trekken, bedekken zij de verlaten bedding met puin en vormen zoodoende een moraine-landschap. Alleen die van de diluviale gletschers hebben eenige uitbreiding. De oppervlakte van zulk een landschap is zeer onregelmatig; de eindmoraines vormen dicht bij elkander gelegen heuvelrijen, waartusschen zich kloven en spleten, soms ook grootere laagten, door water of veen

gevuld, bevinden. Moraine-landschappen vindt men vooral langs den zuidrand van de Alpen (Zie § 212, waar de invloed van zulke steenwallen op de meervorming bij rivieren is vermeld).

De bekende hoogten van Custozza en Solferino, waar in deze eeuw zoo bloedig om gestreden werd, zijn zulke moraines. De Euganeën en de Monti Berici zijn vulkanisch. Ook ons diluvium is een moraine-landschap.

De landruggen van Pruisen, Pommeren en Mecklenburg onderscheiden zich door het groote aantal meren. In Noord-Amerika komen moraine-landschappen in grooter uitgebreidheid voor. Voorbeelden zijn daar het Plateau du Coteau du Missouri aan den rechteroever van deze rivier in Dacota en het Plateau du Coteau des Prairies ten zuidoosten van het vorige en door de Dacota-rivier ervan gescheiden.

§ **299. Windvormingen of aeolische formatie's.** De wind, hebben we in § 235 gezien, heeft minder een vernielende dan een transporteerende en een opbouwende kracht. In ons vaderland kan men kennis maken met een product van den wind, n.l. de duinen, niet alleen die, welke langs de zee zijn opgeworpen, maar ook met die, welke als zandstuivingen en rivierduinen wel in ligging, maar niet in oorsprong van de eerste verschillen.

Het grootste verschil tusschen wind- en watervormingen bestaat in de oppervlakte, de hoogte en de structuur. De oppervlakte toch van de gronden, die door den wind gevormd zijn, kan wel horizontaal wezen, maar zij is dat niet krachtens den oorsprong. De hoogte, waarop die gronden voorkomen kan grooter zijn, dan die van hunne oorsprongsplaats: de wind kan de medegevoerde korrels naar hooger streken brengen, wat we bij de duinen zeer goed kunnen waarnemen. Wat de structuur aangaat, merken we op, dat de windvorming geen structuur bezit, het is eene *ongelaagde* formatie. Natuurlijk vallen deze windvormingen zeer gemakkelijk ten buit aan het water en vandaar dat men ze alleen aantreft daar, waar weinig of periodiek regen valt. De voornaamste windvorming in Europa is *het Gebied van de zwarte aarde* (tsjernosem) in Zuid-Rusland.

Dit gebied wordt ongeveer begrensd door eene lijn van Lemberg over Berditsjew naar den Don beneden Kiew, verder over Kursk, Toela, Kasan, langs de Kama, de Bjeluja naar Oefa, verder over Oremburg naar de Wolga boven Saratow, langs de Wolga tot de Manytsch, vervolgens naar Azow, langs den westelijken oever der Zee van Azow, over Cherson naar Odessa, en over Kisjinew en Jassy naar Lemberg. Ook breidt de tsjernosem zich aan gene zijde van het Oeralisch gebergte uit. Op sommige plaatsen is de laag 20 meter dik.

§ **300. Continentale riviergebieden.** Daar de invloed van den wind grooter wordt naarmate die van het water afneemt, zullen we in de continentale riviergebieden de aeolische formatie's voornamelijk aantreffen.

Ga de grenzen van deze stroomgebieden nog eens na.

Vooral in Azië treedt het verschil tusschen dit continentale centrum en den oceanischen omtrek zeer duidelijk in het licht. Noord-Amerika heeft dit centrum

ten westen van het Mississippi-dal. In Zuid-Amerika ligt het zeer nabij de westkust, Afrika bezit twee dergelijke centra: de Sahara en de Kalahari, terwijl onder den aequator overvloedige neerslag valt.

Het eigenaardig kenmerk van deze gebieden, die geen enkele gemeenschap met den oceaan hebben, bestaat hierin, dat alle verweerings- en erozieproducten in het gebied blijven; we hebben hier dus geen eigenlijken afvoer, we vinden er slechts een omzetting. De weinige regen, die er valt, brengt de grovere deelen naar de diepste plaatsen, maar van de fijnere deelen maakt de wind zich meester. De hoeveelheid vaste stof door dezen laatste medegenomen kan ontzettend groot zijn; zandstormen verduisteren in de woestijnen en steppen vaak het licht van de zon en ofschoon karavanen niet onder de zandmassa van den Samoen begraven worden, (Zie § 80) zoo hebben we toch bewijzen genoeg, dat de wind veel en ver medevoert. De voortgedragen stofdeelen hebben erodeerende kracht: rotsen worden er door gladgeslepen en rotsfragmenten in de wonderlijkste vormen veranderd.

In zooverre kan men ook zeggen, dat de wind erodeerende en dus vernielende kracht bezit.

Door den plantengroei worden de fijne stofdeeltjes vastgelegd en zoo is eene nieuwe bodemlaag ontstaan. In al deze gebieden heeft dezelfde werking plaats en daardoor bezitten de continentale gebieden eene groote mate van gelijkvormigheid. Puinkegels omzoomen de gebergten, niet alleen aan den voet zooals in waterrijke streken, maar zij bedekken het soms tot aan den top. Op de diepste plaatsen van het gebied heeft men een vlakken bodem, welke doorgaans met een zoutzee bedekt is.

Hoe komt in zulk een meer zoutwater?

In de Sahara vindt men streken, waar de ondergrond door den wind is blootgelegd en die daardoor een meer afwisselend terrein vertoonen. Naakte, kale rotsvlakten bezaaid met scherpgekante steenen maken den overtocht onmogelijk. Zulke rotswoestijnen heet men hammada's.

Beschouwen we nu nog eens een middelpunt van zanduitstraling (Zie § 235). Eerst vinden we er de groote scherpe rotsfragmenten, die de zoogenaamde steenwoestijn vormen. Maar langzamerhand worden de steenfragmenten kleiner en er ontstaat op eenigen afstand een zandige of leemachtige bodem. Zoo vinden we in de regenlooze gebieden tusschen de gebergten zand en leem. Van de omgevende gebergten zijn echter ook de zoutdeelen door den schaarschen neerslag of door den wind omlaag gevoerd en vandaar, dat men naast de steenwoestijn de zoutsteppe of zoutwoestijn aantreft.

Door den wind worden verder de lossere zanddeelen van de leemdeelen gescheiden. De leemdeelen worden als stofwolken medegevoerd, de laatste daar zij zwaarder zijn langs den bodem voortgerold en zoo op hoopen gelegd. Daardoor ontstaan de zandwoestijnen. De gevormde duinen zijn op dezelfde wijze ontstaan als die

langs de zeekust. Ze zijn hier echter hooger; vooral wanneer zij steunen op een vaste inwendige kern, kunnen zij wel eene hoogte van 300 meter bereiken. Deze groote duinen onderscheiden zich ook nog daardoor van de andere, dat ze niet zoo willekeurig van plaats veranderen en dus zekere wegwijzers voor de karavanen zijn.

Het woestijnzand is dus niet afkomstig van de zee. Wel kan dit in sommige zandwoestijnen het geval zijn, maar ook buiten den invloed van het zeezand kan er een zandwoestijn ontstaan.

Doordat de met stof beladen wind het vermogen bezit om keisteenen rond te slijpen, vervalt een kenmerk, waaruit men in vroegeren tijd de noodzakelijkheid van de aanwezigheid van water afleidde. Men meende toen, dat alleen het water rotsfragmenten kon afronden. Tusschen Audsjila en Dsjibbena kan men uren lang over glad gepolijste kiezelsteenen gaan, maar daaruit mag men niet afleiden, dat daar ter plaatse eens een rivier gevloeid heeft. In Mongolië noemt men dergelijke met afgeronde kwartsstukken bedekte vlakten kiessteppen, in de Sahara heeten ze sserir.

We hebben dus hammada's, rotswoestijnen, steenwoestijnen, zoutwoestijnen, zandwoestijnen en kiessteppen naar gelang van den aard en de grootte van het materiaal.

§ 301. Overgangsvormen. Begrijpelijkerwijze kunnen er tweeërlei overgangsvormen voorkomen, namelijk uit de volgende oorzaken:

1° een gebied, dat wel eene afwatering naar den oceaan bezat, kan die verliezen en

2° een gebied, dat geen afwatering naar den oceaan bezat, kan die verkrijgen.

De verandering geschiedt door wisseling van klimaat, maar deze kan op zichzelf geen oorzaak zijn, zij is slechts een gevolg van andere verschijnselen.

Waarvan hing het klimaat van een landstreek af?

Doorgaans gaat met de klimaatwisseling een niveauverandering gepaard, maar of deze als de oorzaak daarvan mag aangemerkt worden, zullen wij noch ontkennen noch beweren. Men kent twee gebieden zonder afwatering, die nog de kenmerken dragen, dat ze kort geleden — altijd volgens opvatting der geologie — nog tot den oceanischen omtrek van de landmassa gerekend moesten worden, n. l. de stroomgebieden van de Kaspische Zee, het Aral- en het Balkasjmeer en het westelijk gedeelte van de hoogvlakte van Utah. Dat ze tegenwoordig geen afwatering naar den oceaan hebben, kan op de kaart nagegaan worden.

Ga den omtrek van deze continentale stroomgebieden nog eens na.

Zij bezitten ook reeds eenige van de kenmerken van continentale gebieden n. l. de zoutsteppen en zoutmoerassen om de Kaspische Zee, de woestijnen in het gebied van de Amoe, de Syr en de Ili of Koeldsja. Echter vertoonen zij die kenmerken niet aan de randen, waar de regen nog in grootere hoeveelheid valt.

In vroegeren tijd meende men, dat men hier te doen had met de noordelijkste streken van het gebied van den noordoostpassaat, dien men van den Amoer tot aan den Atlantischen Oceaan door liet waaien. Een aandachtige beschouwing van de isobarenkaarten van Juli en Januari leert echter, dat van eene zoodanige uitbreiding van den passaat geen sprake kan zijn. De toenemende droogte in het midden van Westelijk-Azië moet toegeschreven worden aan het ontstaan van eene

groote laagvlakte ten noorden van het Aziatisch bergland. Vroeger breidde de Noordelijke IJszee zich tot de Zwarte Zee uit (Zie § 183). Tengevolge van de vorming der Siberische laagvlakte werd de neerslagsbron van het bedoelde gebied om de Kaspische Zee, het Aral- en het Balkasjmeer aanmerkelijk verder naar het noorden verlegd, waardoor er veel minder neerslag viel.

De Groote Zoutzee van Utah is op zich zelf reeds een bewijs, dat we hier te doen hebben met een meer zonder afwatering. Oude strandlijnen treft men echter op ongeveer 300 meter boven den tegenwoordigen waterspiegel aan. Ten tijde dat het meer de hoogste van deze strandlijnen vormde, moet het in verbinding gestaan hebben met het Utah- en het Seviermeer.

Van het eerste ontvangt het tegenwoordig de Jordaan. Waarschijnlijk vormde toen de Greenriver of de Columbia de afwatering van deze hoogvlakte.

§ **302. Löss.** Door vermeerdering van den neerslag krijgen we den anderen overgangsvorm. Wanneer in een gebied, waar het klimaat droog was en de wind dus vrij spel met de verweeringsproducten heeft gehad, door verloop van tijd vermeerdering van den regen plaats heeft, dan krijgen de rivieren de kracht om tot den oceaan door te dringen. Zij slijpen diepe beddingen in het bekken van de zoutsteppen, voeren de verweeringsproducten, van waar de wind ze neergelegd heeft, naar den oceaan, en loogen den bodem uit, waardoor deze van zijne zoutdeelen bevrijd en in eene vruchtbare teelaarde herschapen wordt. De zoo hervormde grondsoort draagt in het algemeen den naam van löss, in ons vaderland heeten we ze ook Limburgsche klei.

Men heeft meer- en landlöss. De eerste is bezonken in de zoute meren. Aan de laatste hebben we voornamelijk onze aandacht te schenken. Zij bestaat uit eene losse, homogene massa van geelbruine leem, die een weinig koolzure kalk bevat en is ongelaagd. Wel splijt zij gemakkelijk in verticale richting. Hierdoor vertoonen de lössbeddingen vaak steile wanden, zooals langs den Rijn en den Donau hier en daar voorkomen. Het meest duidelijk blijkt die neiging tot verticale splijting in het Chineesche lössplateau; een waar doolhof van dalen met steile, ja zelfs overhangende wanden doorkruist dit; hier en daar worden alleenstaande zuilen aangetroffen, die groote overeenkomst hebben met tafelbergen, evenals de dalen met steile wanden zeer veel op cañons gelijken.

Ga nog eens na wat tafelbergen en cañons waren. Niet alleen het water ook de mensch schept zulke dalen. Waar toch een verkeersweg dikwijls bereden wordt, maken de raderen der karren en de hoeven der paarden de bodembestanddeelen los. Dan maakt de wind zich van de losgewoelde deelen meester en zoodoende zakt de weg al dieper, op gelijke wijze als bij ons een rijweg in het zand dieper ligt dan de omgeving.

Men schrijft deze neiging tot verticale splijting toe aan het voorkomen van fijne kanaaltjes in het löss. Deze kanaaltjes zouden hun ontstaan te danken hebben aan de plantenwortels, die vroeger in den bodem voorkwamen. De ondergrond van het löss moet namelijk eene steppe zijn geweest. De wind heeft de fijne stofdeelen naar

deze steppe gevoed, waar ze door den plantengroei en den regen werden vastgelegd. Op den nieuw gevormden bodem ontstond weer plantengroei en zoo waren de gegevens aanwezig tot de vorming van eene tweede laag op de eerste. De wortels der planten bleven in de massa achter, vergingen daar en op hunne plaats ontstonden dunne buisjes met kalkachtige wanden, de kanaaltjes, waarvan boven sprake was. Deze buisjes zuigen het water gretig op en verhoeden daarom de vorming van meren en moerassen.

Vroeger meende men, dat het löss het leemige overblijfsel was van de grondmoraines van voorwereldlijke gletschers. Daartegen spreken twee omstandigheden: ten eerste vindt men deze grondstof ook op plaatsen, waar geen gletschersporen worden aangetroffen en in de tweede plaats komen er slakkenhuisjes in voor, in volkomen gaven toestand. Was het een grondmoraine-product, dan zouden deze huisjes door den gletscher fijngewreven of ten minste zeer beschadigd zijn.

Anderen beschouwden deze grondsoort als de sedimenten van groote meren uit vroegeren tijd. Hiermede is echter in strijd, dat de slakkenhuisjes afkomstig zijn van landslakken. Het löss moet dus op het droge gevormd zijn. De ongeschondheid dezer slakkenhuisjes wordt zeer begrijpelijk bij de door ons medegedeelde theorie, aangezien deze petrefacten hier eenvoudig door fijn stuifslib werden overdekt.

In Europa vindt men löss op weinig plaatsen: langs den Rijn van Bazel tot Bingen en in de dalen der voornaamste zijrivieren; in België ten noorden van 't bergland; langs de Saône en de Rhône; langs den Donau, vooral tusschen Inn en Isar, tusschen Weenen en Brünn; tusschen Lemberg en Czernowitz en bij Toulouse. In Europa bedraagt de dikte van 30—60 meter. Het meest ontwikkeld is deze formatie in noordelijk China. De Hoangho heeft zijn naam te danken aan de gele slibmassa, die hij uit dit uitgebreide gebied (grooter dan Duitschland) naar zee voert, hij werd er het »ongeluk van China" door.

Kunt ge wel verklaren hoe?

Het löss ligt daar soms 600 meter dik. In Amerika vinden we deze grondsoort van Missouri tot Tejas en van Bolivia tot Patagonië in de Pampa's.

§ 303. Terugblik. Vatten we de gevolgen der behandelde krachten van lucht, water en wind op de aardoppervlakte te zamen, dan krijgen we de volgende tabel:

A. Gebieden, waar de vernieling plaats heeft:

1. die, waar de verweeringsproducten blijven liggen (Zie § 240).
   a de laterietgebieden,
   b de leemige verweering.
2. die, waar de verweeringsproducten worden weggevoerd:
   a ten opzichte van het vervoermiddel:

. gebieden, waar het water,
.. gebieden, waar de gletschers,
... gebieden, waar de wind de producten wegvoert.
b ten opzichte van de mate van vernieling,
. gebieden van bestendige vernieling,
.. gebieden van periodieke vernieling.

B. Gebieden van opbouw:
1. bezinksels van 't water (bron, rivier, zee),
2. morainelandschappen,
3. windvormingen.
a in gebieden zonder afwatering,
b in gebieden met afwatering.

C. Gebieden van opbouw, waar later weder vernieling is ingetreden, tengevolge van hernieuwde erozie of ten gevolge van klimaatverandering.

ORGANISCHE KRACHTEN.

§ 304. Onderscheid tusschen den invloed van planten en dieren.

De organische wereld, die, zooals we in de geologie zien zullen, sinds het Silurische tijdperk de aardoppervlakte heeft bewoond, is niet zonder invloed gebleven op den vorm dier oppervlakte zelve. Men vindt namelijk niet alleen de overblijfselen van dieren en planten in den vorm van petrefacten, maar geheele aardlagen zijn er door gevormd, voornamelijk steenkool- en kalklagen. In de geologie zullen we zien, hoe deze lagen, evengoed als de petrefacten, ons de organische wereld van duizenden bij duizenden jaren geleden leeren kennen.

De plant neemt uit de lucht koolzuur op en ontvangt tevens arbeidsvermogen in den vorm van licht en warmte. Daardoor kan zij het koolzuur ontleden, zij geeft de zuurstof aan de lucht terug, maar legt de koolstof vast in hare cellen. De plant heeft toeneming in massa (Zie Salverda III § 9).

De koolstof, die door de plant opgenomen is, kan drieërlei lot ondergaan. De plant kan verrotten of verbranden en hare bestanddeelen, waaronder ook de koolstof (deze als koolzuur), keert weder in den atmospheer of in den bodem terug. In de tweede plaats kan zij door aardlagen worden bedekt, dan gaat ze langzamerhand in k o o l over en helpt den aardschors vormen. En in de derde plaats kan ze in het lichaam van het dier geraken. De koolstof, door de dieren opgenomen levert bij verbinding met zuurstof warmte en arbeidsvermogen — het dier neemt in massa af — en zoodoende komt het koolzuur weder in den atmospheer terug. Men kan dus spreken van een kringloop van de koolstof.

Namen we hier de koolstof tot voorbeeld, ook in andere opzichten werkt het

dier juist andersom als de plant: de een ontneemt de stoffen aan de natuur, de ander geeft ze terug.

Voor de vorming der aardkorst is de plant van belang, aangezien zij de kolenlagen heeft samengesteld, en het dier, doordat de schalen van de lagere soorten de kalkformatie hebben opgebouwd.

Welke kalkbezinksels hebben we al leeren kennen? Waren die ook van dierlijken oorsprong? Waar hebben we nog meer een kringloop opgemerkt?

§ **305. Phytogene formatie.** Met dezen naam duidt men de deelen der aardkorst aan, die door planten zijn gevormd. Van deze noemen wij alleen die, welke tengevolge van het verkolingsproces ontstaan zijn. Door het verkolingsproces verstaat men de werking, waardoor plantendeelen langzamerhand in zuivere koolstof overgaan. Dit proces heeft niet met alle plantendeelen plaats. Wanneer eene plant onder den invloed van de lucht blijft, dan zal zij verrotten, dat is door de inwerking van de zuurstof lossen hare bestanddeelen zich voornamelijk in koolzuur en water op. Het koolzuur ontwijkt in de lucht, het water vloeit oppervlakkig af. Voor eene verkoling moet de plant dus geheel of gedeeltelijk buiten den invloed van den atmospheer gebracht worden. Dit geschiedt, wanneer de planten door bezinksels van klei of zand, puin en dergelijke worden bedekt. In dat geval heeft er eene andere werking plaats. De plantenmassa bestaat hoofdzakelijk uit koolstof (C), waterstof (H) en zuurstof (O). Een gedeelte van de koolstof verbindt zich nu bij afsluiting van de lucht met zuurstof tot koolzuur, een ander gedeelte met waterstof tot koolwaterstofgas of moerasgas; verder verbindt zich een gedeelte der waterstof met zuurstof tot water. In koolzuur is meer zuurstof dan koolstof (1 gram C tegen $2\frac{2}{3}$ gram O), in moerasgas minder waterstof (3 gram C tegen 1 gram H), in water 1 gram H tegen 8 gram O. Hierdoor wordt er in het geheel meer H en O dan C aan de massa onttrokken en wordt het gehalte aan koolstof voortdurend grooter. Hoe langer het proces duurt of onder hoe grooter hitte het plaats vindt, des te zuiverder is de overgebleven kool. Naarmate de verkoling minder of meer ver is voortgeschreden, onderscheidt men turf, ligniet, bruinkool, steenkool en anthraciet. Volgende tabel geeft de verhouding in deze verschillende soorten van gecarboniseerde plantendeelen aan. 100 gewichtsdeelen van

hout	bestaan	uit	50	gew.	C	6	gew.	H	en	44	gew.	O.
veen	"	"	60	"	"	6	"	"	"	34	"	"
ligniet	"	"	67	"	"	6	"	"	"	27	"	"
bruinkool	"	"	75	"	"	5	"	"	"	20	"	"
steenkool	"	"	83	"	"	5	"	"	"	12	"	"
anthraciet	"	"	93	"	"	4	"	"	"	3	"	"

Oogenschijnlijk vermindert de hoeveelheid waterstof in den aanvang niet, maar

dit is slechts in schijn, want de 100 gewichtsdeelen hout zijn niet in staat om 100 gewichtsdeelen turf te leveren. Om een zeker gewicht steenkool te vormen is een massa hout noodig, die 4 maal zoo zwaar weegt; voor anthraciet is dit 6 maal. Rekent men nu hierbij nog, dat de groote drukking, die door de bovenliggende lagen wordt uitgeoefend, het volume aanmerkelijk verkleint, dan is het begrijpelijk, dat er een groote massa planten noodig is, om eene steenkool- of anthraciet-laag van eenige dikte te vormen. In Amerika kent men anthracietlagen van 10 meter dikte. Rekent men de volumevermindering door den uitgeoefenden druk op $\frac{1}{2}$, dan is tot vorming van zoodanige laag een plantenmassa noodig geweest van ongeveer 120 meter dikte. Zie voor de steenkool § 229.

In de meeste aardlagen komen brandbare producten van het verkolingsproces voor. Die uit het primaire en secundaire tijdvak heeten nog steenkolen, die uit het tertiaire tijdvak bruinkool; die uit het diluvium en alluvium veen. Daarmede is echter niet gezegd, dat er een scherpe grens tusschen deze drie producten te trekken is: integendeel er zijn bruinkolen, die groote overeenkomst met veen hebben en weer andere (de zoogenaamde pekkolen), die haast niet van steenkool te onderscheiden zijn. Bruinkool komt vooral voor in de tertiaire gronden van de Rijnprovincie, van het Noord-Duitsche laagland, Thüringen, Bohemen, Silezië, enz. Men vindt het in lagen of in nesten; slechts zelden komen verschillende lagen op dezelfde plaats voor, gelijk bij de steenkool doorgaans gebeurt. Lagen van grooter dikte dan 40 meter heeft men tot nog toe niet gevonden.

Het veen is voor ons een meer bekende delfstof. Voor de vorming ervan, voor het verschil in ontstaan tusschen hoog- en laagveen, de kenmerken der oppervlakte, het verschil in stof, in gebruik door en in nut voor den mensch, verwijzen we naar eene aardrijkskunde van Nederland.

Eene phytogene formatie is ook de teelaarde, voor zooverre zij gevormd is uit de overblijfselen van verrotte plantendeelen. De tsjernosem in Zuid-Rusland bevat veel phytogene bestanddeelen

De laagste plantensoorten (diatomeën) scheiden uit het water het daarin opgeloste kiezelzuur af, dat hun tot vorming van schalen dient. Bij het afsterven dezer planten blijven deze schalen achter en vormen door hunne ontzettende hoeveelheid een schrale, witte of geelachtige aardsoort, die den naam van infusiorenaarde of kiezelaarde draagt. De zoogenaamde triepel, die tot het polysten van glas, steenen en diamanten wordt gebruikt, behoort er toe. De kiezelaarde komt ook op den bodem van sommige zeeën (Zuidelijke IJszee) voor. Bovendien bestaan er kalkuitscheidende waterplanten. Tot de phytogene formatie behoort waarschijnlijk ook het graphiet (Zie § 323).

§ **306. Petroleum.** Voor we van de phytogene formatie afstappen, willen we wijzen op eene stof, die veel in de aarde voorkomt en van groot nut is voor den mensch, al kan men er dan ook niet van zeggen, dat ze mede helpt om de aarde eenen bepaalden vorm te geven. Door ontleding van organische bestanddeelen, die onder den grond zijn bedolven geraakt, ontstaat namelijk eene verbinding van waterstof en koolstof in verschillende verhouding. Deze verbinding is in

meerdere of mindere mate dik vloeibaar en heeft een donkerbruine kleur met groenachtigen weerschijn bij invallend licht. Men noemt haar petroleum of, ter onderscheiding van de gezuiverde soorten, ruwe petroleum.

Vooral Amerika is het land, waar petroleumbronnen worden gevonden. Het zijn artesische bronnen. Men begint een punt te boren op eene plaats, waar men de aanwezigheid van de vloeistof vermoedt. Bevindt deze zich er werkelijk en is de boorpijp erin doorgedrongen, dan spuit de petroleum soms tot over de 30 meter hoog. Er zijn bronnen, die per dag 800 vaten petroleum opleveren. Sommige geven slechts tijdelijk, andere schijnen onuitputtelijk. In Europa komt petroleum voor in Galicië, vooral te Bobska, en in het zuidoosten van Rusland aan de Kaspische Zee.

Verwant met de petroleum-bronnen zijn de bronnen, welke natuurlijk gas opleveren. In Ohio komt uit bijna alle bronnen van het olie-district ook gas. Een dezer bronnen werd in 1866 geboord. Op een diepte van 200 meter stiet men op eene laag, waaruit het gas met zulk eene kracht omhoog stroomde, dat de boorwerktuigen werden weggeslingerd en een waterstraal meer dan 30 meter hoog werd gedreven. Door buisleidingen heeft men het water verwijderd en nu stroomt het gas door eene buis met zulk een aandrang, dat het een vlam van 5 meter lengte en ruim 2 meter breedte geeft, als men het aansteekt. Dit natuurlijk gas bestaat voornamelijk uit licht koolwaterstofgas. Amerika heeft de rijkste gasbronnen. Men leidt het naar de steden om het daar als brandstof te gebruiken. In 1884 werd daardoor voor eene waarde van bijna 3 millioen gulden aan brandstof bespaard.

Ofschoon het doorgaans in oudere lagen gevonden wordt, heeft men toch ook bewijzen, dat het in jongere niet ontbreekt. Bij boringen in 1850—1851 te Amsterdam verricht, steeg er brandbaar gas omhoog, toen men eene diepte van 45 meter ongeveer had bereikt. Ook bij Apenrade in Sleeswijk heeft men zoo iets waargenomen.

§ **307. Zoögene formatie.** Met dezen naam duidt men de aardlagen aan, die door de dieren zijn gevormd. Deze lagen bestaan uit de overblijfselen van de harde deelen van dierlijke lichamen; de weekere deelen zijn vergaan. Van beteekenis voor de vorming der aardkorst zijn alleen de kalkachtige schalen van in het zeewater voorkomende lagere dieren. Elk diertje op zich zelf levert een zeer gering bedrag voor de vaste aardkorst; maar het groote aantal individuen maakt, dat ze te zamen uitgebreide aardlagen kunnen vormen. Ze leveren niet alleen enkele kalklagen maar zelfs geheele kalkgebergten.

In § 236 hebben we gezien, dat de rivieren voortdurend koolzure kalk naar den oceaan voeren. Toch bevat het zeewater maar weinig van deze stof, ongeveer 0,04 gram op 1 kilogram water. Daarentegen is het gehalte aan zwavelzure kalk of gips betrekkelijk groot n. l. 1,27 op 1000. Al de zwavelzure kalk, die in den oceaan voorkomt, zou naar deze verhouding een kubus kunnen vormen van ongeveer 80

kilometer lengte of 512000 kub. kilometer inhoud. Door den overgang van zwavelzure in koolzure kalk gaat iets van het volume verloren, maar toch zou deze massa voldoende zijn om een gebergte te vormen van 1 geogr. mijl hoogte, 1 geogr. mijl breedte en ruim 2000 geogr. mijlen lengte. De kalkgebergten, die we tegenwoordig op de aarde aantreffen, hebben dit volume niet. We zien dus, dat de betrekkelijk kleine hoeveelheid kalk, in het zeewater aanwezig, voldoende is, om kalkgebergten te vormen, die ons ontzaglijk groot toeschijnen. Echter moet de zwavelzure kalk van den oceaan daartoe in koolzure kalk worden omgezet en dit geschiedt door de zeeplanten, zoowel door de algen als door de kleinere diatomeën die beide de kalk in haar celweefsel opnemen en de lagere dieren tot voedsel dienen. Het dier scheidt dan in zijn schaal de koolzure kalk weer af.

Dat daardoor de hoeveelheid zwavelzure kalk niet vermindert, is een gevolg van de werking van de oceanische dierenwereld. Bij verrotting scheidt het dier zwavelzuur of zwavelwaterstof uit. Deze zwavelverbindingen bewerken in vereeniging met de zuurstof van de dampkringslucht, dat de koolzure kalk, door de rivieren toegevoerd, in gips wordt omgezet.

We hebben hier dus weder een verschil tusschen de werking van planten en dieren. Welke verschillen hebben we nog meer ontmoet?

Zoo ontmoeten we dus bij het gips weder een kringloop. De koolzure kalk wordt door de rivieren den oceaan toegevoerd. Door de verrottingsproducten van de dierenwereld gaat deze koolzure kalk over in gips, dat in betrekkelijk groot gehalte in het zeewater voorkomt. De planten nemen dit op en brengen het in het dierlijk lichaam, dat het als koolzure kalk weer afscheidt. Wordt een gedeelte van den oceaan droog, dan zal dit afscheidingsproduct op het vastland komen te liggen; de rivieren lossen het op en voeren het weder naar den oceaan.

Van welke stoffen hebben we reeds meer een kringloop aangewezen?

De arbeid van deze lagere dieren vertoont zich op drieërlei wijzen: in de vorming van het zeeslib, dat we op den bodem van den oceaan hebben aangetroffen en dat als krijtformatie op het vastland voorkomt (Zie § 334); in de vorming der koraalbanken, -riffen en -eilanden en in die der schelpbanken.

§ **308. Koraalformatie's.** In den tegenwoordigen tijd leveren de koraaldieren het duidelijkste en schoonste voorbeeld van den invloed van de dierenwereld op den vorm der aardoppervlakte. Hunne cellen bestaan uit een weeke zelfstandigheid, die een kalkachtige stof afscheiden. Zij leven niet elk op zich zelf, maar bewonen een groote kalkachtige massa, die door elk nieuw geslacht wordt voortgebouwd, zoo de omstandigheden dit ten minste toelaten. Die vereischte omstandigheden bestaan in een vasten grondslag, helder zoutwater, eene temperatuur, die niet onder 20° C. daalt en voldoende toevoer van voedingsstoffen door zeestroom of golfslag.

De temperatuursvoorwaarde maakt, dat ze beperkt zijn in horizontale en verticale uitbreiding. Op kaart XV is de poolgrens aangegeven van het gebied, waar de temperatuur van de zeeoppervlakte niet onder 20° C. daalt. Ook naar de diepte is de verbreiding beperkt, want we weten, dat in deze richting de warmte van het zeewater afneemt. In den Stillen Oceaan kunnen ze tusschen den aequator en den keerkring nog tot op eene diepte van ongeveer 200 meter voorkomen, ten minste wat de behoefte aan warmte betreft. Door het vermeerderen van kolonisten wast het koraalgebouw in hoogte en breedte. De uiterste grens, wat de eerste betreft, ligt ongeveer $\frac{1}{3}$ van de vloedhoogte boven het niveau der zee bij ebbe. Maar de koraaldieren zijn niet de eenige arbeiders aan hun gebouw. Eene menigte andere zeedieren hechten zich in de voegen en openingen en de zee slaat er hier en daar stukken af, verbrijzelt die tot puin, legt dat tusschen de voegen en geeft zoo vastheid aan het geheel of werpt het bovenop de kalkbank en verhoogt deze daardoor tot den waterspiegel. Dan ontstaat een koraaleiland; blijft het geheel onder den waterspiegel dan noemt men het een koraalrif.

Naar het voorkomen onderscheidt men de koraalgebouwen in: kustriffen; dam-, wal-, barrière- of kanaalriffen en lagunenriffen of atollen.

§ **309. Kustriffen.** Deze ontleenen hun naam hieraan, dat ze in de nabijheid van de kust voorkomen; evenwel wachte men zich, ze als onmiddellijk met het vastland vereenigd te beschouwen. Zij ontbreken daar, waar de kust plotseling tot eene grootere diepte daalt, voor de monden der rivieren en waar het water troebel is.

Kunt ge hiervan de oorzaak noemen?

Golfslag en zeestroom brengen de voedingsstoffen tegen de buitenzijde van het rif aan; daardoor wast die sneller dan de zijde, die naar het land is gekeerd en zal hooger zijn. Van dezen buitensten rand daalt het rif ter weerszijden naar omlaag, zoodat tusschen de kust en het rif een kanaal overblijft, dat echter zeer smal is. Over het koraalrif slaan de golven heen. Zij voeren veel kalkgruis mede, zoodat het kanaal spoedig zou dichtslibben, zoo daarin geen stroom ontstond, door het opgevangen en wegstroomende water veroorzaakt. De breedte van kustriffen bedraagt hoogstens 100 meter. Zij komen o. a. voor in de Roode Zee, bij Ceylon, bij de Nicobaren, bij de West-Indische eilanden, aan de kusten van Florida, aan de noordoostzijde van Madagaskar, aan de oostkust van Afrika, om de Seychellen, de Mariannen [1]), de Nieuwe Hebriden en in het oostelijk gedeelte van de Australische eilandenwereld.

§ **310. Damriffen.** Deze liggen altijd op grooten afstand van de kust. Bijzonder bekend is het damrif, dat de noordwestkust van Nieuw-Holland om-

[1]) Op kaart XV gelieve de lezer de teekens voor kust- en walriffen in de legenda om te keeren en het Groot-Barrière-rif met het teeken der damriffen te voorzien.

zoomt. Hier en daar afgebroken, strekt het zich over eene lengte van bijna 1800 kilometer langs de kust uit, soms tot op een afstand van 30 kilometer deze naderend, soms ook 140 kilometer ervan verwijderd. Het kanaal, dat dit Barrière-rif van het vastland scheidt, heeft in het zuidelijk gedeelte eene diepte van 110 meter, noordelijker is die diepte geringer en vermindert daar soms tot 20 meter. Over het algemeen zijn de damriffen op vele plaatsen doorgebroken. De openingen tusschen verschillende deelen vormen de waterwegen om uit de zee in het kanaal tusschen rif en land te geraken. In dit kanaal zijn de schepen tegen den golfslag van den oceaan beveiligd, vandaar dat damriffen natuurlijke havens vormen.

Waar worden nog meer natuurlijke havens gevormd?

Bijna alle hooge eilanden van den Grooten Oceaan zijn door walriffen omringd. Aan de noordzijde der Fidsji-eilanden hebben zij eene breedte van 9—30 kilometer. Bij Nieuw-Caledonië breiden ze zich noordwaarts tot op een afstand van 280, zuidwaarts tot op een van bijna 100 kilometer uit en hebben in het geheel eene lengte van ruim 750 kilometer.

Vergelijk al deze afstanden met eenige afstanden uit ons land, om zoodoende een denkbeeld te krijgen van de uitgestrektheid van deze koraalformatie's.

Groote en kleinere eilanden bedekken het rif, maar zelden wordt een deel van eenige uitgestrektheid in land veranderd. In het kanaal wordt door den golfslag koraalgruis nedergelegd. Enkele der Carolinen, Nieuw-Caledonië, Fidsji-eil., Samoa-eil., Gezelschaps-eilanden, enz. zijn door walriffen omringd en danken daaraan hunne natuurlijke havens.

§ 311. **Atollen** of **Lagune-riffen.** Deze komen zelfstandig in volzee voor, de beide eerste begeleiden slechts eilanden en vastlanden. Zij vormen een gesloten lijn, die echter doorgaans zeer weinig overeenkomst met een cirkel vertoont. Zij verheffen zich meestal onder een hoek van 45° uit den bodem van den oceaan. Het ringvormige rif omsluit een meer met heldergroen water gevuld en van geringe diepte. De bodem van dat meer is met koraalgruis bedekt. Bij sommige kleine atollen ontbreekt dit meer, daar is het waarschijnlijk dichtgeslibd. Het rif vormt geen aaneengesloten geheel, maar is op vele plaatsen doorgebroken, waardoor kanalen ontstaan die naar het binnenste geleiden.

Het grootste gedeelte van het rif is doorgaans naakte koraalrots; slechts hier en daar komen er eilanden op voor, die 2 tot 4 meter hoog zijn en waarvan de breedte tusschen 250 tot 360 meter afwisselt. Deze eilanden zijn met plantengroei bedekt. Aan de windzijde zijn de koraalriffen het hoogst, aan de tegenovergestelde zijde komen er de meeste openingen in voor. Slechts in enkele gevallen wordt een volkomen ringvormig eiland gevormd.

De aanblik van een atol heeft zoo iets karakteristieks, dat men er zich nauwelijks een denkbeeld van kan vormen, tenzij men er een heeft waargenomen. Rondom woeden de golven van den oceaan

met volle kracht en beuken op eene kleine landmassa van nauwelijks 2 meter hoogte. Daarachter ligt de spiegelgladde oppervlakte der lagune omzoomd door de kruinen van palmen en andere tropische planten. En dat alles te midden van den eindeloozen oceaan!

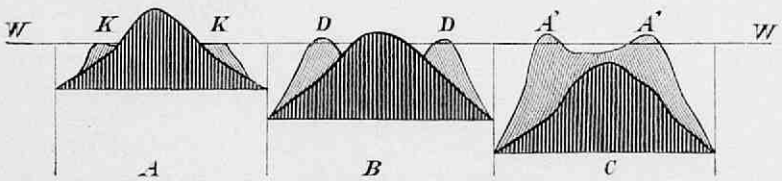
't Kan dan ook geen verwondering baren, dat vaak zulk een koraaleiland door de woede der golven wordt vernietigd. Wie het ziet, zou huiverig zijn er zijn leven aan toe te vertrouwen en het verzinken van een atol, kan nooit als bewijs gelden voor eene positieve niveauverandering in de streek, waar hij voorkwam. Door negatieve niveauverandering kunnen koraalbanken boven de oppervlakte van den oceaan worden omhoog geheven.

In den Grooten Oceaan komen ongeveer 300 zulke laguneriffen voor, die ook wel met den naam koraaleilanden worden aangeduid. De Paumotoe-archipel, de Carolinen, de Marshall-, de Gilberts, de Phenix-arch. leveren er vele voorbeelden van, ja sommige bestaan er uitsluitend uit. De grootste lagunen-riffen worden in den Indischen Oceaan onder de Laccadieven en de Maledieven gevonden. Ook de Tsjagos-archipel wordt door zulke koraaleilanden gevormd. De noordelijkste koraaleilanden zijn de Bermudas in den Atlantischen Oceaan, die overigens zeer arm is aan koraalproducten (walriffen ontbreken geheel en er komt slechts één lagunerif voor).

§ **312. Ontstaan der koraaleilanden.** De koraalgebouwen, waarvan we de verschillende vormen thans hebben beschouwd, zijn, we zeiden het reeds, het werk van koraaldieren, kleine op zich zelf nietige wezens, maar die door verloop van tijd en het groot aantal individuen deze reuzenwerken konden tot stand brengen. Bij een levenden koraalstok treft men de bontste mengeling van kleuren aan, een doode is wit. Over het ontstaan van den koraalstok loopen de meeningen uiteen. We hebben gezien, dat het lagune-rif op den bodem van den oceaan rustte, en ook dat een koraaldiertje in zijne verspreiding naar de diepte zeer beperkt was. Deze twee feiten zijn moeielijk met elkander overeen te brengen. De Engelsche natuurkundige Darwin heeft ze met elkander in overeenstemming gebracht en eene theorie van het ontstaan der koraaleilanden gegeven, die wel aangevallen, maar toch nog geenszins voldoende bestreden is.

Naar aanleiding van onderstaande figuur zullen we die theorie kort mededeelen.

Fig. 71.



Ontstaan der koraal-eilanden.

Elk koraal-eiland was oorspronkelijk een kustrif KK, dat gelijk of nagenoeg gelijk met den waterspiegel WW tegen de kust van een eiland is gelegen. Nemen we nu aan, dat dit eiland langzamerhand daalt, dat er dus eene positieve niveauverandering plaats vindt, dan zal het den stand verkrijgen, die in B is voorgesteld. Het kustrif is nu mede dieper gedaald. Maar de koraaldieren kunnen in dat diepere water niet leven en bouwen dus omhoog. Darwin neemt aan, dat de werkzaamheid der diertjes groot genoeg is, om het koraalrif gelijk met de oppervlakte van den oceaan te houden. Is dit niet het geval, dan sterven de bewoners van de koraalmassa uit. Bouwen zij echter hard genoeg omhoog om de positieve niveauverandering te neutraliseeren, dan blijft het rif tot den waterspiegel opgeheven. Echter is niet overal even hard gebouwd. Aan de buitenzijde werd meer voedsel door golfslag en zeestroom toegevoerd, daar ook kan het gebouw zich vrijer uitbreiden. Zoo werd de binnenzijde niet voldoende verhoogd om boven den zeespiegel te blijven en ontstond er een kanaal tusschen het rif en de kust. Door deze zinking van het eiland is dus het kustrif overgegaan in een walrif en rust de levende koraalstok op een dood, verlaten voetstuk, het overblijfsel van het vroegere kustrif. In B is dit voorgesteld, DD is het walrif. Bij voortgaande positieve niveauverandering zal het eiland eindelijk geheel onder den waterspiegel liggen, maar de koralen hebben hun rif gedurende dien tijd door opbouw daarmede gelijk weten te houden. Het walrif is nu veranderd in een atol. Alleen het bovenste gedeelte strekt tot woning aan levende koraaldieren; dat levende rif rust op een dood gedeelte, dat eens als walrif en kustrif levende bewoners gekend heeft en door hen is opgebouwd. C stelt dezen toestand voor. AA is het koraaleiland; daartusschen ligt de lagune, waarvan de bodem met koraalgruis is bedekt. Daaronder vindt men den grond van het oorspronkelijk eiland. Koraaleilanden zijn naar deze theorie de kalkachtige kronen, waardoor verzonken eilanden de plaats aanduiden, waar ze zich eens boven den waterspiegel verhieven; tevens zijn ze dan ook de bewijzen eener positieve niveauverandering. In dat geval gelijken de Groote en de Indische Oceaan tusschen 20° N. en 20° Z.B. breedte op een groot kerkhof, waar de tallooze koraaleilanden de grafsteenen voorstellen der hoogste punten van een verzonken werelddeel, dat daar onder de golven werd begraven tot op eene diepte van meer dan 2000 vadem of 3600 meter.

§ 313. Bezwaren tegen de voorgaande theorie. De theorie van Darwin is slechts eene hypothese, die op scherpzinnige wijze verband bracht in de verschillende vormen, die we als koraalgebouwen ontmoeten. Men doet echter geheel verkeerd te verklaren, dat koraaleilanden bewijzen zijn voor positieve niveauverandering. Deze is slechts verondersteld om tot den samenhang te komen. In den

laatsten tijd hebben zeer nauwkeurige onderzoekingen plaats gehad en deze zijn niet bevorderlijk geweest om de hypothese meerdere waarschijnlijkheid te geven. In de eerste plaats is de groote steilheid, waarmede de koraalriffen uit den bodem van den oceaan moeten opstijgen, niet zoo aanmerkelijk bevonden en niet overal waargenomen. In de tweede plaats volgt uit de theorie, dat de kalklaag van het lagune-rif zoo goed als die van het walrif zeer dik moet zijn. Deze dikte werd stilzwijgend, maar toch geheel willekeurig door Darwin aangenomen. Nu hebben wel nergens boringen plaats gehad, maar toch is men in de gelegenheid geweest de dikte van enkele riffen te meten. Op sommige eilanden zijn door negatieve niveauverandering de kalkmassa's n. l. boven den waterspiegel geraakt. Dit is bijvoorbeeld gebeurd bij een eiland in den Tonga-archipel. De kalkmassa is daar 180 meter dik.

Hoe diep lag de warmtelijn van 20° C.? Behoeft hier dan eene positieve niveauverandering te hebben plaats gehad?

Tweehonderd meter is tegenwoordig wel de grootste diepte, waarop de koraaldieren kunnen leven. Maar of dit in vroegere tijdperken van de aardgeschiedenis zoo was, mag men met recht betwijfelen. De aanvang van hun werkzaamheid ligt waarschijnlijk op het einde van de Tertiaire Periode en toen kan de verticale warmteverdeeling in den oceaan wel anders geweest zijn dan tegenwoordig.

De laatste reizigers hebben daarenboven vruchteloos gezocht naar bewijzen voor eene algemeene positieve niveauverandering in het gebied, waar koraal-riffen en -eilanden voorkomen. De als hypothese gestelde theorie kan nooit als bewijs voor de zinking van het land gelden. De nieuwere geleerden stellen zich het ontstaan der koraal-eilanden als volgt voor.

Wij hebben gezien (Zie § 171), dat de meeste oorspronkelijke eilanden van vulkanischen oorsprong zijn. Is de vulkanische werkzaamheid echter niet groot genoeg om een eiland boven den zeespiegel te verheffen, dan kan zij toch dikwijls ondiepten veroorzaken. Zoodra deze ondiepten hoog genoeg liggen om het kalkachtig zeeslib op te vangen, worden ze onophoudelijk verhoogd en kunnen dus in eene waterlaag geraken, die warm genoeg is voor de koraaldieren. Dan bouwen deze er een kroon op, die tot aan de oppervlakte reikt. Wordt op die wijze in de nabijheid van de kust een koraalrif gebouwd, dan zal de landzijde door gebrek aan voedsel minder ontwikkeld worden en er ontstaat een walrif.

Het ontstaan der atollen wordt door Semper op zeer eenvoudige wijze als volgt verklaard. Wanneer een koraalbank tot aan de oppervlakte van het water is gewassen, breidt ze zich voornamelijk aan de zijden uit; de bovenste oppervlakte zal door gebrek aan voedsel en door de werking der zonnestralen in het midden afsterven en verweeren, waardoor zij daar afneemt en een laagte vormt, die met water gevuld wordt. Murray neemt aan, dat de atollen op de kraterranden van submarine vulkanen zijn opgebouwd, waarmede zij veel overeenkomst hebben. Hier strijdt echter

mede, dat de riffen in de continentaalzee ook neiging tot atol-vorming vertoonen.

Zoo is tevens duidelijk gemaakt, dat de drie soorten van riffen naast elkander voorkomen, wat bij de theorie van Darwin altijd iets raadselachtigs had. We merken nog op, dat het bij de nieuwe theorie onnoodig is eene positieve niveauverandering aan te nemen. Daarbij verdwijnt dan ook het vroegere werelddeel, waarvan de koraaleilanden de grafsteenen zouden zijn. Intusschen is het daarom nog niet bewezen, dat er geen locale niveauveranderingen hebben plaats gehad.

§ **314. Schelpbanken.** Het rijkste dieren- en plantenleven heeft zich in de kuststreken ontwikkeld. Talrijke soorten van de stekelhuidigen en de weekdieren leven er in een ontzettend aantal bij elkander en vormen op den zeebodem en op rotsvlakten groote hoopen, die den naam van schelpbanken dragen. De schalen van de doode dieren worden bij millioenen op de kust geworpen of in ondiepe zeearmen neergelegd of met slib en zand vermengd, in welk laatste geval mergelachtige of zandige kalksteen ontstaat. Deze schelpbanken vormen gedeelten van bijna alle aardlagen van het steenkolentijdperk tot het diluvium.

Zijn de kalkbergen daardoor ook ontstaan?

HISTORISCHE GEOLOGIE.

§ **315. Geschiedenis der aarde.** De voorgaande paragraven hebben ons duidelijk geleerd, dat de aardoppervlakte niet altijd zoo geweest is, als wij haar tegenwoordig kennen. We hebben gezien, hoe de kracht van water, wind, organismen en nog andere onophoudelijk haren vorm veranderen.

Slaan we ten overvloede nog een blik op de Alpen. Langs de noordelijke helling vinden we kalkgebergten, langs de zuidelijke evenzoo. Maar in het midden steekt de granietrug zijn kam omhoog, als om de Noordelijke van de Zuidelijke Kalkalpen te scheiden. Dringt zich hier niet onwillekeurig de vraag aan ons op: hebben de granietalpen wel altijd bestaan? Vormden vroeger de beide gordels van kalkalpen ook één geheel? De geoloog zou ons leeren, dat dit laatste het geval was. Zoo heeft zelfs het gedeelte der aardkorst, waarvan de reeds beschouwde krachten onophoudelijk fragmenten wegnemen, ook een tijd van ontstaan. **De aardoppervlakte, zooals die zich thans aan ons oog vertoont, is het resultaat van eene menigte werkingen, die nu eens vernietigden dan weer opbouwden. De tegenwoordige toestand is geenszins het eindresultaat, maar slechts de toestand van het voorbijgaande tegenwoordige oogenblik. De aarde heeft dus eene geschiedenis.**

§ **316. Verschillende theorieën.** Zoodra de leer van de geschiedenis der aarde of de geologie (ge = aarde en logie = kennis) tot wetenschap verheven werd, ontstond er strijd over de hoedanigheid der krachten, die als oorzaken van de veranderingen moesten aangenomen worden. Om zooveel verschillende vormen te verklaren namen velen hun toevlucht tot groote, gewelddadige omkeeringen in de schepping. Zulke omkeeringen en storingen noemt men revoluties en deze theorie kreeg daarom den naam van revolutietheorie. Plotseling werden volgens deze leer gebergten uit den grond opgeheven, plotseling overstroomde de oceaan de landmassa, plotseling werden landen verscheurd en diepten in droogten

veranderd. Op dergelijke catastrophen werd door de aanhangers dezer leer gebouwd, om het tegenwoordig voorkomen der aardoppervlakte te verklaren, van daar, dat men ze catastrophisten noemde. Het moest evenwel ook hunne opmerkzaamheid trekken, dat tegenwoordig dergelijke geheele omkeeringen nergens meer voorkomen. Er waren dan ook anderen, die het inzicht waren toegedaan, dat de geschiedenis der aarde er eene is, waarin slechts van eene langzame ontwikkeling sprake kan zijn. Zij meenden, dat over 't algemeen slechts die krachten hadden gewerkt, welke we nu nog zien werken. Deze theorie noemt men de evolutietheorie, welk woord ontwikkelingstheorie beteekent. Slechts bij uitzondering is er in deze leer plaats voor plotselinge veranderingen: langzaam en rustig gaat doorgaans het ontwikkelingsproces voort; de krachten, die van het begin der aarde werkten, doen nog voortdurend haren invloed gelden, geen buitengewone slechts voor een oogenblik werkende krachten worden te hulp geroepen.

§ 317. **Versteeningen.** De dieren en planten, die thans op den aardbodem voorkomen, zijn niet de eerste, die er tot ontwikkeling kwamen. Geheele geslachten van dieren en planten hebben op de aardoppervlakte geleefd, zijn er uitgestorven en door nieuwe vervangen, voor de tegenwoordige toestand begon. Overblijfselen van die vroegere planten- en dierenwerelden vinden we nog in de aardlagen terug. Men noemt ze petrefacten (van petra = steen en facio = ik maak) of fossielen (van fossa = groeve).

Soms vindt men er zoo klein, dat alleen het gewapende oog van den geleerde ze ontdekt, elders komen grootere voor, zelfs dragen ze vaak door hunne ontzette menigte tot de vorming van de aardkorst bij. Intusschen vertoonen de verschillende dier- en plantenvormen niet alleen weinig overeenkomst met de tegenwoordig voorkomende dieren en planten, maar ook onderling bestaat er groot verschil. De catastrophisten moesten om deze verschillen te verklaren aannemen, dat telkens een soort plotseling of minder plotseling uitstierf, terwijl de aanhangers der evolutietheorie verband brachten tusschen de zoo groote verscheidenheid van fossielen. Toen nu de revolutietheorie werd opgegeven, kreeg ook het planten- en dierenrijk zijn ontwikkelingsgeschiedenis. Toen begon men algemeen den zin te vatten van het volgende zeer gewichtige feit. Aanvankelijk vond men in de aardlagen fossielen, afkomstig van dieren en planten, die wel niet gelijk waren aan de tegenwoordige, maar er toch eene groote overeenkomst mede hadden. Hoe dieper men echter doordrong, hoe meer die vormen van de thans bestaande afweken. **Van de oudste organische vormen tot de tegenwoordige is dus eene ontwikkeling waar te nemen en de organische wereld verschijnt als eene trapsgewijze ontwikkelingsrij, waarin de latere, hoogere vormen uit de vroegere, lagere in verloop van tijd door langzame verandering zijn ontstaan.** Naar deze beschouwing is dus de soort van elke plant en elk dier veranderlijk, maar de afstammingslijnen der tegenwoordige organismen loopen uit op een aanvangswezen, dat in de vroegste oudheid der aarde heeft bestaan. Hoe dit wezen ontstond, daarmede bemoeit zich deze leer niet. Natuurlijk bevat de trapsgewijze ontwikkelingsrij der organische wezens nog eene menigte gapingen. De langzame ontwikkeling der organismen is geheel in overeenstemming met de grondslagen der evolutietheorie, maar vindt geen genade bij de aanhangers der catastrophen, en ook daarom stellen wij de eerste theorie hooger.

§ 318. **De macht van een geringe kracht.** Nu kan het ons vreemd voorkomen, dat dezelfde krachten, die tegenwoordig nog op de aarde werken, voldoende zijn om zoo groote verscheidenheid aan hare oppervlakte te weeg te brengen. Laten we een voorbeeld nemen. De aardrijkskunde leert ons, dat kolossale gebergten uit kalk bestaan; de geologie zegt, dat die kalk het product is van een groot aantal kleine schelpdieren, dat zij bestaat uit de overgebleven schalen van deze microscopische diertjes. Vergelijken we de uitgestrektheid der kalkbergen met de geringe grootte der voortbrengende wezens, dan kunnen we ons dat niet voorstellen. En terecht gaat dit het voorstellingsvermogen van den mensch te boven, maar indien we er den factor tijd bijbrengen, dan vervalt er veel van het onbegrijpelijke. En juist den tijd, waarin dit alles geschied zal zijn, moeten we niet buiten rekening laten; voor den geoloog zijn duizenden en misschien millioenen van jaren gelijk aan een oogenblik. Zoo is het met alle werkingen in de geschiedenis der aardkorst: de geringste kracht kan na duizenden van jaren voor ons onbegrijpelijk groote uitwerkingen hebben.

§ 319. **Perioden van de geschiedenis der aarde.** Het eindresultaat of liever het resultaat, dat wij op dit oogenblik als aarde kennen, is dus ontstaan door voortdurende samenwerking der verschillende krachten over tijdruimten, waarvan de duur ons begrip te boven gaat. De chronologische volgorde der hoofdwerkingen eischt, dat men de aardgeschiedenis in zeven tijdperken splitst. Elke kracht blijft van haar aanvang voortdurend doorwerken. Deze werkingen zijn: 1° de werking der zwaartekracht, 2° die der warmteuitstraling, 3° die der kristallisatie, 4° die van het water, 5° die der organismen, 6° die van het ijs, 7° die van den menschelijken geest.

Naar deze 7 hoofdkrachten verkrijgen we ook zeven perioden in de aardgeschiedenis en wel:

Eerste periode. De aarde bevindt zich in gasvormigen toestand, doet zich voor als een gasbol van zeer hooge temperatuur onderworpen aan de wetten der zwaartekracht. Volgens de theorie van Kant en Laplace, en hier bevinden we ons natuurlijk op het gebied der hypothese, was eenmaal de ruimte, waarin we thans ons zonnestelsel waarnemen, met eene zeer ijle, zoogenaamde cosmische stof gevuld. Deze cosmische stof verdichtte zich onder de werking der zwaartekracht en vormde een gloeiende nevelmassa, die van het westen naar het oosten rondwentelde. Door deze rondwenteling ontstond er afplatting aan de polen of uitzetting aan den evenaar, welke laatste zoo groot werd, dat er zich daar een ring afscheidde. Daar deze ring niet overal even dik was, kromp hij langzamerhand tot een bol te zamen, die langzamer wentelde dan de overblijvende gasmassa. Eene zoodanige uit de zonnenevelmassa ontstane bol is volgens de hypothese van Kant en Laplace onze aarde, waarvan zich later de maan afscheidde op dezelfde wijze, als zij zelf eens de zon verlaten had.

Alle planeten en manen van ons zonnestelsel zijn op deze wijze ontstaan. Saturnus vertoont tegenwoordig nog een ring.

Tweede periode. In de eerste periode valt dus het begin van het zelfstandig bestaan der aarde. Door de warmteuitstraling in het koude luchtruim ontstaat eene verlaging der temperatuur en deze heeft eene verandering in den agregatie-toestand der stof ten gevolge. Een gedeelte namelijk van de gasmassa wordt afgekoeld beneden het verdampingspunt en komt in vloeibaren toestand. In de tweede periode bestaat dus de aarde uit een gloeiend vloeibare aardkern, omgeven door een gasomhulsel. Er is tweeërlei toestand en tweeërlei stof in plaats van de eenvormige gasmassa. Die sterren buiten ons zonnestelsel, welke constante helderheid bezitten, verkeeren in dezen toestand. De zon is in het laatste gedeelte van dit tijdperk.

De waterdamp is echter nog geenszins tot vloeibaar water overgegaan, daarvoor is de temperatuur nog veel te hoog.

Derde periode. Door voortgezette afkoeling gaat de vloeibare kern aan hare oppervlakte over in eene vaste korst. In deze periode bestaat de aarde dus uit eene vloeibare kern, een daarom sluitende vaste, niet lichtgevende korst en een gasomhulsel. Bij volkomen rust zou deze korst zeer eenvormig en gelijk zijn. Er bestonden echter ook reeds oorzaken, welke dit verhinderden. Daardoor ontstonden bersten, waardoor de binnenste massa naar buiten drong. We zien hier dus tevens den aanvang van de eruptieve gebergte-vorming.

Tot de oorzaken, die de gevormde korst aanstonds deden scheuren, behooren bijvoorbeeld de kracht, die thans nog ebbe en vloed te weeg brengt, en die van ongelijke inkrimping bij afkoeling, hetzij deze ongelijke volumevermindering ontstaat door ongelijke afkoeling of door de verscheidenheid der afgekoelde stof. Dat, bij overgang van den vloeibaren in den vasten toestand, de vaste massa op de vloeibare kan drijven, wordt geleerd in van de Stadt I § 66.

Vierde periode. Intusschen doet de voortgaande afkoeling een nieuw verschijnsel ontstaan: de waterdamp heeft eindelijk haar dauwpunt bereikt en het water verschijnt op de vaste aardkorst om hare werking te beginnen, die, even als die van zwaartekracht en afkoeling nog heden ten dage en zeker wel nog eeuwen na ons, haren invloed zal uitoefenen. In deze periode begint dus de werking van den neerslag, de oplossende en afscheidende of chemische werking,

zoowel als de afslijpende, meevoerende en neerleggende, welke heden ten dage haar invloed nog zoo krachtig doet gevoelen (Zie § 235 en verv.).

Vijfde periode. Bij verdere afkoeling der aarde komt zij in een tijdperk, waarin organisch leven aan hare oppervlakte kan bestaan. De verscheidenheid der organismen wordt van dit oogenblik af hoe langer hoe grooter. Iedere verandering in de aardoppervlakte heeft sinds dit tijdstip eene wijziging in de organische wereld ten gevolge. De organismen worden hoe langer hoe hooger ontwikkeld. Ligt nu ook de oorsprong der organismen in 't duister, de theorie van Darwin is voldoende om uit bestaande vormen de ontwikkeling van nieuwe te verklaren, maar dan moet men den langen tijdsduur, dien elk tijdperk in de geologie inneemt, steeds voor oogen houden.

Zesde periode. Tot nu toe is de aarde steeds een lichaam, dat zijne warmte bepaaldelijk ontleent aan zijn gloeiende kern. Daar, door voortdurende afkoeling en verdikking der aardkorst, de invloed van de inwendige temperatuur op de oppervlakte-temperatuur aanhoudend vermindert, komt onze planeet in een tijdperk, waarin de verwarmende invloed van de zon zich doet gelden. Echter kan de zonnewarmte niet op alle deelen even grooten invloed uitoefenen. Zoo ontstaat er in dit zesde tijdperk onderscheid in temperatuur tusschen de verschillende deelen der aardoppervlakte. Tengevolge daarvan komt het water ook in vasten toestand voor en zijn we tot het tijdstip genaderd, waarop ijs en gletschers hunne krachten met gunstig gevolg aanwenden, om de oppervlakte der aarde te wijzigen.

Zevende periode. Intusschen hebben de verschillende krachten niet alleen steeds nieuwe soorten van organische wezens geschapen, maar die soorten zijn steeds in ontwikkeling vooruitgegaan; in de zevende periode bereikt de ontwikkeling van de organische wereld haar toppunt: de mensch verschijnt.

§ 320. Verdeeling der gesteenten. Onze lithospheer bestaat uit verschillende stoffen, die men aanduidt met den naam gesteenten. Zoowel het hardste graniet, als de drassige klei, de zuiverste anthraciet als het moerassige veen is dus een gesteente. Gedurende de derde van de in de voorgaande paragraaf genoemde perioden ontstaat onze lithospheer. Aanvankelijk is deze gevormd door bekoeling van gloeiendvloeibare gesteenten. De haar vormende gesteenten zijn dus ontstaan door middel van vuur en worden daarom plutonische of eruptieve gesteenten genoemd. Toen in de vierde periode het water op het aardrijk nederdaalde, deed dit zijn verschillende werkingen gevoelen en vormde nieuwe lagen, die men sediment-gesteenten of neptunische gesteenten noemt. Nu zijn deze laatste laagsgewijze over elkander gelegd, en daaruit volgt, dat de bovenliggende steeds tot eene jongere formatie behooren dan de onderliggende. Dit in aanmerking nemende kan men den betrekkelijken ouderdom der gesteenten nagaan, d. w. z. men kan bepalen, welk van twee gesteenten het oudste, welk het jongste is; maar de ouderdom van een gesteente zelf of de tijd, tot de vorming ervan vereischt, kan zelfs niet bij benadering worden opgegeven; in dat opzicht dwaalt de mensch in het gebied der gissingen.

Op sommige plantsen werd echter de korst van sedimentlagen geheel of gedeeltelijk verbroken door nieuwe schuringen in de aardkorst, of de regelmatige ligging ervan werd door de werking der kracht van het inwendige gewijzigd. Stoffen uit de gloeiend vloeibare kern werden op nieuw aan de oppervlakte gebracht. Men noemt deze stoffen vulkanische gesteenten.

Op de grenzen van eruptieve en sediment-gesteenten vindt men het oorspronkelijk gebergte, waarop de sedimenten rusten. Dit gebergte schijnt ook uit sedimenten te bestaan, die door druk en warmte een eenigszins gewijzigd karakter hebben gekregen en die men daarom metamorphische gesteenten noemt.

Van de oppervlakte der aarde naar het middelpunt gaande, ontmoeten we dus:

1° sediment-gesteenten, door de werking van het water afgezet,

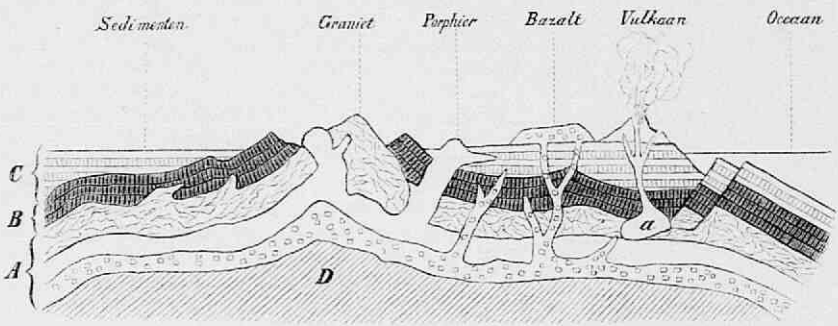
2° metamorphische gesteenten,

3° eruptieve gesteenten, gekristalliseerd uit de vloeibare massa der aardkern.

Door de metamorphische en de sediment-gesteenten heen dringen op verschillende plaatsen de vulkanische gesteenten aan de oppervlakte.

Onderstaande figuur levert eene ideale doorsnede van de aardkorst. *D* stelt het inwendige der aarde voor, waar de stoffen zich in gloeiend-vloeibaren toestand bevinden en waarvan de temperatuur ongeveer 2000° C. minstens zal bedragen. Daarboven liggen drie lagen van eruptieve gesteenten (*A*), die hier en daar door de hooger liggende lagen zijn heengebroken. Nog hooger vinden wij de metamorphische gesteenten (*B*), welke weder bedekt worden door de sediment-gesteenten (*C*). Deze laatste hebben de ondiepten opgevuld en liggen dus horizontaal, welke horizontale ligging echter ook kan worden verbroken, maar natuurlijk

Fig. 72.



Doorsnede van de aardkorst.

alleen door een kracht, die na het ontstaan der sedimentlaag werkt. Aan de rechterzijde der figuur is eene dergelijke verbreking der liggingsorde voorgesteld. Door de reeds gevormde lagen dringen de vulkanische gesteenten, (graniet, porphier, basalt) op verschillende plaatsen heen.

§ 321. **Formatie.** Reeds is bij het vermelden der evolutie-theorie over het ontstaan der aarde gewezen op de fossielen, die in de verschillende aardlagen en wel in de sediment-gesteenten voorkwamen. **Naar het voorkomen van de overblijfselen van planten en dieren heeft men de geschiedenis der aarde in verschillende formaties verdeeld. Door eene formatie verstaat men een geheel van aardlagen, waarin organische overblijfselen van denzelfden aard voorkomen. Tot gemak van 't overzicht worden de formaties gegroepeerd in perioden.** De soort van de gesteenten doet dus weinig ter zake, hierop kan men niet genoeg letten. Tot verduidelijking daarvan dienen de volgende voorbeelden.

Er is een tijd geweest, dat ons land met uitzondering van een zeer klein gedeelte nog onder de wateren van den oceaan bedolven was. Toen heerschte er hier eene groote koude. Volgens eene verouderde theorie kwamen toen ijsbergen uit het noorden en dreven tot op de plaats, waar tegenwoordig onze hoogere gronden gelegen zijn. Eenmaal daar gekomen, smolten ze en lieten alles, wat ze mee hadden gevoerd zinken. Daaronder waren groote en kleine stukken steen, die ze van de Scandinavische bergen medebrachten. Wij noemen den daardoor ontstanen bodem het Scandinavisch diluvium. Begeeft men zich nu naar den Atlantischen Oceaan in de nabijheid van het eiland New-Foundland, dan ontwaart men daar eene werking, die groote overeenkomst heeft met de zooeven genoemde. Groote ijsbergen worden door koude zeestroomen aangevoerd en smelten weg door de warmte, welke daar wordt geleverd door de stroomen, die van den aequator komen. Langzamerhand wordt daar een zandbank gevormd, die na verloop van tijd boven de wateren van den oceaan zal uitsteken. De daar gevormde bodem zal groote overeenkomst hebben met ons Scandinavisch diluvium, toch wordt hij daar niet toegerekend, hij behoort tot de alluviale gronden. En waarom? Omdat de soort van gesteenten in deze niets beslist, maar de organische over-

blijfselen, die men er in vindt, de formatie bepalen. En nu treft men in ons Scandinavisch diluvium overblijfselen aan van den mammoet, den rhinoceros, een soort van paard, van hert en van rund, maar deze laatste verschillen merkbaar van de thans nog levende paarden, herten en runderen. Verder treft men buiten ons land, waar deze zelfde aardlaag van zand en grint zich tot bijna aan den Oeral uitstrekt, uitgestorven soorten van den hyena, den hippopotamus, den bever en den zoogenaamden holenbeer aan. Wanneer nu bij New-Foundland het zand eens onderzocht werd, zou men daarin geen andere overblijfselen vinden dan van dieren, die thans in dat gedeelte van den Atlantischen Oceaan leven; men zou er geraamten van zeehonden en walvisschen in ontdekken. Ten opzichte van de fossielen verschillen de beide tot voorbeeld genomen gronden dus hemelsbreed en daarom rekent men ze tot verschillende formaties, ofschoon het zeer goed mogelijk is, dat ze in samenstelling nagenoeg overeenkomen.

Nog een ander voorbeeld moge tot opheldering dienen. Bij Stassfurth in Pruisen op de grenzen van Anhalt vindt men groote zoutlagen. Aan de noordzijde der Karpaten bij Bochnia en Wielicska strekt zich eveneens eene uitgebreide zoutbedding uit. Indien men de overblijfselen van dieren en planten nagaat, die in de nabijheid van beide zoutmassa's gelegen zijn, dan ontdekt men een zeer groot verschil en daarom rekent men ze, ofschoon ze uit dezelfde stof bestaan niet tot dezelfde formatie; integendeel blijkt de Pruisische veel ouder te zijn dan de Oostenrijksche bedding.

Daar de ontwikkeling der aarde langzaam voortschrijdt, zijn de grenzen doorgaans niet gemakkelijk aan te geven.

§ **322.** We kunnen de gesteenten nu verdeelen.

1° naar gelang er al of niet fossielen in voorkomen in

A. Eruptieve en Metamorphische gesteenten,

B. Gesteenten, die wel versteeningen bevatten.

Deze laatste bevatten geen hoogere organische wezens (zoogdieren, vogels en tweezaadlobbige planten), of zij bevatten die wel en daarnaar splitsen we ze in

A. Gesteenten van de Primaire en Secundaire periode

B. Gesteenten van de Tertiaire en Quartaire periode.

Het volgende overzicht geeft de verdeeling verder aan; daarin zijn tevens de verschillende formaties tot groepen of perioden saamgevat; het laagste cijfer duidt de onderste laag aan.

Overzicht van de lagen der Aardkorst.

IV. **Quartaire** of **Anthropozoïsche periode**. Periode der menschen.	2. Alluvium, de vorming van den tegenwoordigen tijd. 1. Diluvium, tijdperk van mammoet en holenbeer.
III. **Tertiaire** of **Kainozoïsche periode**. Periode der zoogdieren.	2. Neogeen, tijdperk der mastodonten en jongere bruinkolen. 1. Eogeen. Nummulieten en oudere bruinkolen.
II. **Secundaire** of **Mezozoïsche periode**. Periode der kruipende dieren.	3. Krijtformatie. Eerste loofboomen. 2. Juraformatie. Vischhagedissen, overgang tot de vogels, enkele buideldieren. 3. Trias. Het eerste zoogdier. Kikvorschachtige hagedissen.
I. **Primaire** of **Palaeozoïsche periode**. De periode der lagere dieren en lagere planten.	4. Dyas of Permsche formatie of Kopergebergte. Ongelijkstaartige, glansschubbige visschen. 3. Steenkolenformatie. Eerste spinnen, insecten en coniferen. 2. Devonische formatie. Pantservisschen en eerste landplanten. 1. Silurische formatie. Ongewervelde zee-dieren en zee-kryptogamen. Trilobieten.
Archaeïsche periode.	Metamorphische gesteenten met twijfelachtige sporen van organisch leven.
Eruptieve gesteenten.	

Beziet men de namen van dit overzicht, dan bemerkt men aanstonds, dat zij voor een gedeelte aan gesteenten ontleend zijn. Men vindt een steenkolenformatie en een krijtformatie. Dit zou ons op een dwaalspoor brengen. Reeds is er nadrukkelijk op gewezen, dat het kenmerkende van elke aardlaag niet ligt in de steensoorten maar in de overblijfselen van organische wezens, die men in zulk eene laag vindt. Dus kunnen er gronden tot de steenkolenformatie behooren, ofschoon zij geen steenkolen bevatten, en andere tot de krijtformatie, hoewel er geen krijt in voorkomt. Dat men dan zulke lagen toch tot de genoemde formaties rekent, is hierin gelegen, dat men er overeenkomstige fossielen in vindt, als in Europa, waar de namen gegeven zijn, in de formaties, die grootendeels uit steenkolen of krijt bestaan. En in ons werelddeel heeft men die formaties zoo genoemd, omdat dergelijke gesteenten (steenkool en krijt) er voornamelijk, doch geenszins uitsluitend in voorkwamen.

Welke formaties behooren tot de neptunische gesteenten?

A. Archaeïsche Periode of Voorhistorische tijd.

§ 323. **Kenmerken.** Waar men aan de oppervlakte de jongere lagen doorboort, hetzij in berg- of heuvelland, in middel- of hooggebergte, overal stuit men op kristallijnen silicaatgesteenten, die dus den grondslag vormen van alle jongere sedimentlagen en daarom den naam van grond- of oergebergte dragen. Met het ontstaan daarvan vangt dus de geschiedenis der aarde voor den geoloog aan. Wij worden daarbij teruggevoerd naar den tijd, toen de hydrospheer en de lithospheer werden gevormd. Alleen chemische en physische krachten deden toen hun invloed gelden en naar alle waarschijnlijkheid bestond er geen levend wezen. Vroeger meende men, dat het ontbreken van organismen in dit tijdperk een voldongen feit was en noemde het daarom de azoïsche of prozoïsche periode (a = niet, pro = voor, zoön = dier, dus azoïsch = geen dieren bevattend, en prozoïsch = vóór de dieren komend). Daar echter thans betwijfeld wordt, of dit gemis aan organismen wel vast staat, is het beter dit tijdperk te bestempelen met den naam van archaeïsche periode (van archaios = oud). De gesteenten van deze periode moeten wij ons over de gansche aarde verspreid denken, maar over 't algemeen zijn ze onder de jongere formaties verborgen. Waar men ze echter aantreft, overal vertoonen ze een zoodanige gelijkheid, dat er niet aan getwijfeld kan worden, of ze zijn onder gelijke omstandigheden ontstaan. Waarschijnlijk vormen ze niet de eerste vast geworden korst der aardoppervlakte, want ze vertoonen ook lagen en vandaar, dat men hun ontstaan aan de vereenigde krachten van water en vuur toeschrijft en ze metamorphische gesteenten noemt. Voor echter het water op den lithospheer kon inwerken, moest er een lithospheer bestaan, en dus zullen we de eerst vastgeworden deelen der aardkorst onder de lagen van 't archaeïsche tijdperk moeten zoeken.

Verbreiding. Door de volgende aardlagen zijn de Archaeïsche gesteenten op vele plaatsen heengebroken, zoodat men ze daar aan de oppervlakte aantreft. Hier komen ze in drie vormen voor:

1° als bergmassa's. Voorbeelden daarvan zijn het gebergte van Scandinavië en Finland, dat van noordwestelijk Schotland, dat van Bohemen en Moravië, waartoe ook Ertsgebergte en Reuzengebergte behooren, dat van Centraal-Frankrijk, enz.

2° als bergketens. Deze vorm ontstond daar, waar over eene betrekkelijk groote lengte bij geringe breedte het gesteente door de andere lagen werd omhoog geperst, en onmiddellijk aan de oppervlakte verscheen of door verweering der bovenliggende lagen bloot kwam. De centraalketen der Alpen levert hiervan een voorbeeld.

3° als alleenstaande toppen of klompen. Zoodanige treft men in de West-Alpen aan (Mont-Pelvoux) en in de Karpaten (Tatra).

Organismen. In 1858 heeft men in Canada in de kristallijnen kalk der gneisformatie sporen van dierlijk leven meenen te ontdekken. Later evenzoo in de oerkalk van Schotland en Scandinavië en in Bohemen. Nader onderzoek moet afgewacht worden, alvorens de geologen het in dit opzicht eens zijn.

Als plantenoverblijfselen meent men te moeten beschouwen de talrijke graphietlagen, die, wat vorming aangaat, groote overeenkomst met steenkolen bezitten met dit onderscheid, dat de vormende planten verschillen.

Mineralen. De Archaeïsche formatie is buitengewoon rijk aan mineralen. Bijna alle, die de mensch tot zijn nut aanwendt, worden er in aangetroffen, met uitzondering van zwavel, kool (steenkool, bruin-

kool, enz.) petroleum en gips. Door de veelvuldige spleten drongen de metalen naar de oppervlakte. In landen, waar veel bergwerken voorkomen, duidt men deze formatie dan ook wel aan met den naam ertsgebergte. Goud, zilver en platina, alle eigenlijke edelgesteenten en de zoogenaamde half-edelgesteenten komen in deze formatie voor. De meeste van deze, alsmede goud- en platinakorrels, worden door het rivierwater uit het gebergte naar de jongere lagen gevoerd en dan in het zoogenaamde „waschgebergte" door den mensch gevonden.

Gesteenten. De gesteenten, die tot deze periode behooren, komen nog in drie lagen voor en wel

1° de gneisformatie, de onderste, die gneis, kristallijnen kalk, magneetijzer, graniet, graphiet, enz. bevat. Daarop ligt

2° de glimmerlei-formatie, met glimmerlei, waarin granaat gevonden wordt, kwartsiet en hier en daar kristallijnen kalk en graphiet, waarop

3° de leemlei-formatie of phylliet-formatie ligt, waarin de gesteenten der onderste lagen elkander afwisselen en die veel ertsen bevat.

B. **Palaeozoïsche of Primaire Periode of Ouderdom der Aarde.**

§ **324. Beteekenis.** Deze periode heeft haar naam te danken aan het feit, dat men in de aardlagen hiertoe behoorende voor 't eerst met zekerheid sporen kan aanwijzen van dierlijke overblijfselen. Palaios beteekent oud, zoön was dier, letterlijk beteekent Palaeozoïsch dus: de oude dieren betreffend.

Van af het oogenblik, dat het grondgesteente gevormd was en lucht en water daarop vernielend begonnen in te werken, begint de geschiedenis van de voortdurende verweering van bestaande en de nederlegging van nieuw gevormde gronden; deels bezonken deze in zoet, deels in zout water, deels vormden ze conglemeraten, dat zijn afgeronde steenbrokken door een natuurlijk bindmiddel (kalk b. v.) tot één massa verbonden. Wel kwamen op onderscheidene punten door uitbarstingen de eruptieve gesteenten weer aan de oppervlakte, maar ook deze leverden dan slechts nieuwe stof voor de verweering en de nederlegging. Op het oergebergte volgt dus het vlotgebergte, of met andere woorden gezegd: op de plutonische volgen de neptunische gesteenten.

§ **325. Versteeningen.** Aan het einde van de Archaeïsche periode was de aarde geschikt om organische wezens te dragen. In de hoogere lagen vinden we dan ook vele overblijfselen dier vroegere wezens. Hoe dieper we in de aarde doordringen, hoe grooter het verschil wordt dat er bestaat tusschen de dieren, wier overblijfselen we vinden, en de tegenwoordige; dit zal ons weldra blijken, daar we van onder af beginnende dadelijk kennis maken met de grootste verschillen.

Wij hebben in § 316 reeds gezien, dat er eene trapsgewijze ontwikkeling der organismen valt op te merken. Planten en dieren hebben zich in de opeenvolgende perioden der aardgeschiedenis onophoudelijk gewijzigd. Eenige soorten van planten en dieren stierven spoedig uit, andere hielden zich langer staande, maar na een lang tijdsverloop is zoowel de flora als de fauna geheel en al gewijzigd, zonder dat men een tijdstip weet aan te wijzen, waarop de wijziging beslist heeft plaats gehad. Ook in dit opzicht maakte de natuur geen sprongen, hare schijnbaar nietige krachten brachten de verandering geleidelijk te weeg. En vindt men nu soms scherpe afscheidingen, dan schrijft men de beslistheid der grenzen, of liever het ontbreken van den overgang, aan locale invloeden toe, dat zijn zulke invloeden, die zich niet over de geheele aardoppervlakte uitstrekten, en dus de langzame ontwikkeling in het algemeen niet kunnen verstoord hebben.

Het doel van het onderzoek der fossielen (Palaeöntologie) bereikt haar toppunt, wanneer de beoefenaar dier wetenschap de oorzaken tracht te vinden, van welke het ontstaan en de verandering en ontwikkeling der organismen afhangen.

Uit een ander oogpunt beschouwd zijn de fossielen voor den geoloog nog van groote waarde. We hebben reeds medegedeeld en we zullen in het vervolg vaak kunnen ontdekken, dat de soort der gesteenten niet van beslisten invloed is op de groepeering in formatie's, daar geheel gelijke steensoorten vaak tot verschillende lagen behooren. Kwamen die lagen nu steeds volledig voor, met andere woorden was de rij steeds volmaakt, dan kon men uit de ligging steeds den betrekkelijken ouderdom opmaken. Dit is nu

echter niet het geval en daardoor zijn vaak de organische resten, in een steensoort voorkomende, de eenige vaste punten voor den geoloog om den betrekkelijken ouderdom der lagen te bepalen. Uit haar herkent men den ouderdom der lagen, gelijk de architect uit den bouwstijl de eeuw bepaalt, waarin eene kerk gebouwd is, of gelijk een munt, een zwaard of een speer in een graf gevonden ons het volk voor den geest roept, dat daar zijn dooden begroef. Daarom kan men met recht de petrefacten „de gedenkpenningen van de schepping" noemen.

Gaan we nu nog na op welke verschillende wijzen de overblijfselen van vroegere planten en dieren voor ons bewaard zijn gebleven. In slechts enkele gevallen komen geheele lichamen tot ons. In den diep bevroren bodem van Siberië heeft men geheele lichamen van den mammoet en den diluvialen neushoorn gevonden, zoodat men zelfs oordeelen kan over de kleur van het haar, dat eerstgenoemde bewoner uit dit tijdperk bezat. Maar zulke gevallen zijn eenig, meestal zijn de weeke lichaamsdeelen, als vleesch, vet, kraakbeen, nagels, enz. geheel vergaan en hebben niet het geringste spoor achtergelaten. Slechts de harde deelen, dat zijn die, welke uit minerale zelfstandigheden bestaan, als beenderen, tanden, huidschilden, schalen, koralen, enz. zijn behouden gebleven. De vormende stof is dan echter ook vaak gewijzigd, maar doorgaans is de structuur niet verloren geraakt. Die verandering kan plaats hebben:

1° door verkoling,
2° door verweering en uitlooging,
3° door omkorsting,
4° door afdruk,
5° door versteening.

Het verkolingsproces (Zie § 305) heeft alleen bij plantenstoffen plaats.

De verweering en uitlooging heeft plaats bij alle uit koolzure of phosphorzure kalk bestaande deelen van het geraamte. De harde deelen van het geraamte bij de gewervelde dieren, dat zijn de beenderen, bestaan uit genoemde kalksoorten en eene organische lijm. Deze laatste wordt langzamerhand aan het weefsel onttrokken. Daardoor worden de beenderen poreus en bros. Treedt nu geen nieuwe verbindingsstof toe, dan is er alle kans, dat het been geheel verloren gaat; treedt zulk eene echter wel toe, dan blijft het been voor de nakomelingschap bewaard. Schelpen of schalen van lagere dieren blijven op overeenkomstige wijze behouden.

De omkorsting geschiedt op de volgende wijze. Geraakt een organisch gedeelte onder water of in zand of leem bedolven, dan kan het gebeuren, dat er zich een deel van de omringende stof aan het organisme vast hecht en zoodoende minstens den vorm bewaart. In water, waarin veel koolzure kalk is opgelost, blijft deze bij verdamping van gene achter en vormt een kalklaagje om het bedolven deel. Tegenwoordig schijnt men zulke omkorstingen nog te kunnen waarnemen in ons land in het stroompje „de Waal" bij het dorp Rockanje, ten zuiden van den Briel. Zand en leem kunnen vereenigd met koolzure kalk ook dergelijke omkorstingen vormen.

De afdruk komt vaak voor. Hij ontstaat, doordat een organisch lichaam in een massa wordt gehuld, die oorspronkelijk week is, zoodat de vorm daarin min of meer volkomen wordt afgedrukt. Deze afdruk is dus een soort negatief. Hij is des te volkomener, naarmate de bedekkende stof fijner is en de vormen beter bewaart. Hij blijft bestaan, ook al geraakt het organisch geheel totaal verloren. De holte, die door dit verloren gaan ontstaat, wordt doorgaans weer gevuld en zoo ontstaat er dan een positieve afdruk.

De eigenlijke versteening heeft dan plaats, wanneer het ingesloten organisch lichaam geheel door anorganische stoffen wordt doordrongen, en er dus langzamerhand, in plaats van een organisch overblijfsel, een anorganisch lichaam ontstaat, dat in vorm en structuur, maar niet in stof, met het organische overeenkomt. De stoffen, die zulke eigenlijke versteeningen vormen, zijn koolzure kalk en kiezelzuur, maar ook gips en zwavelkies (een verbinding van zwavel en ijzer) komen als zoodanig veelvuldig voor.

Verder rekent men tot de petrefacten ook nog de voetstappen, enz. van sommige dieren. Men noemt ze indrukken of sporen.

§ 326. **Kenmerken dezer Periode.** Keeren we nu tot de Palaeozoïsche Periode terug.

Zooals we zeiden, kenmerkt ze zich door het voorkomen van de oudste organische voortbrengselen, die men met zekerheid kan aanwijzen. Of we hier werkelijk met de eerste organische wezens te doen hebben, valt daarom met grond te betwijfelen, dat men er reeds planten en dieren aantreft en er dus reeds eene verdeeling van organische wezens voorkomt. De dieren en planten wijken echter ontzettend veel van de tegenwoordige af, zoo veel, dat het dikwijls moeielijk uit te maken is, onder welke familiën der thans levende organismen ze dienen gerangschikt te worden. Van de soorten, die in dit tijdperk bestonden, komt geen enkele meer onder de thans levende voor. De flora wordt bijna uitsluitend door kryptogamen gevormd, o. a. varens, zeealgen, paardestaarten en wolfsklauwen. Tweezaadlobbige planten ontbreken geheel en aan het einde van het tijdperk verschijnen eerst enkele Eenzaadlobbige. Neemt men nu in aanmerking dat ongeveer $^4/_5$ van de thans bestaande flora door deze laatste twee plantenafdeelingen wordt gevormd, dan is het niet te verwonderen, dat het aantal planten in de Palaeozoïsche Periode gering is. Waren echter de soorten weinig, het aantal individuen van elke soort schijnt verbazend groot te zijn geweest. Even armzalig is de fauna. Ook daar zien we alleen de lager ontwikkelde soorten. Zoogdieren en vogels komen niet voor. Enkele amphibieën verschijnen en in de bovenste lagen vindt men een echt reptiel. Ongewervelde dieren en kraakbeenvisschen spelen den hoofdrol, vooral koralen, stekelhuidigen en weekdieren.

Wat het klimaat betreft, dient opgemerkt te worden, dat over de geheele aarde een gelijke, hooge warmte heerschte en de verschillen te dien opzichte niet bestonden, wat ook natuurlijk is, daar toenmaals de aarde haar eigen warmtebron nog was en de zon weinig of geen invloed op hare temperatuur had.

De kenmerken van de Palaeozoïsche Periode laten zich dus samenvatten:

Er bestaat reeds een dieren- en een plantenwereld, maar beide staan op den laagsten trap van ontwikkeling. De hoogste vormen van de flora zijn enkele eenzaadlobbige planten, die van de fauna is een echt reptiel. Het klimaat staat nog buiten invloed van de zonnewarmte.

De Palaeozoïsche Periode wordt verdeeld in de volgende tijdperken, die we kort zullen beschouwen:

4. Dyas of Permsche formatie.
3. Steenkolenformatie.
2. Devonische formatie.
1. Silurische formatie.

§ 327. **Silurische formatie.** Deze is genoemd naar den volksstam der Siluriërs, die enkele deelen van het hertogdom Wales in Engeland bewoonde, waar deze formatie zeer volledig optreedt. Wat de organismen aangaat, treft men in deze formatie geen overblijfselen van landplanten aan, evenmin als die van landdieren. We mogen daaruit besluiten, dat het land toen geen dieren of planten droeg en dat dus de eerste organismen in den oceaan zijn ontstaan. Daar we ook geen overblijfselen vinden van dieren, die in zoetwater, dus water van 't vastland konden bestaan, mogen we aannemen, dat het vastland gering in oppervlakte was. Van de planten komt in de Silurische lagen haast uitsluitend zeetang voor. De fauna biedt meer verscheidenheid aan. De hoofdrol wordt gespeeld door een soort dieren, die eenige overeenkomst met kreeften hebben en die aangeduid worden met den naam Trilobieten.

Mineralen. Deze formatie bevat de rijkste vindplaatsen van goud. De oude goudwasscherijen in Wales, die in den Oeral (deze gedeeltelijk) en die in Australië behooren er toe. Bovendien vindt men in Stiermarken en Bohemen ijzer in de Silurische lagen, bij Přibam zilver en lood, bij Almaden kwikzilver. Minder treft men zout en gips aan.

Verbreiding. Men vindt deze formatie in Europa eenigszins uitgebreid in Wales en in Bohemen; in Noord-Amerika beslaat ze eene groote uitgestrektheid.

Gesteenten. Het aantal gesteenten is zeer groot: conglomeraten, grauwacke (een soort van grijzen, zeer harden zandsteen in tallooze nuances), kwarts, kiezelleien, leemleien, kalk, enz. Op vele plaatsen zijn eruptieve gesteenten nauw met de Silurische verbonden, o. a. graniet en porfier.

Het kenmerkende van de Silurische formatie bestaat in het voorkomen van de laagste dier- en plantvormen en in het ontbreken van een fauna en flora van 't vastland, dat klein in uitgebreidheid is.

§ **328. Devonische formatie.** Deze wordt zoo genoemd naar het graafschap Devonshire in Engeland, tusschen het Kanaal en het Kanaal van Bristol. Daar bevindt zich namelijk deze formatie tot eene dikte van ongeveer 6000 meter. Het vastland heeft in oppervlakte gewonnen en daardoor komen er nevens zuiver marinelagen ook bezinksels voor, die als strandvormingen moeten aangemerkt worden, zelfs vindt men zoetwatervormingen. Eigenlijk is deze gevolgtrekking verkeerd: omdat men zoetwatervormingen ontdekt heeft, meent men grond te hebben om te besluiten tot eene vergrooting van 't vastland. Dit wordt hier eens voor al opgemerkt: de gevonden fossielen leiden tot de wetenschap van de eigenaardigheden van elk tijdperk, maar tot gemakkelijker overzicht zullen we de eigenaardigheden wel meer als oorzaak nemen.

O r g a n i s m e n. Gedurende den Devonischen tijd trof men op de aarde varens, paardestaarten en wolfsklauwen aan. Ze komen in menigte voor en wij begroeten er de voorloopers in van den volgenden steenkolentijd. Naast de landplanten, merken we in de dierenwereld het talrijk optreden van een soort visschen met beenachtige deelen, die echter zeer veel afwijken van de tegenwoordige beenvisschen en p a n t s e r v i s s c h e n genoemd worden, omdat kop en romp in dikke beenplaten gehuld waren. Ze hadden dus een u i t w e n d i g b e e n i g geraamte.

M i n e r a l e n. Goud komt in de devonische lagen niet voor, wel zilver, kwikzilver, zink, lood en ijzer. De Rammelsberg bij Goslar in den Harz is devonisch. Even als de vorige formatie is deze rijk aan ertsen. Bovendien vinden we er petroleum in. De petroleumbronnen in Pennsylvanië behooren er toe.

V e r b r e i d i n g. Het voornaamste devonische gebied in Duitschland is het Rheinische schiefer- en grauwacke-plateau. Echter bestaat dit er niet geheel uit. De devonische lagen strekken zich van den Diemel en de Eder tot ver in België uit. De Rijn vormt er tusschen Bingen en Coblenz een heerlijk dal in. Verder is deze formatie zeer ontwikkeld in Rusland, waar zij het gebied van Koerland tot Archangel inneemt. Ook de Bosporus wordt door devonische gesteenten begrensd.

G e s t e e n t e n. Roode zandsteen (vooral in Engeland), leemlei, kalk en mergel. Groensteen komt als eruptieve vorming vaak voor.

De kenmerkende eigenschappen van de Devonische formatie zijn dus: het optreden van landplanten en van pantservisschen.

§ **329. Steenkolenformatie.** Deze formatie draagt haren naam naar het feit, dat de beste en de meeste steenkolen in hare lagen gevonden worden. Wel komen er ook in andere formaties steenkolen voor, maar daarin zijn ze niet zoo algemeen verspreid en niet van zulke goede hoedanigheid. Dat voorkomen van deze onontbeerlijke brandstof is natuurlijk een gevolg van den overvloedigen plantengroei in dit tijdperk. Noch vroeger noch later schijnen de voorwaarden voor de ontwikkeling van planten zoo gunstig geweest te zijn. Uitgestrekte moerassen boden een vochtigen vruchtbaren grond en de lucht schijnt een hooger koolzuurgehalte gehad te hebben dan in de overige tijdperken. Even als de beide voorgaande formaties vindt men deze in alle luchtstreken, in de koude zoowel als in de gematigde en in de heete. En overal vertoonen de lagen zoo groote overeenkomst, dat men niet anders kan aannemen, dan de volkomen gelijkheid van het klimaat over de geheele aardoppervlakte. Alleen in de bovenste lagen komen uitgestrekte kolenlagen voor en daarom verdeelt men dit tijdperk in twee deelen: eene onproductieve en eene productieve kolenformatie.

O r g a n i s m e n. In de onderste lagen vindt men nog de devonische fauna, maar de trilobieten sterven hier uit. Daarvoor in de plaats geeft ons dit tijdperk de eerste spinnen en insecten; verder treden er ook enkele vormen op, die overeenkomst met amphibiën en reptielen hebben. In het onproductieve kolengebergte komen meer organismen voor die op zoutwatervorming wijzen, in het productieve heeft men tot nu geen zeeplanten gevonden. De flora draagt duidelijk kenmerken, dat ze op moerassigen bodem is ontstaan. Kryptogamen zijn overheerschend, maar daarnaast treden enkele hoogere vormen op, zooals coniferen en andere naaktzadigen, ja misschien een eenzaadlobbige palm. De gewassen beginnen stammen te krijgen en we moeten dus aan moerassige wouden denken. De grootste vormen hebben stammen van 10—20 meter hoogte en $^1/_2$ meter dikte, dus waren ze niet zoo groot als onze tegenwoordige boomen. De stammen waren vaak eigenaardig geteekend met dwarsche, schuine, horizontale en verticale lijnen. Vroeger nam men aan, dat de saamgepakte massa van

planten ontstaan was, doordat het water ze bijeen spoelde; thans echter is men van meening, dat ze ontstaan is op de plaats, waar men thans hare overblijfselen vindt.

Mineralen. Op enkele plaatsen is in de onderste lagen marmer gevonden. Maar, wat voor den mensch van veel meer belang is, in de bovenste lagen, dus in het productieve gedeelte, komt ijzererts vaak in groote hoeveelheid voor. Vooral is dit het geval in Engeland en Noord-Amerika.

Gesteenten. De onderste lagen bestaan voornamelijk uit kalk, verder vindt men donkergrauwen zandsteen en verschillende leisoorten. Tusschen deze vaak 3000 meter dikke lagen vindt men de steenkool. Groensteen en porfier breken er als eruptieve gesteenten op sommige plaatsen doorheen.

Nu moet men zich niet voorstellen, dat de lagen steenkool in aanmerkelijke dikte voorkomen, integendeel men vindt nagenoeg altijd verschillende lagen van geringe dikte boven elkander. In het kolenbekken van New-Castle, waar de gansche formatie 1000 meter dik is, vindt men 30 lagen boven elkander, die te zamen een dikte hebben van 20 meter; in dat van Saarbrücken is de formatie 3000 meter dik en bevat zij 164 lagen, die te zamen 110 meter dik zijn. Daardoor maakt het volume steenkolen, dat een gebergte bevat, altijd een zeer gering deel uit van het geheel. De lagen liggen dikwijls in het midden het diepst en vormen dus een kom of bekken, vandaar dat men spreekt van kolenbekkens.

Verbreiding. Daar deze formatie eene zoo onontbeerlijke stof voor den mensch bevat, is hare verbreiding van grooten invloed op de stoffelijke welvaart van een volk. De volgende kolendistricten zijn het meest bekend: het bekken van Saarbrücken of het Pfalzer-kolendistrict; het bekken van de Ruhr; de bekkens in het koninkrijk Saksen; het Waldenburger en het Tarnowitzerbekken in Silezië. Oostenrijk heeft vooral in het Duitsche gedeelte veel steenkolen. In Engeland beslaat de oppervlakte der kolenbekkens meer dan 250 vierk. myriameter. De voornaamste districten bevinden zich bij New-Castle, tusschen Leeds en Derby, tusschen Liverpool en Oldham, bij Stoke, bij Birmingham, in Zuid-Wales (Merthyr-Tydfil) en in Noord-Wales. Schotland bezit een bekken tusschen Edinburg en Glasgow. België bezit twee bekkens: dat van Luik of het Maasbekken en dat van Mons of het Sambre-bekken. Rusland heeft evenzoo twee bekkens: een bij Moskou en een aan de Donetz. Bovendien komen er steenkolen aan de westelijke helling van den Oeral voor. Noord-Amerika bezit vier kolenvelden in de Vereenigde Staten, dat van Pennsylvanie, dat van Illinois, dat van Missouri en Arkansas en dat van Michigan. China is volgens de laatste ontdekkingen ook rijk aan steenkolen en in Australië vindt men ze bij New-Castle aan de Hunter. Wat onze bezittingen aangaat, vindt men ze op Borneo, waar ten noordoosten van Banjermassing de mijn Oranje-Nassau ontgonnen wordt en op Sumatra, waar de Ombiliën-kolenvelden nog steeds op ontginning wachten. De kolengebieden beslaan in Europa 630 □ myriameter, in Noord-Amerika minstens 3200 □ MM². Azië komt waarschijnlijk met Amerika, Australië met Europa overeen. De gezamenlijke productie bedraagt omstreeks 290 millioen tonnen (1 ton = 1000 kilogram), waarvan Engeland alleen er 135 millioen levert (in het jaar 1877). Bij het onderzoek, in 1866 van wege het Engelsche Parlement ingesteld, begrootte men den voorraad in de Engelsche kolengebieden op 145000 millioen ton, zoodat alleen Albion nog 1000 jaar in de behoefte der gehcele aarde kan voorzien, als het verbruik gelijk blijft aan het tegenwoordige.

Het kenmerkende van de Steenkolenformatie bestaat hierin, dat eene overvloedige moerasflora de vaste aardoppervlakte bedekt en de eerste spinnen, kevers en duizendpooten, benevens de eerste coniferen optreden

§ 330. **Dyas of Permsche formatie.** De tweede naam ontleent deze formatie aan de omstandigheid, dat zij bij Perm in Rusland zeer uitgebreid voorkomt. De eerste (van dyo = twee) verkijgt zij, omdat zij gesplitst wordt in twee afdeelingen: de onderste, het roodliggende, dat alleen overblijfselen van landplanten en zoetwaterdieren bevat, en de bovenste met zeedieren.

Organismen. In vergelijking van het vorige tijdperk is dit arm aan organische overblijfselen. Dit staat misschien hiermede in verband, dat, integenstelling met den rustigen steenkolentijd, nu talrijke uitbarstingen van eruptieve gesteenten plaats hebben. Ook schijnt het vastland op meer dan eene plaats weer beneden den zeespiegel gezonken te zijn. Wat soorten van planten en dieren aangaat is er niet veel verschil met

het vorige. Toch komen er nu beslist palmen voor, al zijn het dan ook enkele soorten; soms vindt men de overblijfselen ervan in zulk eene menigte, dat men van versteende wouden spreekt (b. v. dat van Radowenz bij Adersbach in Bohemen). Glansschubbige visschen met ongelijke vleugels aan den staartvin komen veel voor en het toppunt van ontwikkeling bereikt het dierenrijk in dit tijdperk en dus op het eind der Palaeözoïsche Periode in de vorming van een echt reptiel, eene soort van landhagedis.

Mineralen. In het roodliggende komen weinig ertsen voor, waarom het ook wel doodliggend genoemd wordt. In de hoogere afdeeling vindt men in Duitschland en Rusland in de eerste plaats koper, in de tweede zout en gips. De zoutgroeven van Stassfurth liggen er in.

Gesteenten en Verbreiding. In deze formatie komen hoofdzakelijke roode zandsteen en kalksoorten voor. In geheel Midden-Europa van de oostkust van Engeland tot den Oeral komt het hier en daar voor, maar in lagen van geringe dikte. Ook in de Alpen vindt men het.

Als kenmerken voor de Dyasformatie gelden de armoede aan planten na een in dit opzicht zoo rijk steenkolentijdperk, het voorkomen der ongelijkstaartige, glansschubbige visschen en het optreden van een soort van landhagedis. Bovendien is deze periode een zeer onstuimige tijd in de geschiedenis van de wording der aarde.

C. Mezozoïsche of Secundaire Periode of de Middeleeuwen.

§ 331. **Kenmerken.** Even als we in de Algemeene Geschiedenis tusschen de Oude en de Nieuwe Geschiedenis een tijdvak hebben, waarin veel ouds zich nog doet gelden, terwijl de kiemen van het daarop volgende tijdperk langzamerhand meer en meer tot ontwikkeling komen, zoo treffen we ook een Periode der Middeleeuwen in de wordingsgeschiedenis der aarde aan, die een overgangstijdperk is tusschen de Palaeozoïsche en de Kainozoïsche. Vandaar heeft het ook zijn naam: mesos beteekent midden, zoön dier. In dit tijdperk staan we dus in het midden van de ontwikkeling der dierenwereld. In deze periode wisselen zout- en zoetwaterbezinksels, land-, strand- en zeeformaties elkander in bonte rij af. Eruptieve gesteenten worden zelden aangetroffen, zoodat het Mezozoïsche tijdperk in vergelijking van het vorige en het volgende, en bijzonder van de dyasformatie, als een zeer rustig tijdperk moet aangemerkt worden. De verbreiding van de formaties van dit tijdperk wijst op een geheel andere verdeeling van land en water dan in het vorige tijdperk.

Opmerking. Men kan zich door middel van een geologische kaart van Midden-Europa eene vrij goede voorstelling verschaffen van den omvang van het vastland in dit gedeelte van ons werelddeel bij den aanvang van elk tijdperk. Daartoe behoeft men slechts al de jongere formaties te beschouwen als door den oceaan bedekt.

Bij de vormingen van de Mezozoïsche Periode treden de zeeformaties op den voorgrond.

Bij de Palaeozoïsche Periode hebben we de ontwikkeling van de dieren gezien tot aan een landhagedis, en van de planten tot boomvarens, naaldhout en enkele palmsoorten. Thans komen naast deze laatste meerdere en hooger ontwikkelde vormen, zooals varenachtige palmen, kegeldragende naaldboomen, dus eenvoudige phanerogamen of openlijk bloeiende planten, op den voorgrond en op het einde vinden we v e l e eenzaadlobbige, als pandanen en palmen. In het midden van deze periode treden ook reeds hooger ontwikkelde phanerogamen op, tweezaadlobbige, als altijd-groene eiken en vijgen. De weekdieren zijn rijk vertegenwoordigd, bij de visschen treden die met gelijke staartvleugels in de plaats van de vroegere en thans ontmoeten we er met een beenig inwendig geraamte, zooals $^9/_{10}$ der tegenwoordig levende visschen bezitten. Maar het meest kenmerkend voor deze periode zijn de reptielen en onder hen de Sauriërs of kikvorschachtige hagedissen. Zelfs vinden we op het einde van deze periode de eerste individuen, die ons aan vogels en zoogdieren doen denken, en wel zulke, die de voorloopers waren van die vogels en zoogdieren, welke zich vooral op het zuidelijk halfrond hebben ontwikkeld en tot nu toe staande gehouden, zooals vogels met borstbeenderen zonder kam, vogelbekdieren en buideldieren.

Onderscheid in klimaat tusschen de verschillende deelen der aardoppervlakte wordt reeds merkbaar, ofschoon weinig, daar de gematigde luchtstreek aanvankelijk nog tropische, later echter subtropische gewassen draagt.

Kenmerken van de Mezozoïsche Periode zijn dus het op den voorgrond treden der reptielen en beenvisschen, het voorkomen van phanerogame planten en het begin van klimaatonderscheid.

Men verdeelt deze periode in de volgende formaties:

3. Krijtformatie.
2. Juraformatie.
1. Triasformatie.

§ **332. Triasformatie.** Deze draagt haar naam (trias = drietal) naar de drie zelfstandig voorkomende lagen. Deze drie lagen worden, naar de meest daarin voorkomende steensoorten, bonte zandsteen, schelpenkalk en keuper (een frankische locaalnaam voor bonte, leemachtige of mergelachtige lagen), genoemd. De eerste steensoort ligt het laagst. De formatie in haar geheel is van 1000—3000 meter dik en biedt zeer veel verschil aan naar gelang van de plaatsen, waar zij voorkomt.

Organismen. In den bonten zandsteen en het keuper vindt men weinig dierlijke en plantaardige resten en dan nog alleen zulke, die op het vastland of in zoet water ontstaan zijn. Echte kegeldragende coniferen, die verwantschap vertoonen met de ceders en cypressen der tropische landen van den tegenwoordigen tijd, komen veel voor, terwijl we in het keuper reusachtige paardenstaarten in groote menigte aantreffen. Verder vinden we de sauriërs. Men heeft ze het eerst ontdekt aan de indrukken van voetstappen in den bonten zandsteen aan den zuidrand van 't Thuringerwoud. Onder die sauriërs komen er voor, waarvan de schedel eene lengte van 1 meter heeft. In 't keuper heeft men ook twee soorten van hagedissen gevonden.

In de schelpenkalk komen slechts overblijfselen van zeedieren voor.

Boven het eigenlijke Trias komt in de Alpen de zoogenaamde Rhätische formatie voor als overgang tot het Jura-tijdperk. Deze overgangsvorm is daarom merkwaardig, omdat er overblijfselen in voorkomen van het eerste zoogdier: een klein buideldier.

Mineralen. Aan mineralen is deze periode in zooverre rijk, dat ze veel zout bevat en daarom wel eens, overeenkomstig het kopergebergte (Dyas) en steenkolengebergte, het zoutgebergte genoemd wordt. Bij Friederichshall a/d Neckar ligt een zeer zuivere laag van ongeveer 15 Meter dikte; de zoutlagen van Spereuberg ten zuiden van Berlijn en van Segeberg in Holstein behooren er toe, evenals de zoutlagen op verscheidene plaatsen in Engeland en Lotharingen. Bovendien bevat deze formatie veel ertsen, onder andere de kwikzilverertsen bij Idria in Krain.

In het keuper komt tusschen den zandsteen nog onreine steenkool voor. We hebben hier dus een voorbeeld van steenkool, die niet tot de steenkolenformatie behoort.

Van veel gewicht zijn ook de steengroeven, die de bouwstoffen leverden voor de heerlijke gebouwen (kerken, kloosters en kasteelen), waaraan 't Rijndal zoo rijk is.

Verbreiding. In Midden-Europa strekt zich van den Harz en het Wezergebergte tot aan het Zwarte Woud en de Vogezen en in Lotharingen de Trias uit, verder vormt het grootendeels de Noordelijke en Zuidelijke kalkalpen.

Vatten we de kenmerken kort te zamen: **In de Triasformatie ontwikkelt het plantenrijk zich tot een groot aantal coniferen, het dierenrijk tot groote kikvorschachtige hagedissen en verschijnt het eerste buideldier op de aarde.**

§ **333. De Juraformatie** wordt genoemd naar de Zwitsersche Jura, waar zij den hoofdrol speelt. Voor het meerendeel is deze formatie uit rustig neergelegde zeebezinkingen samengesteld. Was de geheele Mezozoïsche Periode een rustige, hare middelste afdeeling vertoont die rust in nog meerdere mate dan de beide andere afdeelingen, ten minste wat haar gebied in Midden-Europa betreft. De eruptieve vormingen, welke in dit gebied voorkomen, zooals de basaltkoppen van den Zwabischen Jura, zijn waarschijnlijk van latere dagteekening.

Organismen. Natuurlijk spelen daar, waar zeebezinking het hoofddeel der formatie vormt, ook overblijfselen van zeedieren den hoofdrol. De Jura-formatie is zeer rijk aan fossielen, daardoor lokt zij den onderzoeker en is zij de best bestudeerde van alle formaties. Uit het dierenrijk vinden we er in onnoemelijk aantal eene soort koppootige en eene soort inktvischachtige weekdieren (ammonieten en belemnieten), waarnaar

het tijdperk soms wel genoemd wordt. Merkwaardiger voor ons zijn, als vertegenwoordigende hoogere trappen in de ontwikkeling der dierenwereld, de vischhagedissen, schildpadden en visschen, terwijl eene soort oesters gansche banken vormen. Eindelijk vinden we ook in het Juratijdperk den eersten vogel, terwijl ook hier en daar kleine insecten- en vleeschetende buideldieren voorkomen.

Onder de half visch-, half krokodilachtige hagedissen zijn vooral merkwaardig: de ichthyosaurus, een zeeroofdier, dat zich met visch en weekdieren voedde en eene lengte van 8—10 meter bereikte; het had een naakte huid en baarde levende jongen; de plesiosaurus, die in vorm het meest overeenkomt met een slang, waarvan de achterste helft in het lichaam van een schildpad verborgen is. Intusschen kwamen ook op het land enkele groote zonderlinge hagedisachtige dieren voor.

In dit tijdperk treft men voor het eerst dieren aan, die tot beweging in den atmosphеer geschikt zijn, namelijk vliegende reptielen. De vlieghuid had eenige overeenkomst met die van de handvleugelige zoogdieren, evenzoo de kam op het borstbeen, maar deze laatste en de holle beenderen wijzen op de vogels. De vliegende of liever fladderende hagedissen vormen den overgang tot deze laatste en zelfs heeft men in de steengroeven van Solenhofen het geraamte van een vogel ontdekt, die duidelijk vederen droeg, maar overigens groote overeenkomst met de reptielen bezat en daardoor op de grens van deze beide hoofdgroepen staat. Men duidt dit schepsel aan met den naam van Archaeopteryx. In de hoogste lagen van de Juraformatie vindt men in Engeland en Noord-Duitschland overblijfselen van hagedisachtige dieren van nog grooter afmeting (zelfs 27 meter lengte). Het waren planten- en vleescheters op hooge pooten, die deels vogel-, deels reptiel- en zoogdierkenmerken bezaten en dinosauriërs genoemd worden.

Wanneer verschenen de eerste gewervelde dieren?

Uit het planterijk is minder merkwaardigs te melden, reusachtige grassen en rietsoorten, dus eenzaadlobbige, treden op den voorgrond in plaats van de kryptogamische paardestaarten, terwijl ook palmen- en pandanensoorten voorkomen.

Mineralen. IJzererts wordt in de Juragesteenten veel gevonden, b.v. bij Aalen en Wasseralfingen in Wurtemberg, terwijl ook de lithografische steenen van Solenhofen en Eichstadt in Beieren tot dit tijdvak behooren.

Gesteenten. Zandsteen, leemleien, kalk en mergel zijn de voornaamste.

Verbreiding. De Frankisch, Zwabisch en Zwitsersche Jura vormen een samenhangend geheel met een ring van Juragesteenten, die het centrale Fransche hoogland omgordt en zich noordwaarts tot in het Argonnerwoud voortzet. Gedurende dit tijdperk was dus deze streek bedekt door een zeearm, die door de opening tusschen het Rheinische schieferplateau (devonisch en steenkolengebergte) en de metamorphische gesteenten van Bretagne met den oceaan in verbinding stond. In Engeland strekt zich deze formatie in een breeden strook van het Kanaal over Bristol tot aan de Noordzee, ten noorden van den Humber, uit.

Vatten we de kenmerken der Juraformatie kort samen, dan zien we:

de Juraformatie is de typische van het Mezozoïsche tijdperk; de dierenwereld vertoont hagedissen in verschillende vormen; haar hoogste ontwikkeling bereikt zij in dieren, die zich in de lucht kunnen bewegen; de plantenwereld levert voornamelijk eenzaadlobbige planten.

§ 334. **Krijtformatie.** Deze formatie ontleent haren naam aan de omstandigheid, dat onder de gesteenten het witte of schrijfkrijt voorkomt.

Welke formaties ontleenden evenzoo haar naam, aan eene steensoort, die er in voorkwam; welke aan de streek, waar ze voorkwamen?

Evenals de vorige formatie is ook deze grootendeels uit marine lagen samengesteld, zoetwaterbezinksels komen er weinig in voor.

Organismen. Uit den aard der zaak kan men in zulk eene formatie weinig overblijfselen van landplanten vinden, toch komen langs de toenmalige zeekusten locale kolenvormingen voor.

Zijn er reeds meer kolen genoemd, die niet tot het steenkolentijdperk behoorden?

Uit zulke lagen kent men o. a. boomachtige varenstammen (palmvarens of cycadeën). Maar het merkwaardigst onder de planten zijn die, welke groote overeenkomst bezitten met de onze, zooals populieren,

beuken, eiken, kastanjes en andere, die later bij ons in de gematigde luchtstreek op den voorgrond treden en magnoliën met palmen en pandanen, die tegenwoordig in onze tropische en subtropische gewesten voorkomen. Hieruit blijkt, dat in onze gematigde luchtstreek een klimaat begon te heerschen, dat subtropische kenmerken had. Het klimaat was dus niet meer volkomen gelijkmatig.

In het dierenrijk spelen de lagere dieren een grooten rol. Hunne schalen, in millioenen bij millioenen opgehoopt en tot een geheel verbonden, vormen uitgestrekte banken en riffen. Van de grootere dieren dienen albatrosachtige vogels en reusachtige hagedissen genoemd te worden. In het turfkrijt van Maastricht vond men het eerst overblijfselen van een hagedissengeslacht, dat als Mosasaurus (= hagedis van de Maas) bekend is. Opvallend is het, dat men in de krijtformatie tot nog toe geen overblijfselen van zoogdieren gevonden heeft.

Had men die in vroegere formaties dan al gevonden?

Mineralen. Deze zijn voornamelijk schrijfkrijt op Rügen, in Denemarken, in Noord-Frankrijk en in Zuid-Engeland; vuursteen, eigenlijk een organisch product, daar het kiezelzuur, waaruit het bestaat, van dieren en planten komt; kool en ijzererts.

Gesteenten, kalk (krijt), kalkmergel, zand, zandsteen, leem en vuursteenen komen in deze formatie voor. Kalk is eigenlijk ook een organisch overblijfsel van de ontelbare lagere dieren, die, elk op zich zelf klein, door hun onnoemelijk aantal uitgestrekte kalklagen van aanzienlijke dikte konden vormen.

Verbreiding. De Krijtformatie strekt zich in Midden-Europa over de gansche Noord-Duitsche vlakte van onze grenzen tot in Rusland uit, echter bijna overal bedekt door jongere lagen. Bij Maastricht komt zij o. a. aan de oppervlakte. In Frankrijk vormt zij den ondergrond van het tertiaire bekken van Parijs en vormt een geheel met het krijt van Engeland, dat den ondergrond van het tertiaire bekken van Londen vormt. Het Teutoburgerwoud en het Quaderzandsteengebergte van Saksisch-Zwitserland benevens deelen van 't Karstplateau behooren er evenzeer toe.

De kenmerken der Krijtformatie zijn dus: **het optreden der eerste loofboomen, dus tweezaadlobbigen, en het voorkomen van vogels, terwijl er teekenen aanwezig zijn, dat de temperatuur over de geheele aarde niet meer gelijk is, dus niet geheel van de inwendige warmte afhangt.**

D. **Kainozoïsche of Tertiaire Periode of Derde tijdperk**

§ 335. **Kenmerken.** Kainos beteekent nieuw, zoön dier, we zijn dus nu in eene periode, waarin nieuwe diergroepen onze aarde bevolken. Thans krijgt deze over 't algemeen, wat klimaat, verdeeling van land en water en voorkomen der organische wezens betreft, haren tegenwoordigen vorm. Flora en fauna sluiten aan bij de tegenwoordige. De steenlagen, welke op de krijtformatie gelegen zijn, vertoonen een bonte afwisseling van zoet- en zoutwaterbezinkingen en leeren ons daardoor, dat er gedurende deze periode aanmerkelijke verheffingen en dalingen van den bodem hebben plaats gehad.

Als er eene zoutwaterbezinking boven eene zoetwaterbezinking ligt, tot welke niveauverandering moet men dan besluiten?

In deze periode valt de laatste vorming van groote bergketens. Daardoor worden de reeds gevormde lagen gebogen en opgericht. Zoo ontstaan in dezen tijd de Alpen, de Kaukasus, de Pyreneën, de Himalaya en de Cordilleras. Bovendien hadden er in de Tertiaire Periode veel vulkanische uitbarstingen plaats. Daardoor zijn de tertiaire vormingen zeer afwisselend en verschillend samengesteld. Klimaatonderscheiding begint nu bepaald op te treden, in onze gematigde luchtstreek heerscht aanvankelijk nog een tropisch en subtropisch klimaat, maar hoe langer hoe meer neemt de invloed van de inwendige aardwarmte op de temperatuur der oppervlakte af, de zon wordt hoofdfactor voor de temperatuur der aardoppervlakte en tegen het einde van de Tertiaire Periode verschijnt een nieuw gesteente op de aarde en wel het eerste ijs aan de polen.

Organismen. In de dierenwereld is eveneens veel nieuws. Ammonieten, belemnieten, vischhagedissen, die we in de Mezozoïsche Periode zoo overvloedig zagen te voorschijn treden, zijn verdwenen; maar daarvoor komen nu placentale zoogdieren op het tooneel, dat zijn zoogdieren, die hooger ontwikkeld zijn dan buideldieren en vogelbekdieren.

Het plantenrijk geeft hoogere bedektzadige, tweezaadlobbige planten, die ook reeds in de krijtformatie voorkwamen, bovendien maar thans levert het oerwouden van vijgen, laurieren, mirten en palmen, waarin mastodonten, apen en tapirachtige dieren ronddwalen.

Mineralen. De zeevormingen zijn vooral rijk aan zout, gips, zwavel en petroleum; de zoetwatervormingen aan bruinkool. Naar het zoo kenmerkend voorkomen van deze laatste stof noemt men de tertiaire formaties ook wel die van het bruinkolengebergte.

Wat was het steenkolengebergte, het zoutgebergte, het kopergebergte?

Gesteenten. Conglemeraten (nagelvluh), kalk, zandsteen, lei, molasse (weeke zandsteen), los zand en klei zijn de meest voorkomende gesteenten.

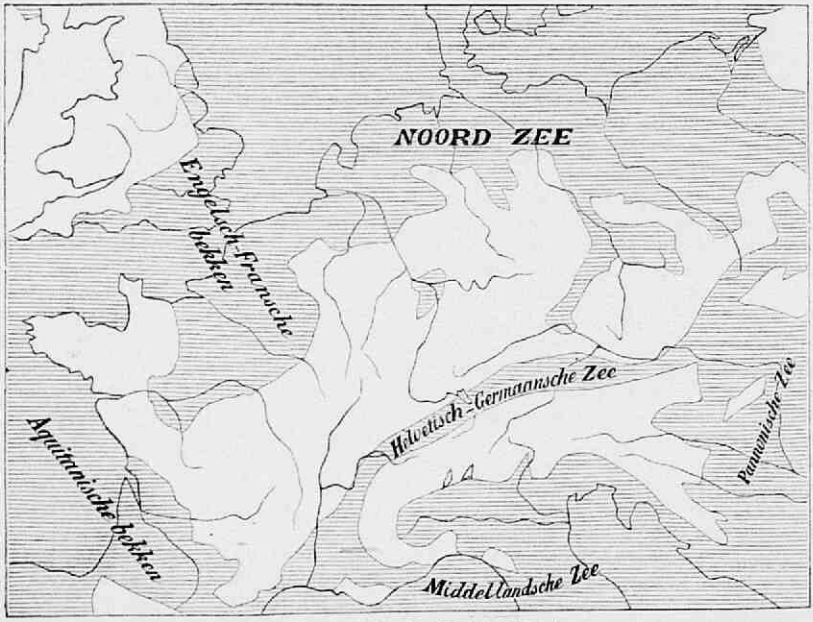
Vatten we de kenmerken kort samen, dan komen we tot het volgende: **in de Kainozoïsche Periode treden de tweezaadlobbige planten in overvloed op, komen placentale zoogdieren voor en wordt het klimaat beslist afhankelijk van den invloed der zon. Aan het einde daalt de temperatuur aan de polen beneden het vriespunt van water.**

De Tertiaire Periode wordt gewoonlijk in twee formaties verdeeld:

2. Neogeen-formatie.
1. Eogeen-formatie.

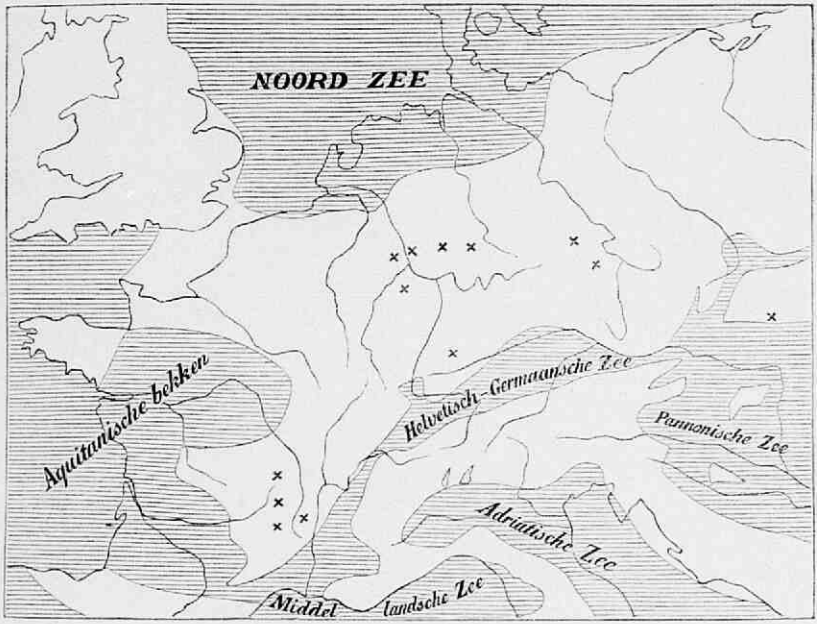
Voor we deze echter afzonderlijk beschouwen, zullen we den vorm van het Midden-Europeesche vastland in deze periode wat nauwkeuriger nagaan. Wij doen dat naar aanleiding van eene beschouwing van bijgaande kaartjes. Het eerste stelt Midden-Europa voor bij 't begin der Periode. Een groot gedeelte van

Fig. 73.



Europa bij 't begin der Tertiaire Periode.

Fig. 74.



Europa gedurende de Neogeen-formatie. De kruisjes duiden de vulkanische gesteenten aan.

de Germaansche laagvlakte is door de wateren van den oceaan bedekt. Van Koningsbergen tot bij Nantes golft de Noordzee. De Iersche bestaat nog niet, en het zuidoostelijk deel van Engeland is nog onder de baren bedolven. Het bekken, waarin Londen en Parijs later zullen ontstaan, noemt men het Engelsch-Fransche bekken. Verder maakt de zee een diepen inham van Dresden tot den oorsprong der Elbe en tot den Donau bij Regensburg. Maar reeds strekt zich een samenhangende landmassa door Midden-Europa tot in Bretagne uit. Door het Aquitanische Bekken (het tegenwoordige laagland van de Garonne) staat de oceaan in verbinding met de Middellandsche Zee, die van den mond van de Rhône over Genève, Constanz, Munchen en Weenen door een smallen zeearm, de Helvetisch-Germaansche Zee, met de Pannonische Zee, die de Hongaarsche laagvlakten bedekt, verbonden is. De Povlakte is evenzeer door water bedekt, geheel afgesloten vinden we nog een bekken bij Mainz.

Het tweede kaartje stelt Europa voor gedurende de vorming van de Neogeen-formatie. De zuidgrens van de Noordzee is aanmerkelijk naar 't noorden geschoven, zelfs bij Stettin en Danzig verder dan de tegenwoordige zuidgrens der Oostzee. De inham bij Dresden is verdwenen. Zeer groot is bovendien de verandering in het Engelsch-Fransche bekken. Dit is geheel verdwenen, waardoor Engeland een schiereiland geworden is en het Kanaal ophoudt te bestaan. Heeft hier de zee aan gebied verloren, het Aquitanische bekken is aanmerkelijk vergroot, zoo zelfs dat Orleans van het Engelsch-Fransche naar het zuidelijker bekken is verplaatst. De Apennijnen en Pyreneën verheffen zich uit den vloed, evenals de Karst, die echter nog niet zulk eene verbrokkelde kust vormt. Ook de Alpen vormen een gebergte. Wel is waar, verhief de bodem zich daar reeds vroeger boven de baren, maar nu is die bodem gespleten en heeft er zich een ge-

bergte van metarphorphische gesteenten door omhoog gewerkt. Daardoor zijn de lagen ter weerszijden gebogen en ontstond er een groot lengtedal aan beide zijden van de omhooggeheven gneismassa. De doorsnede der Alpen van noord naar zuid vertoont dus ongeveer den vorm van fig. 75, waarin *B* de oorspronkelijke lagen, *A* de opheffende massa en *C* de later gevormde en dus weer nagenoeg horizontale lagen voorstelt. — Benoem *b* en *c* (Zie fig. 43). — Waarschijnlijk stond de Pannonische Zee in verband met den Aretischen Oceaan, waarvan de golven de noordelijke helling van de Aziatische gebergten beukten. Die verbinding had plaats door een smallen zeearm, waarvan de Kaspische Zee en het Meer Aral nog overblijfselen zouden zijn, en die eerst in de Anthropozoïsche Periode ophield te bestaan.

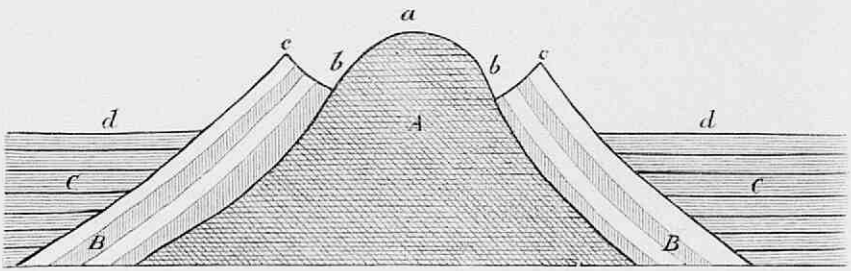
Al deze veranderingen zijn niet alleen de gevolgen van de vorming van tertiaire formaties, ook de vulkanische werking en de verheffingen of de dalingen van den bodem zijn er meer dan eens oorzaak van.

Kunt ge op nevensgaande kaartjes wel een plaats aanwijzen, waar daling van den bodem de oorzaak van eene andere verdeeling van land en water moet geweest zijn?

De vulkanische gesteenten uit de Tertiaire Periode liggen in Europa in drie gordels, welke zijn:

1° de zuidelijke gordel. Hiertoe behooren: de vulkanische gebieden van Centraal-Frankrijk (Auvergne, Forez, Viverrais), de Euganeën in de Povlakte. De vulkanen van Italië, Sicilië en Griekenland begonnen in deze periode te werken.

Fig. 75.



2° de Centraal-Europeesche gordel, waartoe de gebieden van den Eifel, het Zevengebergte, het Vogelsgebergte, de Rhön en het Boheemsch-Middelgebergte (bij Leimeritz, tusschen Eger en Ertsgebergte). Oostelijker vinden we in Hongarije en Zevenburgen de trachietbergen bij Kremnitz en Schemnitz, de Matra, de Hegyallja, aan welks voet de heerlijke Tokayer wast, de Hargitta in het oosten van Zevenburgen en het Zevenburgsche Ertsgebergte, ten noorden van de Maros.

3° de noordelijke gordel, die zich van Groenland over IJsland, de Faroër, de Shetlandseilanden (d. i. basalteilanden) naar Schotland, de Hebriden en Ierland uitstrekt (Staffa met den Fingalsgrot aan de westkust van Schotland, de Reuzendam aan de noordoostkust van Ierland).

§ 336. **De Eogeen-formatie** vormt de oudste of onderste afdeeling van de Tertiaire Periode. Zooals reeds gezegd is, levert deze grootere zoogdieren op, die reeds veel overeenkomst beginnen te krijgen met de tegenwoordige geslachten; het is alsof met de Tertiaire Periode het groote tijdperk aanbrak, waarin de aarde haar tegenwoordig voorkomen zou bezitten. Hierop duidt de naam Eogeen (van Eos = dageraad en genos = geslacht, dus eogeen = begin van een geslacht). Men verdeelt het nog in twee afdeelingen: een onderste formatie, de e o c e e n e (ceen van kainos = nieuw, dus dageraad van een nieuw, n.l. van een nieuw geslacht) en een bovenste, de o g l i o c e e n e (oglios = weinig).

O r g a n i s m e n. In onze breedte heerschte gedurende dit tijdperk een plantengroei, die zeer veel overeenkomst moet gehad hebben met de Indisch-Australische van den tegenwoordigen tijd, wat ons trouwens niet verwonderen kan, aangezien warmte en vocht daarvoor voldoende aanwezig waren en we bij de

beschrijving van de Tertiaire Periode in 't algemeen hebben gezien, dat er groote overeenkomst bestond met de planten van het heden. Langs den oever der zee groeiden in tropischen overvloed altijd-groene loofboomen; daar verhieven zich bosschen van dikbladige vijgeboomen (als de Indische vijgeboom), van eucalypten en myrten met hunne lederachtige bladen, benevens palmen, eiken, magnoliën, esschen en dergelijke, die we reeds in de krijtformatie ontmoet hebben. Maar het duidelijkste, eigenaardige kenmerk van de Eogene formatie is gelegen in de zoogdieren. In tegenstelling met de eplacentale, treden nu nagenoeg plotseling een groote menigte placentale op, waarin men haast alle orden der tegenwoordige zoogdieren kan terugvinden, ja in sommige opzichten is de Eogene formatie zelfs rijker dan de tegenwoordige tijd. De eerste plaats onder deze zoogdieren nemen de hoefdieren in. Zij behooren tot twee soorten, waarvan de eene een even, de andere een oneven aantal hoeven bezit. Echte tapirs, neushoorndieren, paarden, tweehoevigen en zwijnen vindt men nog niet. Verder vindt men roofdieren, die met hyena's, beren, honden en vossen overeenkomst bezitten. Ook komen er knaagdieren, insecteneters, vleermuizen, apen en halfapen voor. Ook buideldieren bewonen in dezen tijd nog ons werelddeel, zij zijn dus nog niet teruggedrongen naar de tropische en subtropische streken. De overige diersoorten gaan we stilzwijgend voorbij.

Gesteenten. De Eogene formatie onderscheidt zich van de Neogene, wat vorm der gesteenten aangaat hierdoor, dat zij niet zooals deze, alleen bekkens vult met hare gesteenten maar ook nog gebergten vormt. Een voorbeeld van zulk eene vulling levert het Engelsch-Fransche bekken; voorbeelden van gebergtevorming vindt men overvloedig in het Alpengebied. Daar zijn namelijk de randen door deze formatie gevormd. De hoofdbestanddeelen ervan zijn een soort van kalk, nummulietenkalk genaamd, zand en mergel. De nummulietenkalk is afkomstig van kleine dieren, die muntvormige schalen bezaten, welke men muntsteenen (nummulieten) noemt. Deze kalk is kenmerkend voor het Eogene tijdvak en zeer verbreid; van Spanje en Marokko strekt zij zich tot in China en Japan uit, alzoo door de geheele Oude Wereld.

Vatten we de kenmerken samen: **in de Eogene formatie treden de eerste placentale zoogdieren in groote verscheidenheid op. Zij vormen de voorloopers van onze tegenwoordige. Bedektzadige planten vertoonen zich in overvloed. De formatie is aanvullend, maar vormt ook nog gebergten. Nummulietenkalk komt veel voor. Het klimaat is in Midden-Europa nog subtropisch.**

337. Neogene formatie. De bovenste afdeeling van de Tertiaire Periode noemt men de Neogene (van neos = nieuw en genos = geslacht). 't Is dus het tijdperk, waarin het nieuwe geslacht, waarvan het vorige de voorloopers bevatte, tot haar ontwikkeling gekomen is. Men verdeelt het in Mioceen (van meion = minder en kainos) en Pliocеen (van pleion = meer). Heftige uitbarstingen van het gloeiend vloeibare uit het inwendige der aarde duiden het begin van deze formatie aan. Daardoor werd er nieuwe stof voor conglomeraten en bezinksels gevormd. Maar de verheffingen van den bodem gaven op andere plaatsen aanleiding tot dalingen, vandaar eene gewijzigde vorm van de landmassa. Met deze formatie begint het onderscheid in klimaat zoo groot te worden, dat Midden-Europa in de gematigde zone ligt.

Organismen. Thans ontmoeten we organische vormen, die tegenwoordig nog bestaan. Oswald Heer zegt, dat de flora in het begin van de Neogene formatie groote overeenkomst moet gehad hebben met de wouden van het zuidelijk halfrond. Hooge palmen en bamboezen, waarnaast magnoliën, zeepboomen, acacia's, en bovendien populieren, vijgen, platanen, laurieren, kastanjes, enz. voorkwamen, hieven trotsch hunne slanke stammen omhoog. In de schaduw wockerden varens. Onder het hooge geboomte was het woud ondoordringbaar door wilgen, esschen, enz. De wijnstok slingerde zijn ranken tusschen de hoog opgaande stammen. De poelen en meren waren met hoog riet omzoomd, plompen of waterlelieën, victoria's dreven op de spiegelende oppervlakte en verborgen de schildpadden en krokodillen.

Te midden van die plantenwereld leefde een tweede tertiaire zoogdieren-fauna. De voornaamste vertegenwoordigers waren een soort olifanten en neushoorns, die thans geheel uitgestorven zijn. De olifanten der Neogeenformatie hebben nog kiezen met kegelvormige spitsen en gelijken in dat opzicht op zwijnen. Om hunne kegelvormige kiezen noemt men ze mastodonten (d. i. olifanten met knobbelkiezen). Eene

soort ervan had 4 slagtanden, twee in de onder- en twee langere in de bovenkaak. Dit dier was wel 4 meter hoog en 6 meter lang. Een waardig tegenhanger van dezen mastodont was eene soort van olifant met twee naar beneden gebogen slagtanden in de onderkaak, die waarschijnlijk dienden om het dier uit poelen en moerassen weer op het droge te helpen en om wortels van planten uit te graven. Het neogene paard had reeds één teen maar altijd nog met twee bijteenen, het bereikte de grootte van een zebra. Verder doorkruisten herten, reeën, giraffen, antilopen en gazellen het woud, schuw vluchtende voor de roofdieren, waarvan eenige op katten en honden gelekeu. De bever doorwaadde reeds den stroom en apen, waaronder soorten van de Anthropomorphen (van anthropos = mensch en morphe = gedaante, dus op den mensch gelijkenden) klauterden in het geboomte rond.

Mineralen. Evenals in het vorige tijdperk vinden we in deze formatie uitgebreide bruinkolenlagen. Verder is vooral de zoutvoorraad belangrijk. De zoutgebieden in de Karpaten, o. a. de mijnen van Wieliczka en Bochnia, liggen in de Neogene formatie.

Gesteenten. Kalk, zandsteen, zand en leem zijn de meest voorkomende gesteenten. Zij zijn in dit opzicht van de Eogene onderscheiden, dat ze niet meer bijdragen tot de vorming van gebergten. Vóór de laatste afdeeling van de Kainozoïsche Periode zijn de tegenwoordige bergketens gevormd. Conglomeraten (nagelduh) komen veel voor.

Vatten we de kenmerken samen: **in het Neogene tijdperk heerscht boven Midden-Europa een gematigd klimaat, de plantenwereld vertoont veel planten, die thans nog op de aarde voorkomen; de dierenwereld wordt vertegenwoordigd door mastodonten.**

E. **Anthropozïsche of Quartaire Periode.**

§ 338. **Kenmerken, IJstijd.** Anthropos beteekent mensch, zoön dier, de Anthropozoïsche Periode is dus die, waarin de mensch nevens de dieren optreedt. Uit de lagen, welke in dit tijdperk gevormd zijn, en uit de overblijfselen daarin voorkomende heeft men, evenals bij de vorige perioden, iets aangaande het voorkomen van de aardoppervlakte gedurende het Quartaire tijdvak afgeleid. Groote veranderingen hadden er op het einde der Tertiaire Periode plaats gehad. Reeds is gezegd, dat toen het eerste ijs aan de polen ontstond. Het koude klimaat breidde zich langzamerhand over geheel Midden-Europa uit. Zoo volgde op het warme, vochtige klimaat, waarin de Neogeen-formatie ontstond, een koude luchtgesteldheid, waarin sneeuw en ijs den hoofdrol speelden. Gebergten, die thans vrij van ijs zijn, waren met eeuwigdurende sneeuw- en ijsvelden bedekt, de Noord-Duitsche laagvlakte lag onder gletscherijs begraven evenals de Zwitsersche hoogvlakte en dieren, die thans alleen in het hooge noorden aangetroffen, woonden in Midden-Europa op plaatsen, waar tegenwoordig de heerlijkste wijn groeit. Den tijd, waarin Europa dusdanig onder sneeuw en ijs begraven lag, noemt men den IJstijd. Na vele wisselingen van koude en warmte (men neemt twee ijstijden aan) verkreeg de aarde eindelijk haar tegenwoordig voorkomen. De geheele theorie van den ijstijd te ontwikkelen, zou ons te ver voeren, we zullen enkel de sporen nagaan, die deze tijd achtergelaten heeft, dus de bewijzen, dat er een ijstijd is geweest, en in de tweede plaats, wat kan aangevoerd worden om de zoo aanzienlijke koude in Midden-Europa te verklaren.

Sporen van den ijstijd. Deze bewijzen treft men zoowel in het gebergte als in de vlakte aan. In het gebergte bestaan zij voornamelijk uit moraines op plaatsen, waar tegenwoordig geen gletschers meer worden aangetroffen; in de vlakte daarentegen vindt men erratische blokken (Zie § 263, 264). De erratische blokken moeten, naar de steensoorten te oordeelen, wat de Duitsche vlakte aangaat, uit Scandinavië afkomstig zijn; in de Zwitsersche hoogvlakte komen de steenen van de Alpen. Maar in beide gevallen zijn ze van te groote zwaarte om te doen gelooven, dat het water ze vervoerd zou hebben. Alleen gletschers kunnen ze op hunnen rug gedragen hebben.

Oorzaken van den ijstijd. We hebben gezien, dat de temperatuur der aardoppervlakte, van den oorsprong der aarde af, langzamerhand dalende is geweest. Bij het eind van de Tertiaire Periode verschijnt het ijs aan de polen. Het kan ons dus niet verwonderen, dat dit ijs zich langzamerhand verder uitbreidt. Maar wel moeten er bijzondere oorzaken gewerkt hebben, om, lang voor den tegenwoordigen tijd, de temperatuur te doen dalen ver beneden den tegenwoordigen warmtetoestand, althans wat Midden-

Europa betreft. Over het ontstaan van den ijstijd heerschen nog verschillende meeningen. De volgende natuurlijke oorzaken kunnen een dusdanig gevolg gehad hebben.

In § 33 hebben we opgemerkt, dat de verdeeling van land en water grooten invloed op de temperatuur heeft. En niet alleen op de temperatuur maar ook op den neerslag. Een uitgestrekte watermassa bracht minstens koele zomers en veel vocht aan. Nu is de verbreiding der gletschers afhankelijk van koude en vocht. Op het zuidelijk halfrond, waar het grootste gedeelte der aardoppervlakte met water bedekt is, daalt de sneeuwgrens op 52½° Breedte tot 1100 meter (Straat van Magelhaens), terwijl zij op het noordelijk halfrond, dat meer landbedekking bezit, in de Alpen (45° Breedte) op 2700 meter en in Noorwegen (60° Breedte) aan de zeekust nog op eene hoogte van 1360 meter wordt gevonden. Wij zien dus, dat de zeeoppervlakte eene verbreiding van eeuwigdurende sneeuw en dus ook van de gletschers naar den aequator in de hand werkt. Thans reiken in Patagonie (46°) de gletschers tot aan de zeeoppervlakte, terwijl dit op het noordelijk halfrond pas boven 70° (Nova Zembla en Spitsbergen) plaats heeft. Nu was de vorm van Midden-Europa op het eind van het Tertiaire tijdvak wel in hoofdzaak gelijk aan den tegenwoordigen, maar de landmassa van ons werelddeel was aanmerkelijk geringer in omvang, zoeals uit de bijgevoegde kaartjes is gebleken. Bovendien is het zeer de vraag, of toen reeds warme stroomen in den grooten wereldoceaan aanwezig waren; en zoo zij er bestonden, dan zal hunne richting niet geheel gelijk geweest zijn aan die van de tegenwoordige zeestroomen. De verwarmende Golfstroom zal toen waarschijnlijk nog niet hebben bestaan. Zeker was de opening tusschen de Arctische Zee en den Atlantischen Oceaan grooter en bestond er dus meer gelegenheid voor de koude stroomen om hunnen killen invloed over ons werelddeel te doen gevoelen. Behalve deze beide zuiver physische oorzaken, kan er nog een van kosmographischen aard bijgekomen zijn. De wiskundige aardrijkskunde leert, dat de zomer van het noordelijk halfrond ongeveer 7 dagen langer is, dan die van 't zuidelijk; maar dat zal niet altijd zoo zijn en is niet altijd zoo geweest: er zal dus een tijd geweest zijn, dat de noordelijke zomer korter was. Ofschoon we nu reeds gezien hebben, dat tegenwoordig die langere zomer het noordelijke halfrond weinig baat, daar na de geographische breedte de verdeeling van land en water bij de verbreiding der temperatuur den hoofdrol speelt, zal daarvan toch vermindering van warmtegraad voor het noordelijk halfrond het gevolg zijn. Berekeningen leeren, dat in eene periode van 21000 jaar het lentepunt de geheele aardbaan heeft afgelegd. Na ruim 10000 jaar zal dus die koudere winter weer heerschen moeten, evenals vóór 10000 jaar. We hebben dus als waarschijnlijke oorzaken van den ijstijd:

1° eene andere verdeeling van land en water,
2° eene andere richting der zeestroomen,
3° de meerdere gemeenschap van de Europeesche Zeeen met den Arctischen Oceaan,
4° de gewijzigde stelling van de aarde in de aardbaan.

Na den ijstijd nam de aarde langzamerhand hare tegenwoordige gedaante aan.

De dieren- en plantenwereld was nagenoeg dezelfde als de tegenwoordige. Het merkwaardigste onderscheid ligt in de dierenwereld. Terwijl namelijk zich in de Tertiaire Periode het organisme tot placentale zoogdieren ontwikkeld had, treedt in de Quartaire ook de mensch op. Ofschoon de oorsprong van het edelste geslacht onder de schepselen dus ver achter ons ligt en men de mogelijkheid, dat er in de Tertiaire Periode reeds menschen geleefd hebben, niet beslist kan ontkennen, is er tot nu toe in de Tertiaire lagen geen menschelijk fossiel gevonden.

Vatten we de kenmerken der Quartaire Periode samen, dan krijgen we: **De Quartaire Periode kenmerkt zich door het beslist optreden van een koude luchtstreek, die zich aanvankelijk op het noordelijk halfrond verder naar den aequator uitstrekt dan tegenwoordig, zoodat Midden-Europa onder ijs en sneeuw begraven ligt. De dieren- en plantenwereld komt overeen met de onze: wij zijn in het tijdperk van den mensch.**

Men verdeelt de Quartaire Periode in twee tijvakken:

2. het Alluvium,
1. het Diluvium.

§ 339. **Het Diluvium** heeft zijn naam ontvangen naar den grooten vloed, die naar de sagen van vele volkeren eens de aarde heeft overstroomd, of naar den in den Bijbel medegedeelden zondvloed (d. i. groote vloed, latijnsch diluvium). Ofschoon het nu zeker is, dat deze vloeden slechts locale verschijnselen waren en het bovendien meer dan twijfelachtig is, dat we overleveringen zouden bezitten uit den aanvang van de Quartaire Periode, is de naam behouden gebleven, al is hare beteekenis (n. l. vloedgronden) niet geheel juist.

De diluviale lagen bestaan voornamelijk uit zoetwatervormingen, alleen aan de grenzen der continenten komen ook zoutwatervormingen voor. Deze zijn echter over het geheel genomen niet de voornaamste, daar het vastland toenmaals reeds grootendeels zijn tegenwoordigen vorm bezat. De grint- en zandlagen, die men in de dalen van alle rivieren en beken, of in oude meerbekkens of in holen aantreft, leveren geen zwarigheid, wat het aanwijzen van hunnen oorsprong aangaat: zij komen van 't een of ander gebergte, waar ze eerst in verweerden of verbrijzelden toestand los werden, en zich daarna door de beweging van gletschers, enz. verplaatsen.

Onder de steenklompen, die op die wijze vervoerd werden, vindt men meermalen stukken van ontzettende afmeting: De Pierre des Marmettes, een erratisch graniet blok bij Monthey in Beneden-Wallis, is 20 meter lang, 8 meter hoog en 10 meter breed. Het heeft een inhoud van ruim 2000 M^3 en weegt ruim 7 millioen kilogram; het is afkomstig van de oostelijke helling van den Montblanc. Toen het nog in de metamorphische laag gelegen was, behoorde het tot de Archaeïsche formatie. Later werd het omhoog geheven en nu het door gletscherijs vervoerd werd naar streken, waar dit laatste thans niet meer voorkomt, behoort het tot het Diluvium.

We hebben hier dus weder een voorbeeld, dat de steensoorten de formatie niet bepalen. Welke voorbeelden kent ge er nog meer van?

Op vele plaatsen in het Diluvium vindt men leembanken. Deze leemsoort is hard op het gevoel, in de diepere lagen donker, van boven lichter gekleurd. Op sommige plaatsen komt het voor in banken, op andere in den vorm van klonten. Deze leem is waarschijnlijk ontstaan uit de door de gletschers fijn gewreven slijkmassa, welke in de grondmoraine voorkwam, en is dus van dezelfde plaatsen afkomstig als de zwerfblokken.

Dezelfde krachten, die het Diluvium hebben nedergelegd, werken nog ongestoord voort. Maar hier is voor den mensch een groot, ofschoon slechts betrekkelijk, onderscheid. Van de diluviale krachten zien we thans het resultaat in zijn vollen omvang, van de thans nog werkende krachten zien we slechts, wat ze kunnen uitwerken in een tijdsverloop, dat in vergelijking van den duur van het diluviale tijdperk, haast in 't niet verdwijnt. De vorming van moraines bij onze tegenwoordige gletschers is alleen in omvang en plaats eenigszins onderscheiden van de gelijke werking in den diluvialen tijd, maar in het wezen der zaak gelijk. Thans echter gaat onze waarneming over een gering aantal eeuwen en de resultaten van toen zijn ontstaan in een verloop van duizenden van jaren. Door die gelijkheid der werkzame krachten is het vaak onmogelijk de grens tusschen het Diluvium en het Alluvium te bepalen.

Organismen. In het Diluvium ontmoeten we overblijfselen van de derde groote zoogdierenwereld.

Wanneer hebben we van de beide vorige gesproken en welke dieren waren daarin kenmerkend?

Deze groote zoogdieren kan men in drie soorten verdeelen:

1° die, welke thans uitgestorven zijn en die we alleen kennen uit de fossielen,

2° die, welke thans uitgestorven zijn, maar die in historischen tijd nog bestaan hebben en

3° die, welke niet uitgestorven zijn.

De eerste soort bevat de zoogenaamde voorhistorische zoogdieren. Daaronder bekleedt de mammoet de eerste plaats. Hij was eene soort van olifant, die echter door zijn behaarde huid van den tegenwoordigen verschilde. Hij droeg een pels bedekt met bruine haren van 20—25 centimeter lang, die aan hals en nek manen vormden. Tusschen deze langere kwamen kortere, wollige haren voor. Hij was soms 4 meter hoog en had in de bovenkaak twee naar bovengebogen slagtanden. Zijne kiezen hadden geen kegelvormige spitsen en weken dus in dat opzicht ver van die der mastodonten af. De mammoet was

dus meer planteneter dan de tertiaire olifant. Verder had men den neushoorn met twee hoorns van ongeveer 90 centimeter op den neus; den holenbeer, minstens een vierde grooter dan de grootste bruine beer, die thans leeft, en andere roofdieren, als den holenleeuw en den holenhyena.

Tot de tweede soort behooren die zoogdieren, waarvan oude geschiedschrijvers nog gewag maken en die dus in den historischen tijd uitgestorven, misschien ook door den mensch uitgeroeid zijn. Daaronder behooren twee soorten van runderen, die voor de stamvaders van ons tegenwoordig rundvee gehouden worden en wel de oeros (Bos primigenius) met zeer lange horens en de aueros (Bos bison of Bos priscus). Verder heeft men het reuzenhert met een gewei, waarvan de bladvormig verbreede toppen soms 4 meter van elkander stonden.

Tot de derde soort behooren de thans nog in het noorden voorkomende dieren, als: het rendier, het edelhert, de lemming, de veelvraat, de das, de wolf, de eland, of dezulke, die zich in de hooge bergstreken hebben teruggetrokken, als de steenbok en het muskusdier. Op grond van Cuvier's uitspraak meende men lang, dat geen menschelijke fossielen in vereeniging voorkwamen met die van den eersten groep der genoemde zoogdieren, dat er dus ten tijde van den mammoet en den holenbeer geen menschen bestonden. Daarnaar had men het Quartaire tijdvak verdeeld in een Diluvium, waarin geen mensch op aarde leefde, en een Alluvium, waarin hij wel optrad. Nauwkeurige onderzoekingen hebben echter de onjuistheid van deze bewering aan het licht gebracht. In Midden-Europa heeft men in den laatsten tijd menschelijke overblijfselen aangetroffen naast de beenderen van mammoet en holenbeer.

Het verdient opmerking, dat er bij de overblijfselen uit den Diluvialen tijd geen sprake is van versteeningen, maar van de werkelijke beenderen, soms van de geheele lichamen. Weet ge een voorbeeld van dit laatste?

Mineralen. Aan eigenlijke mineralen is het Diluvium in zooverre rijk, als het in de zandgronden hier en daar korrels van edele metalen en edelgesteenten bevat, die aanleiding gaven tot goudwasscherijen, vooral in de rivieren b. v. die van den Altai stroomen (Zie § 323). Maar van meer gewicht is het löss, dat uitstekend kan bebouwd worden. Bovendien leveren zand, grint en leemlagen zeer goede bouwmaterialen.

Verbreiding. Het Diluvium komt op de meeste plaatsen voor langs de oudere gronden: de groote Germaansche vlakte, tusschen het Duitsche Middelgebergte en het hoogland van Scandinavië is er mede bedekt. Oostwaarts strekt het zich tot de Oost-Aziatische gebergten en den Aretischen Oceaan uit. We hebben reeds gezien, dat het tusschen de gebergten evenzeer voorkomt b. v. in de Bovenrijnsche vlakte Op vele plaatsen wordt het door het alluvium bedekt.

Vatten we de kenmerken van dit tijdperk samen, dan zien we, **dat in het Diluviale tijdperk Midden-Europa een gletscherlandschap was, waar op beschutte plaatsen de mammoet met zijne tijdgenooten en de mensch leefden.**

§ 340. **Alluvium.** Deze naam beteekent aan-spoel-sel en is niet geheel juist, want vele der lagen bestaan uit bezinksels. Blijven we getrouw aan onzen grondslag voor het bepalen van den ouderdom der gesteenten (klei is immers ook een gesteente) n.l. dat de organische overblijfselen, welke in eene laag gevonden worden, aanwijzen tot welke formatie zulk eene laag behoort, dan moeten wij aldus bepalen:

Tot het alluvium behooren alle gesteenten, waarin dieren en planten voorkomen of konden voorkomen, die heden ten dage nog bestaan. De alluviale formatie is dus die, welke wij zien ontstaan. Vandaar, dat men wel eens eenvoudiger zegt: **alles wat tegenwoordig nog gevormd wordt, behoort tot het Alluvium.** Tot het Alluvium rekent men dus de vorming van zee- en rivierklei, van zandstuivingen, van hooz- en laagveen, van koraalriffen, van lavabeddingen bij werkzame vulkanen, enz. Reeds is opgemerkt, dat de vormende krachten gelijk gebleven zijn. Alleen maakt dit hierop een uitzondering, dat de invloed van de aardwarmte in verloop van tijd gestadig is afgenomen. Maar ook nu zouden nog steenkolenbeddingen kunnen ontstaan, even als in het steenkoolentijdperk; schaaldieren kunnen op den bodem der zee krijt-

banken vormen evengoed als in de krijtperiode. Doch alles gaat voor den mensch zoo langzaam, dat hij zich niet begrijpen kan, dat hij dezelfde werkingen ziet, als die welke de aarde zoo veranderd hebben, maar dat komt, omdat de mensch wel kan spreken over duizenden van jaren, doch zich van die duizendtallen geen voorstelling kan maken. Hoeveel verschil bestaat er niet tusschen de moerassige veenkorst en de harde steenkolenlaag! En toch zijn zij van dezelfde vorming. De eerste zou, na duizenden van jaren in de aarde begraven te zijn geweest, gelijk aan de laatste wezen, behalve de soort van organische overblijfselen.

OVERZICHT DER GESTEENTEN.

§ 341. **De gesteenten in 't algemeen.** Bij de beschouwing van de gesteenten in het algemeen merken we vooreerst op, dat sommige laagsgewijze voorkomen. Zij vormen namelijk massa's van groote lengte en groote breedte, maar in vergelijking daarmede geringe dikte. Men zou ze kunnen vergelijken bij de verschillende bladen van een stapel papier, met dit onderscheid, dat wel de begrenzende boven- en benedenvlakken nagenoeg evenwijdig aan elkander loopen, maar niet altijd horizontaal gelegen zijn. Zulke gesteenten noemt men g e l a a g d. De gelaagde gesteenten zijn doorgaans in het water bezonken. Vertoonen de gesteenten geen gelaagde structuur, dan noemt men ze m a s s a a l.

Naar den oorsprong der gesteenten onderscheidt men ze in s e d i m e n t e n (sedimentum = bezinksel) of n e p t u n i s c h e (van Neptunus, den god der Zee), en v u l k a n i s c h e (van Vulcanus, den god van het vuur), p l u t o n i s c h e (van Pluto, den god van de onderwereld) of e r u p t i e v e (van eruptio = uitbarsting).

Sedimenten of neptunische gesteenten zijn door water gevormd. Vulkanische, plutonische of eruptieve zijn de zoodanige, die in gesmolten toestand uit het binnenste der aarde naar de oppervlakte zijn gestuwd om daar te stollen. We hebben reeds gezien, dat de sedimenten op eene laag rusten, waarvan men den oorsprong aan de vereenigde of achtereenvolgende werking van water en vuur toeschrijft en die men daarom m e t a m o r p h i s c h e gesteenten noemt.

Verder kan men de gesteenten naar den oorsprong verdeelen in m i n e r o g e n e, dat zijn die, waarvan de bestanddeelen mineralen zijn, z o ö g e n e, die uit het dierenrijk, en p h y t o g e n e, die uit het plantenrijk afkomstig zijn. Voorbeelden van beide laatsten leveren kalk en steenkool.

Ten opzichte van de samenstelling kunnen de gesteenten e n k e l v o u d i g en s a m e n g e s t e l d zijn. Men noemt ze enkelvoudig, wanneer de deeltjes mineraal, waaruit zij bestaan tot dezelfde soort behooren, en samengesteld, wanneer dit niet het geval is. De stoffen, waaruit een samengesteld gesteente is gevormd, kunnen w e z e n l i j k of t o e v a l l i g zijn. Wezenlijk is een bestanddeel, indien bij weglating daarvan een ander gesteente ontstaat. In graniet vindt men kwarts, veldspaat, glimmer, goud, granaat, enz. Neemt men echter kwarts, veldspaat of glimmer weg, dan noemt men het overblijvende geen graniet meer; wel als er geen goud, granaat, enz. in voorkomt. De drie eerste zijn dus wezenlijke, de overige toevallige bestanddeelen.

Zijn de mineraaldeeltjes in den vorm van kristallen met elkander vereenigd, dat heet het gesteente k r i s t a l l i j n. Bij andere zijn de verschillende kristallen door een tusschenstof verbonden, bij weer andere, zooals b. v. bij zand, zijn ze geheel los. Vertoont het lichaam geen wijze van samenstelling, zooals b. v. glas, dan heet het a m o r p h (d. i. zonder vorm). De kristallijnen gesteenten kunnen zich voor het bloote oog zoodanig voordoen, dat men duidelijk de verschillende kristallen als korrels waarneemt, maar het kan ook gebeuren, b. v. bij basalt is dit het geval, dat men met het bloote oog niet den minsten kristalvorm ontdekt en dat die eerst door het microscoop aan 't licht gebracht wordt. In het eerste geval noemt men het gesteente k o r r e l i g, in het tweede d i c h t.

In verloop van tijd zijn uit de oorspronkelijke enkelvoudige en samengestelde gesteenten nog door samenpakking van hun gruis verschillende steenmassa's ontstaan, die men p u i n g e s t e e n t e n noemt.

I. Eruptieve gesteenten.

§ 342. Verdeeling der gesteenten. Het ligt buiten het bestek van dit boek om in de beschrijving der verschillende steensoorten naar volledigheid te trachten. De Petrographie (van petra = steen) behoort alleen voor dat kleine deel tot de geographie, dat ons onontbeerlijk is voor het begrijpen van enkele namen, die in de geologie genoemd moesten worden en ook op andere plaatsen niet konden gemist worden. Daarom zullen we zoo kort mogelijk zijn. Tot beter overzicht moeten we natuurlijk groepeeren. We konden de enkelvoudige gesteenten vooraf laten gaan, daarna de samengestelde en eindelijk de puingesteenten beschouwen. In verband met de Historische Geologie groepeeren we hen eenigszins anders en wel

I. Eruptieve gesteenten of kristallijnen massale gesteenten.

II. Sediment-gesteenten.

a. Kristallijnen sedimenten.

b. Klastische sedimenten of puingesteenten.

c. Zoögene sedimenten.

d. Phytogene sedimenten.

e. Teelaarde.

§ 343. Eruptieve gesteenten. Wij hebben dus in de eerste plaats de eruptieve gesteenten, die zich onderscheiden door kristallijnen, massale structuur. Hiertoe behooren :

1. Graniet (van granum = korrel). Het is een korrelig mengsel van veldspaat, kwarts en glimmer. Het eerste is doorgaans in de grootste hoeveelheid aanwezig. De glimmerplaatjes liggen ordeloos in het gesteente verspreid. Dit graniet komt in groote, stokvormige massa's voor, die de kernen vormen van de gebergten, zooals in de Alpen (Mont-Blanc, Sint Gothard, enz.), in de Karpaten (de Tatra), in den Harz (de Brocken), enz. Ook dringt het in gangen of aders door ander gesteente heen. De granietbergen hebben doorgaans weinig spitse toppen, het zijn zoogenaamde koepelbergen. Graniet verweert gemakkelijk door ontleding van het veldspaat, en daardoor ontstaat gruis, dat porcelein-aarde of kaolin bevat, het hoofdbestanddeel van onze vruchtbare klei. Verweerd graniet levert een goeden, losse en vruchtbaren bouwgrond. Binnen in de massa is het gesteente zeer vast, waarom men het veel tot bouwsteenen gebruikt, en het kan zeer goed gepolitoerd worden.

2. Syeniet. Deze korrelige steensoort heeft haren naam van de stad Syene of Assuan in Opper-Egypte, ofschoon de steensoort aldaar geen syeniet, maar eene soort rood graniet is. Het is evenals graniet een mengsel, maar in plaats van kwarts en glimmer vormt hoornblende een wezenlijk bestanddeel. Door verweering ontstaat uit syeniet een aardsoort, die niet zeer geschikt voor plantengroei is.

3. Groensteen. Dit is een dicht gesteente uit nagenoeg dezelfde bestanddeelen als syeniet. Door de groene of zwartgroene hoornblende heeft het geheel een groene of zwarte kleur. Uit den zwarten groensteen bij Assuan en het eiland Phylae hebben de Egyptenaren hunne zwarte godenbeelden gehouwen. Enkele verweerde groensteensoorten worden tot bemesting gebruikt.

4. Porfier (van porphyra = purper). Dit gesteente bestaat uit groote korrels, die omgeven zijn door eene fijnkorrelige massa. Aan deze soort van structuur heeft men den naam van porfierachtig gegeven. Het porfier is zeer moeielijk te bearbeiden. Het kan echter prachtig gepolijst worden en is zeer goed bestand tegen den invloed van de lucht. Vandaar dat het een uitstekend bouwmateriaal oplevert. Te Elfdalen, ten noordwesten van Falun in Zweden, en aan den Altai vindt men porfierslijperijen. Verweerde porfieren geven vaak een slechten bouwgrond.

5. Trachiet (van trachys = ruw). Dit gesteente bestaat hoofdzakelijk uit veldspaat. Op de breuk is het ruw, soms scherp op het gevoel, vandaar zijn naam. Door het groote gehalte aan veldspaat verweert het spoedig en geeft uitstekenden bouwgrond. De trachietbergen verraden nog dikwijls de sporen van de vulkanische werkzaamheid, waardoor ze opgeheven zijn (het Hongaarsch Ertsgebergte, de Matra, de Hegyalja, de Hargitta, het Zevengebergte met den Drachenfels).

6. Basalt. Onder den naam van basalt vat men verschillende gesteenten te zamen, waarvan de kristallijnen structuur niet met het blooto oog valt waar te nemen en die dus dicht zijn. Basalt is zeer hard,

moeielijk te verbrijzelen en splijt vaak in groote zeskantige zuilen. Algemeen bekend zijn de schoone basaltzuilen van den Reuzendam bij Antrim in 't noordoosten van Ierland en van den Fingalsgrot op Staffa. Verder vindt men veel basalt in Auvergne, den Eifel, het Westerwald, het Vogelsgebergte, enz. (Zie den Centraal-Europeeschen gordel van eruptieven gesteente in 't Tertiaire tijdvak).

II. Sediment-gesteenten.

§ 344. **Kristallijnen sediment-gesteenten.** Van de kristellijnen eruptieve gesteenten gaan we over tot de sediment-gesteenten en wel in de eerste plaats tot die, welke ook nog kristal-structuur vertoonen en die dus tot de metamorphische moeten gerekend worden. Daartoe behooren:

1. Gneis. Deze steensoort bestaat uit dezelfde bestanddeelen als graniet, namelijk veldspaat, kwarts en glimmer. Maar lagen bij graniet de kleine glimmerplaatjes onregelmatig, bij gneis is dit niet het geval. Hier vormen zij regelmatige vlakten en daardoor wordt het gelaagde voorkomen veroorzaakt. Op de dwarse breuk vertoont dit gesteente dus evenwijdig loopende strepen. Evenals graniet verweert het gemakkelijk en geeft uitstekenden bouwgrond. Gneis komt op vele plaatsen voor. Het vormt de hoofdmassa van het oorspronkelijke gebergte. Het grootste deel van de Centraalalpen, van het Bohemerwoud, van het Ertsgebergte, van de Sudeten en van het Zwarte Woud zijn er door gevormd.

2. Glimmerlei is een schilferig mengsel van glimmer en kwarts, vaak vermengd met granaatkristallen. Evenals gneis is het eene wijd verbreide formatie in het oorspronkelijke gebergte. Het gesteente is om zijn vuurvastheid zeer geschikt voor het bouwen van hoogovens en weerstaat lang den invloed der lucht.

3. Primitieve leemlei of Phylliet. Dit gesteente vormt den overgang tusschen glimmerlei en de klastische leemleien. Het bestaat uit dezelfde wezenlijke bestanddeelen als graniet en syeniet en komt vooral in de Salzburgsche, de Stiermarksche en de Tiroler Alpen als bestanddeel van 't oorspronkelijk gebergte voor. Van de klastische sedimenten onderscheidt het zich door de bijna altijd voorkomende evenwijdige strepen op de breuk. Tot de kristallijnen gesteenten behooren verder nog eenige enkelvoudige en wel

4. Steenzout, dat meestal ongelaagd voorkomt en in verschillende formaties wordt gevonden.

In welke formaties hebben we het bij de Historische Geologie leeren kennen?

5. Kalkspaat of oerkalk, dat als marmer van onschatbare waarde voor den beeldhouwer is. Gewoonlijk is het wit en aan de kanten doorschijnend, soms ook geelachtig, grijs, blauw of rood. Men heeft grofkorrelige en fijnkorrelige verscheidenheden. Tot de eerste behoort het marmer van Paros tot de laatste dat van Klein-Azië. Dat van Carrara is eene tusschensoort. Brecciemarmer en de dichte kalksteen zijn niet kristallijn.

6. Gips is een gesteente van geringe hardheid. Anhydriet en albast zijn soorten van kristallijnen gips.

7. Kiezelsinter en kiezeltuf komen als afzetsels van heete bronnen voor. Het laatste is poreus.

8. IJs.

§ 345. **Klastische sediment-gesteenten.** Minerogene sediment-gesteenten met klastischen structuur zijn ontstaan uit de verweeringsproducten van andere steensoorten. Zij ontleenen hun naam aan het Grieksche woord klastos, dat verbrokkeld of verweerd beteekent, het zijn dus de puingesteenten. Soms zijn ze door een middenstof verbonden, soms niet. We onderscheiden:

1. Breccieën. Dit zijn hoekige brokken van verschillende gesteenten (kwarts, gneis, porfier) tot één geheel verbonden door een leemachtige, kalkachtige of kiezelige middenstof. Naar de steensoort van de grootere stukken krijgen de breccieën haren naam als: kwarts-, gneis-, porfierbreccieën, enz.

2. Conglomeraten. Zijn de brokstukken niet hoekig, maar afgerond, dan noemt men het gesteente een conglomeraat. De verbindende middenstof komt overeen met die der vorige. De meest bekende van deze steenen is de nagelvluh, die bestaat uit verschillende stukken kalk van ongelijke grootte, door een kalkachtig cement verbonden. Langs de noordzijde der Alpen komt zij veel voor, soms vormt zij bergen (Rigi), soms bedekt zij uitgestrekte vlakten.

3. Zandsteen. Dit bestaat uit een mengsel van kwartskorrels met meer of minder glimmer. De verbindende middenstof bestaat uit leem, kiezel, ijzererts of kalk en daarnaar onderscheidt men de ver-

schillende soorten. Ook doet men dit naar de formaties, waarin zij voorkomen, als krijtzandsteen, kolenzandsteen, of naar de kleur: bonte zandsteen, of naar de plaatsen, waar zij gevonden worden: Weener zandsteen. De molasse in Zwitserland is een soort van zandsteen, waarbij kalkspaat het bindmiddel is. Hoe meer kwarts aanwezig is, hoe onvruchtbaarder is de grondsoort, die door verweering van den zandsteen ontstaat.

4. Leemgesteenten. Deze gesteenten zijn door verharding ontstaan uit leemachtig slijk. Men onderscheidt leileem, dat zachter is, van de leemlei, dat als verharde leileem te beschouwen is.

Klei, löss, pottenbakkersleem, vollersaarde zijn leileemen; daklei, griffellei, teekenkrijt (een mengsel van leem en kool) zijn leemleien. De meeste leisoorten verweeren spoedig en geven uitstekenden bouwgrond.

5. De puingesteenten, ontstaan bij de uitbarstingen van vuurspuwende bergen zijn tuffen, verweerde en verharde slijkmassa's, en vulkanische conglomeraten.

6. Losse puingesteenten worden gevormd door zand, grint, rolsteenen, zwerfblokken. Zand is eene losse opeenhooping van kleinere en grootere mineraalkorrels meest kwarts, maar vaak vermengd met glimmer, hoornblende, veldspaat, enz. Komen er in het zand korrels van metalen of edelgesteenten voor, dan vormen zij waschgronden (goudwasscherijen in den Oeral, diamantvelden in Brazilië, op Borneo, enz).

§ **346. Zoögene sediment-gesteenten.** Door zoögene sediment-gesteenten verstaat men die gesteenten, welke hunnen oorsprong aan het dierenrijk danken. Hiertoe behooren:

1. Kalk. Dichte, massale kalksteen komt in verschillende kleuren voor, wit en grijs vindt men het meest. Het is een enkelvoudig gesteente even als de overige kalken. Zoögene marmersoorten komen veel in de Alpen voor o. a. in de omstreken van Salzburg. Er bestaat ook eene schilferige kalksoort, die doorgaans met leem vermengd is. Uit deze leemachtige kalk bestaan de lithographische steenen, die door de groote steengroeven van Solenhofen en Eichstädt in Beieren geleverd worden. De kalken zijn ontstaan uit de schelpen van voorwereldlijke of nog tegenwoordig bestaande lagere dieren.

2. Krijt is een aardachtige kalksteen en heeft een structuur, die nauwelijks korrelig te noemen is. Daar er veel vuursteen in voorkomt, moet het doorgaans eene kunstbewerking ondergaan, alvorens het tot schrijfkrijt kan gebruikt worden.

3. Mergel is mengsel van koolzure kalk met 20 tot 60% leem. Kalkmergel verweert gemakkelijk en wordt daarom veel gebruikt om een leemachtigen bouwgrond te verbeteren.

§ **347. Phytogene sediment-gesteenten.** Door phytogene sediment-gesteenten verstaat men die gesteenten, welker oorsprong in het plantenrijk te zoeken is. Hieronder rekenen we:

A. De verschillende enkelvoudige gesteenten, die uit koolstof bestaan en wel 1. Graphiet (van graphein = schrijven, waarvan ook het woord graphie = beschrijving komt). Het is een dicht, schubbig of aardachtig gesteente, en enkelvoudig met toevallige bestanddeelen als: ijzer, kiezelaarde en leem. Men maakt er potlood van. 2. Anthraciet (van anthrax = kool). Men vindt het even als het voorgaande in de oudste lagen. Het bevat 85—96% koolstof. Het verbrandt bij sterken toevoer van lucht, zonder vlam of rook, maar geeft de meeste warmte van alle kolen. 3. Steenkool, die 75—85% koolstof bevat. 4. Bruinkool, die 44—75% koolstof bevat en eindelijk 5. Veen, welk gesteente nog dagelijks gevormd wordt. Al deze koolstofgesteenten behalve graphiet, worden als brandstof gebruikt.

B. In de tweede plaats behooren tot de phytogene gesteenten de koolwaterstofverbindingen in verschillenden graad van vastheid en vloeibaarheid. De voornaamste zijn:

Asphalt. Dit is bij lage temperatuur vast.

Petroleum, aardolie, steenolie. Deze onontbeerlijke brandstof welt in vele streken uit den grond op. Vaak moet men door boren bij de groote verzamelplaatsen komen. Het eerst werd zij gevonden bij Bakoe aan de Kaspische Zee. Ruwe petroleum is zeer brandbaar, maar daardoor ook zeer gevaarlijk in 't gebruik. Voor verlichting moet zij eerst gezuiverd worden.

§ **348. Teelaarde.** De verweeringsproducten aan de oppervlakten der gesteenten, vermengd met afval van verrotte dierlijke en plantaardige zelfstandigheden, leveren de teelaarde of bouwgrond.

Men onderscheidt:

1. Zandgrond, die hoofdzakelijk uit kwarts bestaat, dat in fijne korrels, meestal eenigszins afgerond, door verweering van andere gesteenten als puinmassa is overgebleven. Zoo kan het ontstaan uit graniet, wanneer de veldspaat weggevoerd wordt. In het dagelijksch leven wordt het zand tot vele doeleinden gebezigd. Zuiver zand is voor landbouw ongeschikt, aangezien de voedingsstoffen voor de plant er in ontbreken; daarenboven laat het gemakkelijk vocht door en is dus veel te droog. Onze zandgronden bevatten meestal een lager of hooger percent leem en kalk benevens verrotte plantendeelen, overblijfselen van heideplanten en mossoorten. Daardoor kunnen zij in cultuur gebracht worden, maar ze eischen voortdurend stevige bemesting.

2. Kalkgrond, die hoofdzakelijk uit kalkdeeltjes bestaat, waarmede minstens zand en doorgaans leem vermengd is. Hij neemt veel water op, maar wordt daardoor niet kneedbaar. Het vocht sijpelt er door heen, de grond droogt spoedig weer, heeft daardoor een dor voorkomen en is niet zeer vruchtbaar.

3. Leemgrond. Waar deze grondsoort zuiver voorkomt, laat hij geen water door en is dus voor bebouwing ongeschikt. Doorgaans treft men er echter kalk- en zanddeelen in aan en daardoor wordt hij »lichter" d. i. poreuzer en voor bebouwing geschikt. Was bij zand kwarts het hoofdbestanddeel, hier hebben we als zoodanig veldspaat, die uit kiezelaarde en aluinaarde bestaat. Onze diluviale zandgrond is op vele plaatsen met leem vermengd en draagt dan den naam van zavelgrond. Het löss behoort tot de leemsoorten; het bevat veel kalk, glimmer, bovenal veel fijn zand met schelpen en slakkenhuisjes en is daardoor zeer vruchtbaar.

4. Mergelgrond, die uit een mengsel van zand, ijzerhoudend leem en kalk bestaat. Hij zuigt het water op, behoudt het lang en is voor bebouwing zeer geschikt.

5. Kleigrond. Hiertoe rekent men vooral de leemachtige zee- en rivierbeziuksels. Hij bevat evenals de overige leemsoorten voornamelijk kiezelzure aluinaarde, dus een ontledingsproduct van veldspaat, vermengd met zand en ijzeroxyde. In ons land schijnt de kleigrond voornamelijk het product te zijn van de leemlei van het Rheinische schieferplateau. Dit bestaat uit leemlei, een verharde of versteende voorwereldlijke leemsoort, en bevat dus de ontledingsproducten van veldspaat. Het behoeft zeker niet gezegd te worden, dat de kleigrond zijn voornaamste belang ontleent aan zijne bruikbaarheid voor den landbouw. Maar ook in het dagelijksch leven, vooral in een land, waar alle natuurlijke bouwsteen ontbreekt, zijn de klei- of leemsoorten van groot nut.

Door vermenging dezer verschillende grondsoorten met elkander en door toevoeging van plantaardige en dierlijke stoffen weet de mensch die grondsoort te verkrijgen, welke hem in de verschillende omstandigheden het meeste voordeel oplevert. Maar toch is hij in dit opzicht niet oppermachtig en liggen nog vele streken woest, omdat de grond te weinig oplevert en te veel bewerking en bemesting vereischt.

DE GEOGRAPHISCHE VERBREIDING DER ORGANISCHE WEZENS.

I. ALGEMEENE OPMERKINGEN OVER DE VERBREIDING.

§ **349. Inleiding.** Zooals we reeds meermalen opgemerkt hebben, bestaat de aarde uit eenige, als concentrische schalen in elkander passende, lagen, waaraan

we de namen barospheer, lithospheer, hydrospheer en atmospheer hebben gegeven. In dezen bouw spiegelt zich de ontwikkelingsgeschiedenis af, die elk wereldlichaam tot op een zeker tijdstip doorloopen heeft. Echter bestaat er, behalve deze verschillende spheren, op onze aarde nog een wereld van geheele andere lichamen, die zich van alle andere daardoor onderscheiden, dat ze bewerktuigd zijn, dus organen bezitten, en leven. We vatten ze te zamen onder den naam organische wezens. Men zou de door hen gevormde levende wereld als biospheer tegenover de reeds genoemde spheren kunnen stellen. De plaats, door haar ingenomen, bevindt zich voornamelijk op de grenzen van atmospheer en lithospheer en strekt zich daarenboven tot in den hydrospheer uit. Volgens de theorie hangt de begrenzing meer af van de geschiktheid der levende wezens om in een of ander oord te leven, dan van dit oord zelve. Maar met deze theorie is de praktische waarneming in zooverre in tegenspraak, dat niet altijd een plaats alle soorten van planten of dieren herbergt, die er zouden kunnen leven. Het hangt van het ontstaan en van de verbreiding ook af, of een bewoonbaar gebied werkelijk door een bepaald individu bezocht is.

§ 350. **Grenzen van het organische leven in 't algemeen.** De eerste vraag, die zich bij de beschouwing der organische wereld, voordoet is deze: Bestaat er aan de oppervlakte der aarde eene grens, waarover geen individu zich kan wagen, zonder vernietigd te worden, m. a. w. is er voor het organisch leven een bepaalde grens aan te wijzen. We weten, dat eene menigte invloeden verderfelijk op het bestaan van een individu kunnen inwerken, we weten, dat eene te strenge koude, te felle hitte, te groote droogte, enz. dieren en planten doodt; we hebben meermalen gehoord van woestenijen, waarin geen levend wezen kan bestaan, of waar »de wintervorst zijn zetel heeft opgeslagen." We zouden meenen, dat er zoodanige grens moest bestaan, en toch schijnt men de gestelde vraag ontkennend te moeten beantwoorden. Ten minste in 't algemeen en — laten we het herhalen — wat de oppervlakte der aarde, d. i. de oppervlakte van den lithospheer betreft. Want ofschoon sommige streken, zoowel te land als te water, volkomen zonder levende wezens zijn, is het niettemin een feit, dat overal op de daarvoor geschikte plaatsen levende wezens, en dan soms nog wel in overvloed, voorkomen. Zoo vinden we op het vastland woestijnen, hooge bergtoppen en groote, met eeuwigdurende sneeuw en ijs bedekte, vlakten, die ons als beslist onbewoond voor den geest staan. Beschouwen we eerst de woestijn. Zij heeft zelfs blijvende bewoners zoowel onder de dieren als onder de planten, niet slechts in de oasen, die hier en daar gevonden worden, maar ook mijlen ver daarvan verwijderd. En wanneer een verkwikkende regen op de dorre vlakte nederdaalt, wat wel zelden, maar toch nog weleens gebeurt, dan verandert de streek als met een tooverslag en tooit zich met een plantenkleed, dat welhaast weer door droogte en hitte vernietigd wordt, doch ons het bewijs levert, dat ontkiembare zaden, bollen of wortels niet ontbreken. Sommige

schuwe dieren en zelfs de mensch slaat zijn verblijf van tijd tot tijd in de woestijn op. Zoo is deze geenszins een gebied, dat buiten bereik van de organische wereld ligt. Kan men midden in de Sahara niet dagen lang door dadelpalmwouden reizen!

In de tweede plaats schijnt ons de ijs- en sneeuwwereld een onoverkomelijke hinderpaal voor de verspreiding der planten en dieren. Toch is zij dit evenmin. De hoogste breedten, door de poolvaarders bereikt, vertoonden althans in het Noordelijk Halfrond een rijk organisch leven. Op daarvoor geschikte plaatsen wordt wel een armoedige, maar toch uitgebreide flora van lagere plantenvormen aangetroffen, zoodat zelfs groote plantenetende dieren, zooals het rendier en het muskusdier, er voldoende voedsel kunnen vinden. Parry vond op 82° N.B. een paar kleine vliegen en zelfs eene bij. De zee is op die hooge breedte rijk aan zeehonden, walvisschen en andere dieren; zeevogels doorklieven de lucht en zelfs de Eskimo dringt nu en dan tot deze hooge breedte door. De wetenschap heeft ook daar geen grens voor 't organische leven gevonden.

Evenmin op de hooge bergen. Boven de eeuwige sneeuw verheffen zich somwijlen steile bergtoppen, waarvan de hellingen met lagere planten bedekt zijn. En boven den top van den Chimborazo zweeft de condor door de lucht, dat is op eene hoogte bijna gelijk aan anderhalf maal die van den Mont-Blanc. Zelfs de oppervlakte van sneeuw- en ijsvelden draagt organisch leven. In het passaatstof, dat de regen en de sneeuw wel eens eene roode kleur geeft en daardoor aanleiding gaf tot de fabelen van den bloedregen, heeft men zelfs een rijk, al is het dan ook een microscopisch organisch leven ontdekt.

Dalen we af in de holten door den lithospheer gevormd. Ook daar vinden we geen gebrek aan levende wezens. Het plantenrijk moge er slechts vertegenwoordigd zijn door individuen uit de afdeeling der paddestoelen en schimmels, het dierenrijk vertoont er een beter ontwikkeld leven. Vleermuizen, de holensalamander, talrijke kevers, spinnen, slakken en meer andere slijten er, ver van het daglicht verwijderd, een bestaan, dat geheel met hun wezen overeenstemt.

Ook de oceaan heeft in de diepte zijne bewoners. De laatste onderzoekingen hebben dit duidelijk aan het licht gebracht, en bewezen, dat onder den druk van meer dan 100 atmospheren nog een overvloedig dierlijk leven bestaat, ofschoon de koude zelfs tot onder het vriespunt daalt.

Evenmin als de koude daar, zoo belet de warmte in de kokendheete bronnen het voortbestaan van eene organische wereld. In Algiers werd in een bron, waarvan de temperatuur tot 94° C. steeg, nog een kever gevonden en op IJsland vond men in de geisers nog lagere planten.

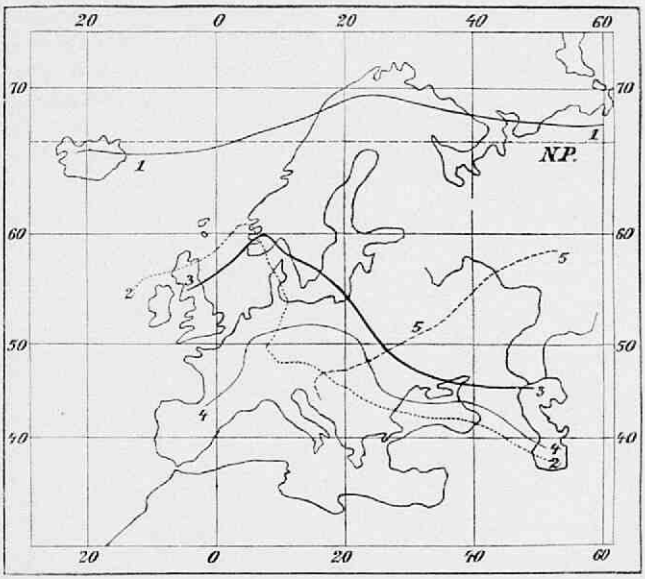
Uit dit alles mogen wij dus besluiten, dat er op de aardoppervlakte geen absolute grens voor het organische leven bestaat, daar

in de woestijnen, in de ijswerelden, op de hoogste bergtoppen, in de diepste holen, in de diepste deelen des oceaans, zelfs in warme bronnen organische individuen zijn waargenomen.

§ 351. Verbreidingsgebieden. Kan men alzoo geen absolute grens vaststellen voor het voorkomen in het algemeen, de verschillende plant- en diersoorten in het bijzonder komen echter niet overal op de aarde voor. We hebben reeds gezien, dat in sommige streken slechts lagere plantensoorten tot ontwikkeling kwamen (Waar?)

Echter zijn er eenige individuen, die zoo niet over de geheele aardoppervlakte dan toch op een groot gedeelte ervan gevonden worden en die men daarom met den naam wereldburgers of kosmopolitische planten en dieren zou kunnen bestempelen. Zoodanige zijn bijvoorbeeld onder de planten: de herderstas (Capsella Bursa pastoris), het meizoentje of madeliefje (Bellis perennis), het pluimgras (Poa annua), de moes melkdistel (Sonchus oleraceus), de kleine brandnetel (Urtica urens), de zwarte nachtschade (Solanum nigrum).

Fig. 76.



De poolgrenzen van 5 houtgewassen in Europa. 1 Berk (Betula), 2 Hulst (Ilex aquifolium), 3 Roode beuk, Fagus sylvatica), 4 Zilverspar (Abies alba Mill.); 5 Dwergamandel (Amygdalus nana L.)

Zie voor deze planten: H. Heukels, schoolflora van Nederland.

Evenzoo heeft men kosmopolitische dieren: in de eerste plaats den mensch met zijn getrouwen trawant den hond en zijn onafscheidbare volgelingen de huismuis en de kamervlieg, maar ook onder vlinders komen er voor, die zeer ver over den aardbodem verspreid zijn.

De verschillende invloeden door warmte, vocht, licht, bodem enz. op de organische wereld uitgeoefend, hebben de verschillende individuen elk in 't bijzonder binnen zekere grenzen beperkt; het tusschen deze grenzen liggende gebied noemt men het verbreidingsgebied van zulk een individu.

Gewoonlijk hebben deze verbreidingsgebieden een zeer onregelmatigen elliptischen vorm. Daar de warmte een der hoofdfactoren is, die de verbreiding der planten en dieren bepalen, zijn de grenzen tegen de pool en tegen den aequator vaak meer door de natuur, de oost- en de westgrens meer door de verdeeling van land en water, enz. aangewezen. Hierin ligt ook de reden, waarom de lange assen der ellipsen in de oude wereld in de richting van de parallellen loopen, terwijl ze zich in de nieuwe wereld in die der meridianen uitstrekken. De lijn, die het gebied aan de poolzijde begrenst, noemt men de poolgrens, die, welke aan de zijde van den evenaar ligt, de aequatoriaal-grens.

Kan men de poolgrens altijd de noordelijke grens noemen, de aequatoriaal-grens altijd de zuidelijke? Waar kan dat wel, waar niet?

Hoe onregelmatig de grenzen van de verbreidingsgebieden loopen, kan ons de figuur op de vorige bladzijde leeren. Daarop zijn de poolgrenzen van 5 houtgewassen in Europa afgebeeld. Onderling loopen ze geenszins evenwijdig met elkander. Die van den berk houdt nog het meest de richting van de parallel en komt verder vrijwel overeen met den Juli-isotherm van 10° C. Die van den hulst volgt daarentegen een geheel andere richting, geheel tegen die van de Juli-isothermen in, welke in West-Europa eene richting naar 't noordoosten hebben. We vinden er meer het verloop van den Januari-isotherm van 0° C. in, ofschoon de boom in 't westen en 't oosten zuidelijker blijft. De beuk toont in zijn poolgrens veel overeenkomst met den vorigen en richt zich in West-Europa eenigszins naar de Juli-isotherm, terwijl we verder oostelijk weer de richting van de Januari-isothermen bemerken. Deze vereeniging van het verloop van tweeërlei warmtelijnen vinden we ook in de poolgrens van de zilverspar terug, alleen hier nog meer afwijkend. Ten laatste wijzen wij nog op de weer meer regelmatige grens van den dwergamandel, die zeer beslist op het verloop van de Juli-isothermen wijst.

Men verzuime niet naast deze figuur de isothermenkaartjes uit den atlas te leggen, ten einde een duidelijker beeld voor-oogen te hebben van het zoo onregelmatige verloop van de grenzen der verbreidingsgebieden.

Uit deze figuur blijkt ons, dat de grenzen der verbreidingsgebieden niet uitsluitend afhangen van de verdeeling van de

warmte over de aardoppervlakte. Maar tevens, dat deze verdeeling een aanmerkelijken invloed daarop schijnt te hebben, wat trouwens niemand verwonderen zal. De hulst en de beuk verbreiden zich in het vochtige, gematigde zeeklimaat veel verder naar 't noorden dan in het landklimaat, dat zich, zooals we weten, door droogte, strenge koude en verschroeiende hitte kenmerkt. Den dwergamandel doen hitte en droogte juist goed, terwijl de koude hem niet schijnt te hinderen.

§ 352. Wijze van verbreiding der organische wezens. Ten opzichte van de verbreiding der levende wezens zijn de volgende opmerkingen van zeer veel gewicht. Zij gelden zoowel voor de dierenwereld als voor de plantenwereld.

Men kan zich het ontstaan van elke soort op tweeërlei wijzen voorstellen: men kan elke soort beschouwen als te zijn ontstaan op de plaats of plaatsen, waar zij tegenwoordig voorkomt, of men kan aannemen, dat eene soort slechts eenmaal ontstaan is en zich van uit haar geboortegrond verbreid heeft naar alle plaatsen, die voor haar bereikbaar waren en de voorwaarden aanboden, waarvan haar bestaan afhankelijk is. De eerste voorstellingswijze is voor de aardrijkskunde totaal onvruchtbaar; gaat men van haar uit, dan kan men alleen een lange lijst van plaatsen opstellen, waar de planten en dieren voorkomen, dan vervalt alle verband tusschen de verschillende deelen van het groote geheel, dat de organische wezens vormen. Alleen bij de tweede hypothese kan van eene eigenlijke verbreiding sprake wezen; zij geeft verrassende uitkomsten en krijgt de waarde van een feit, omdat zij vaak tot dezelfde resultaten leidt als andere waarnemingen. We staan hier trouwens weer voor eene gelijke keuze als tusschen de leer van de plotselinge veranderingen en de evolutie-theorie.

Waar hadden we tusschen beide te kiezen?

Laten we door een voorbeeld de verschillende waarde der beide theorieën voor de verbreidingsleer der organische wereld duidelijk maken en kiezen we daartoe een gebied, dat den Nederlander in geenen deele vreemd mag zijn en uitstekend geschikt is om als voorbeeld te dienen, n.l. Oost-Indië. We weten uit onze aardrijkskundige leerboeken, dat de dierenwereld in de verschillende deelen van den reusachtigen archipel niet overal hetzelfde karakter draagt. In het westelijk gedeelte komen o. a. de tijger, de olifant, de tapir, de rhinoceros en de pauw voor, om ons tot de meest bekende diersoorten te bepalen. De rhinoceros komt voor op Sumatra en Java, zijn bestaan op Borneo is twijfelachtig. Gaat men nu van de veronderstelling uit, dat elk dier geschapen is in de landstreek, waar het thans voorkomt, dan hebben we minstens 4 (ook in Azië komt de neushoorn voor) afzonderlijke scheppingen van dezelfde diersoort, wat zeer onwaarschijnlijk moet genoemd worden. Stelt men daarentegen voorop, dat een diersoort maar eenmaal ontstaan is, dan moet de neushoorn van uit den geboortegrond van zijne soort, gelegenheid gevon-

den hebben om zich over genoemde eilanden te verspreiden. Maar daarvoor zouden de tusschenliggende zeeëngten onoverkomelijke hinderpalen geweest zijn. Ook daarvoor leveren onze Oost-Indische bezittingen menig bewijs: de tijger en de pauw gaan immers niet verder dan straat Bali, ofschoon deze aanmerkelijk smaller is, dan de zeeëngten, die de groote Soenda-eilanden onderling en van het vastland van Azië scheiden. De neushoorn kan dus niet op de Indische eilanden geraakt zijn, tenzij deze in vroegeren tijd met het vastland van Azië zijn verbonden geweest. Aangezien we nu ook uit andere feiten (diepte van de zee) tot een dusdanigen samenhang met Azië dienen te besluiten, krijgt daardoor de laatste wijze der verspreiding der organische wezens zeer groote waarschijnlijkheid.

§ **353. De leer der voortschrijdende ontwikkeling bij de organische wezens.** Met de verbreiding der planten en dieren, hangt hun ontstaan ten nauwste samen. Indien toch elke soort afzonderlijk geschapen is, dan is er van ontwikkeling van eene soort tot eene andere, die beter loopen of beter vliegen kan, beter de koude, beter de droogte of beter de vochtigheid kan weerstaan, geen sprake. In het tegenovergestelde geval natuurlijk wel. Hier komt sinds de onderzoekingen van Darwin de evolutie-theorie tot haar toppunt. Men kan zich namelijk voorstellen, dat elke soort op zich zelf geschapen is, maar ook kan men aannemen, dat de eene soort uit de andere is ontstaan.

In 1859 verscheen van den Engelschen geleerde Charles Darwin een werk, dat weldra grooten roem verwierf, veel aanhangers, maar ook heftige bestrijders naar de pen deed grijpen. Daarin werd de evolutie-theorie voor het ontstaan van levende wereld door een aantal wetenschappelijke onderzoekingen zoo waarschijnlijk gemaakt, dat men tegenwoordig niet meer daaraan twijfelt, ofschoon het wiskunstig bewijs uit den aard der zaak moeielijk geleverd kan worden. Wat de mensch toch door het plaatsen van individuen onder gelukkige omstandigheden, weet te voorschijn te brengen, moet altijd zeer verschillend zijn van wat de natuur levert, die niet altijd onder zulke omstandigheden en bovendien zeer langzaam en over een groote tijdruimte werkt. Beschouwen we in de eerste plaats in hoeverre het mogelijk is, dat uit eene bepaalde soort eene andere ontstaat, om daarna nog even stil te staan bij de waarschijnlijkheid, dat dit in de natuur werkelijk heeft plaats gevonden.

§ **354. De mogelijkheid der voortschrijdende ontwikkeling.** Bij de beschouwing dezer mogelijkheid komt ons allereerst de vraag ter beantwoording voor: heeft men bij de verschillende individuen ook veranderingen opgemerkt, die ontstaan waren, door het brengen van die wezens onder zekere omstandigheden? En deze vraag moet buiten twijfel bevestigend beantwoord worden. Laat ons enkele van die veranderingen mededeelen. Bij tamme eenden zijn de vleugelbeenderen minder, de beenderen der achterste ledematen meer ontwikkeld

dan bij hare wilde soortgenooten. De uiers der koeien zijn veel meer ontwikkeld in landen, waar men zich hoofdzakelijk met melkerij bezighoudt (d. w. z. waar men de dieren voornamelijk ter wille van de melk bezit), dan daar, waar de veeteelt ook uit andere oogpunten beoefend wordt. Vele huisdieren hebben in een of ander land hangende ooren. Laten we dit laatste feit nader verklaren. Zoolang een dier in het wild verkeert, is het opmerkzaam op het minste geluid. Het geritsel van een blad doet het opschrikken, het spitst de ooren en draait zoo mogelijk de oorschelpen in de gunstigste positie om het verdachte geluid op te vangen. Daardoor worden de oorspieren onophoudelijk geoefend. Wie het best kan hooren, ontkomt gemakkelijker aan het gevaar, want hij heeft het 't eerst bemerkt, ten minste eerder dan zijn minder scherp hoorende soortgenooten. Het huisdier daarentegen leeft niet in dien voortdurenden onrust, schrikt niet onophoudelijk op, spitst niet elk oogenblik de ooren en daardoor zullen zijn oorspieren hoe langer, hoe minder geoefend worden, om ten laatste geheel te verzwakken.

Evenzoo is het gelegen met het onderscheid tusschen tamme en wilde eenden. Deze laatste, levende in de natuur, werpen zich bij het minste gevaar in de lucht, om zich te beveiligen; vaak moeten ze ook in de streek rondvliegen om voedsel te zoeken en eindelijk, wat zeker van veel gewicht is, zijn het trekvogels, die dus tweemaal per jaar een uitstekende vliegoefening houden. Mocht er een bij zijn, die den tocht bezwaarlijk mede kan maken, dan gaat zij ten onder en zoodoende blijven steeds de goede vliegers tot voortplanting van de soort in het volgende voorjaar over. Bij de tamme eend vinden we weinig of niets van dat alles, en daardoor ontstaat een achteruitgang van het vliegvermogen en dus van de vleugelbeenderen. Met de achterste ledematen is het omgekeerde het geval. Aangezien de wilde eend meer vliegt en minder loopt dan de tamme, zullen haar pooten minder sterk ontwikkeld zijn dan die van laatstgenoemde.

We zien dus, dat in de natuur tusschen individuen van dezelfde soort langzamerhand een onderscheid, tot zelfs in het geraamte, kan ontstaan, dat zijn oorzaak heeft in de verschillende levensomstandigheden, waaronder die individuen geplaatst zijn.

Hebben we nu de natuur beschouwd, die altijd zeer langzaam werkt, de mensch kan de omstandigheden vaak zoo regelen, dat hij in betrekkelijk korten tijd bereikt, wat de natuur misschien na jaren zou kunnen teweeg brengen. Zeer duidelijk is de invloed van den mensch op de duiventeelt, waaraan in Engeland uit liefhebberij zeer veel gedaan wordt. Al onze tamme duiven stammen af van de rots- of veldduif (Columba livia), die tegenwoordig nog in Frankrijk, Schotland en elders in het wild voorkomt. Voor den leek blijft een duif een duif, maar de kenner onderscheidt eene menigte rassen, waarvan sommige even weinig op elkander gelijken, als een spits-

hond op een dog. Een Engelsch duivenkweeker kon zeggen, dat hij een opgegeven veder in drie jaren kon verkrijgen; maar hij had zes jaren noodig om een kop of bek van bijzonderen vorm voort te brengen. Op gelijke wijze werkt men aan de veredeling van de bestaande rassen van paarden, runderen, schapen, enz. Bij deze laatste volgt de cultuur twee uiteenloopende richtingen: men legt er zich soms op toe om de wol te verfijnen, terwijl men in andere gevallen het lekkerste vleesch tracht te verkrijgen.

De wijze, waarop men hierbij te werk gaat, is zeer eenvoudig. Het scherpziend oog van den eigenaar ontdekt te midden van zijne schapenkudde bijvoorbeeld een exemplaar, dat met eenigszins fijnere wol gezegend is, dan de overige. Dit kiest hij uit om er afstammelingen van te krijgen, die deels ook fijnere, deels de gewone wol bezitten. Nu neemt hij uit deze afstammelingen weer die, welke met de fijnste wol bedekt zijn, enz. Natuurlijk speelt de ondervinding van den eigenaar aangaande voedsel, lucht, ligging enz. verder een hoofdrol.

Betreden we het plantenrijk dan staan we voor een dergelijke reeks van verschijnselen, waarvan de resultaten zoo groot zijn, dat zij aan het ongeloofelijke grenzen. Wie onzer kent niet de prachtige viooltjes, die de bloemisten ons thans voor weinig geld leveren. Vergelijk er eens het nederige wilde viooltje (Viola tricolor) mede. Plaatst de wilde roos (Rosa canina) eens naast de prachtige, gevulde bloem, die onze stamrozen ons te zien geven. Welk een onderscheid! En toch zijn ze van denzelfden oorsprong, alleen de cultuur heeft na jaren dit verschil bewerkt. En nog is er grooter. Ten tijde van Plinius (gestorven 79 n. Chr.) was de peer een vrucht van zeer geringe waarde en toen toch waarschijnlijk reeds gecultiveerd. Maar sedert men steeds de beste soorten nam, om nieuwe te verkrijgen, heeft men die bijna waardelooze vrucht weten te verheffen tot een der meest gezochte ooftsoorten. De tropische vruchten zouden naar de meening van kenners veel volkomener kunnen worden, wanneer ze onder de gunstige omstandigheden der cultuur werden geplaatst.

Maar genoeg om ons te doen zien, dat de mensch zelfs de middelen bezit, om aan planten of dieren eigenschappen mede te deelen, waardoor ze zich van de vroeger bestaande onderscheiden.

De mogelijkheid bestaat dus, dat uit een individu andere ontstaan, die ervan verschillen in enkele, ondergeschikte kenmerken, als bij de schapen fijnere wol, aangenamer vleesch; bij de peren aangenamer smaak; bij de viooltjes grooteren omvang. Kan daardoor nu ook een nieuwe plant- of diersoort ontstaan?

De duivenkweeker verkrijgt door aanhoudende zorgen eene nieuwe speling, eene variatie van de bestaande soort. Hij kan het zoover brengen, dat van een duif met bijzondere kenmerken andere komen, waarin de nieuwe eigenschappen eenigszins en ten slotte geheel standvastig blijven. De variatie is dan voor goed verkregen. Natuurlijk is in bijna alle andere opzichten de overeenkomst met de bestaande soort volkomen. Nu spreekt men van varieteiten, soorten, geslachten, familiën enz. »Planten,

die in al hare deelen zulk eene overeenstemming vertoonen, dat men ze zou kunnen beschouwen als onmiddellijk van één en hetzelfde voorwerp afgestamd, noemt men — onverminderd de verscheidenheden, variëteiten, die zich daarbij in ondergeschikte kenmerken, b. v. van kleur, kunnen voordoen — planten van dezelfde soort. Soorten, die, hoezeer zij op zich zelve uiteenloopen, eene in het oog loopende overeenkomst vertoonen, vereenigt men tot een geslacht. Plantengeslachten, die bij alle verschillen een onmiskenbaren familietrek bezitten, worden tot familiën vereenigd." Ziedaar wat Dr. Salverda in zijn Handleiding bij de beoefening van de Kennis der Natuur ons aangaande het onderscheid tusschen het begrip van deze verschillende groepen mededeelt. De vaagheid, de onbeslistheid valt gemakkelijk in het oog en geen wonder, want het is algemeen bekend, dat de natuur geen sprongen maakt, dus geen begrenzing toelaat; de groepeering van de natuurvoorwerpen is menschenwerk. Daarenboven is tusschen de verschillende duivenrassen soms meer verschil dan tusschen sommige andere individuën, die tot verschillende soorten gebracht worden. Vergelijkt men dan ook de verdeeling der organische wezens in verschillende leerboeken, dan bemerkt men dat de verdeeling in geslachten en soorten nog al variëert. De spar werd door Linnaeus tot het geslacht Pinus (P. Abies) gerekend evenals de zilverspar (P. Picea). Poiret en Miller brengen beide tot een nieuw geslacht Abies (A. excelsa en A. alba) en Link verheft de spar nog weer tot een afzonderlijk geslacht Picea (P. excelsa). We zien dus, dat de grenzen tusschen geslacht en soort onstandvastig zijn. In de natuur gaan de geslachten zonder gapingen in elkander over en de verschillen laten in den geest geen anderen indruk achter dan die van overgangen. Zelfs de grens tusschen dieren en planten is niet bepaald te trekken. Daarom beschouwt Darwin dan ook een variatie als een wordende soort.

Resumeeren wij de feiten:

in de natuur kan langzamerhand een onderscheid tusschen de individuen van dezelfde soort ontstaan;

de mensch kan groote verschillen in de individuen van dezelfde soort voortbrengen; de grenzen bij de kunstmatige verdeeling zijn zeer onbepaald;

dan blijkt daaruit ten duidelijkste de mogelijkheid, dat zich op eene natuurlijke wijze uit eene bestaande soort eene daarmede verwante ontwikkelt.

§ 355. De waarschijnlijkheid der voortschrijdende ontwikkeling.

In de tweede plaats dienen we na te gaan, of er in de verspreiding der organische wezens ook verschijnselen voorkomen, die voor de waarschijnlijkheid van een dusdanige ontwikkeling pleiten. En dan wijzen we al dadelijk op de eigenaardige getalverhouding, die er tusschen familiën, geslachten, soorten en individuen bestaat. De groote Engelsche geleerde, Darwin, heeft namelijk de opmerkzaamheid gevestigd op het

volgende feit. Daar, waar de eene of andere plantenfamilie in grooten overvloed voorkomt, treft men er de meeste soorten en variaties van aan, terwijl dit aantal afneemt, naarmate men zich verder van daar verwijdert. Neemt men nu voor elke soort een afzonderlijke schepping aan, dan is het minstens genomen onverklaarbaar, dat zoovele met elkander verwante planten op dezelfde plaats zijn voortgebracht, terwijl men volgens de ontwikkelingstheorie het verschijnsel zeer natuurlijk kan verklaren. Die verschillende soorten en variaties of wordende soorten zijn ontstaan door geringe wijziging der omstandigheden, na verloop van een groot aantal jaren en natuurlijk daar het meest, waar de meeste individuen van dezelfde soort voorkomen.

Vervolgens beschouwen we een ander verschijnsel en daartoe begeven we ons naar Madera, om er even een blik te werpen op de insecten, welke daar voorkomen.

We vinden er zulke, die al vliegende hun voedsel machtig worden, maar ook andere, die zich daarvoor niet in de lucht behoeven te verheffen. Toch konden de meeste van deze laatste wel vliegen, maar door het minder gebruik harer vleugels was haar vlucht niet zoo krachtig. De sterkste exemplaren evenwel vlogen vrij goed, geraakten daardoor onder bereik van den wind, werden in zee gevoerd en kwamen jammerlijk om. De zwakkere bleven laag bij den grond, de wind had geen genoegzamen vat op hen, zij bleven behouden en plantten zich voort, maar daardoor werd elke volgende generatie hoe langer hoe minder geschikt tot vliegen, zoodat er van de 550 keversoorten ongeveer 200 zoo zwakke vleugels hebben, dat ze niet kunnen vliegen, en van de 29 inheemsche soorten, die het langst dit proces hebben ondervonden, zijn er zelfs 23 ongeschikt om te vliegen. Geheel anders is het gesteld met die, welke hun voedsel in de vlucht grijpen. Zij konden goed van hunne vleugels gebruik maken, de wind was voor hen een hinderpaal, die zij met inspanning konden overwinnen. Die inspanning versterkte hun vliegkracht, de zwakkere vliegers geraakten in de golven, de sterkere bleven behouden. We hebben hier dus een verschijnsel, waarbij onomstootelijk blijkt, dat de natuur bij het voortduren van het bestaan eener soort met keuze (natuurlijke teeltkeus) te werk gaat, en daardoor wordt de voortschrijdende ontwikkeling zeer waarschijnlijk.

Een andere teeltkeus ontdekken we in het volgende verschijnsel. Iedereen weet, dat in de dierenwereld de mannetjes verschillende middelen bezitten om een wijfje machtig te worden. Wie heeft niet vaak de gevechten van hanen gezien om het bezit der hennen; wie niet gehoord van den verwoeden strijd, dien het hert voert om het bezit der hinde; zoo slaat de nachtegaal om zijn wijfje te lokken, zoo wordt de paradijsvogel in den schoonsten dos gehuld om haar te behagen. Ook daarin ligt noodwendig een oorzaak tot verbetering van de soort in deze of gene richting. Een wilde haan, die bij toeval zonder sporen geboren is, zal zich geen hennen kunnen bemachtigen, en dwaalt eenzaam door het leven heen; het hert, welks gewei niet de noodige stevigheid bezit om den kamp vol te houden, is er niet beter aan toe,

even als een nachtegaal, die van zijn stem niet een evengoed gebruik kan maken als zijn mededinger of een paradijsvogel, die niet met prachtige vederen getooid werd, als de paartijd daar is. En van al deze zouden we dus geen afstammelingen verkrijgen, maar daardoor zijn we dan ook behoed tegen het ontstaan van hanen zonder sporen, enz.

De natuur heeft dus middelen om een geslacht voortdurend sterker te maken, en een soort, die in deze versterking niet gedeeld heeft, zal daardoor bij andere soorten ten achter staan. Komt een dergelijke niet versterkte soort dan later in aanraking met nieuwere soorten of worden de levensomstandigheden gewijzigd, dan zal zulk eene soort spoedig vernietigd worden, d. i. uitsterven. Verbeelden we ons een afgelegen eiland, waarop eene vogelsoort op den bodem niet het minste gevaar bedreigt. Stellen we ons voor, dat die vogels bovendien voldoende voedsel op den grond vinden, dan zal het met het vliegvermogen na een tal van jaren armzalig gesteld zijn. Komt er nu op dat eiland een viervoetig roofdier, dan zal dit in een waar luilekkerland verkeeren, het heeft zijne prooi voor 't grijpen, aangezien deze de middelen niet bezit om te ontkomen, en binnen weinige jaren zal de vogelsoort uitgestorven zijn. In de natuur nu heeft men meermalen dergelijke verschijnselen opgemerkt: het zwakke sterft uit, waar het sterkere optreedt.

Verder is het opmerkelijk, dat een bepaald gemeenschappelijk kenmerk bij verschillende individuen van verwante soorten nu en dan optreedt, hetzij tijdelijk hetzij voor het geheele leven van het individu. Een voorbeeld daarvan leveren de strepen op beenen, schouders en rug bij de verschillende soorten van het geslacht paard (Equis), namelijk bij het paard, den ezel, den zebra, den quagga, den dauw, enz. Zeer waarschijnlijk wijzen dergelijke toevallige overeenkomsten op gemeenschappelijke afkomst.

Bovendien zij nog opgemerkt, dat we in de wordingsgeschiedenis der aarde overvloedig gelegenheid hebben gehad, om eene trapsgewijze ontwikkeling der organische wezens op te merken.

Ga nog eens na, hoe de organische wezens in de verschillende lagen daar op elkander volgen.

Ten laatste eindelijk wijzen we op een zeer groote overeenkomst tusschen dieren van schijnbaar zeer ver van elkander staande groepen. Nemen we bij voorbeeld een vogel en een zoogdier. Terwijl in het uitwendige zoowel als in de leefwijze weinig overeenkomst te bespeuren is, vertoont het geraamte ten duidelijkste sporen van groote verwantschap. De rudimentaire deelen, die men bij sommige dieren aantreft, kan men gemakkelijk verklaren, als men de ontwikkeling van de eene diersoort uit de andere aanneemt.

De waarschijnlijkheid, dat in de natuur eene voortschrijdende ontwikkeling heeft plaats gehad, blijkt ons dus:

1e uit de omstandigheid, dat daar, waar een soort overheerschend optreedt, ook de meeste aan haar verwante soorten voorkomen;

2e uit de zekerheid, die we hebben, dat de natuur dikwijls naar keuze te werk gaat;

3° uit het anders raadselachtig uitsterven van soorten;

4° uit het wisselvallig voorkomen van ondergeschikte gemeenschappelijke eigenschappen bij verwante soorten;

5° uit de ontwikkelingstrappen, die we bij de historische geologie hebben opgemerkt;

6° uit de verwantschap, die er nog tusschen verschillende ver van elkander staande soorten bestaat.

§ **356. Oorzaken der ontwikkeling.** Voor het voortdurend ontwikkelen van nieuwe soorten uit de oudere pleiten dus de mogelijkheid en de waarschijnlijkheid, terwijl daarenboven, zooals we reeds gezien hebben — Waar? — en nog meer zullen zien, uit die voortdurende ontwikkeling feiten zijn af te leiden, tot welks bestaan men ook langs andere wegen heeft moeten besluiten.

De middelen, waarover de natuur beschikt om haar levende voorwerpen tot hoogere ontwikkeling te brengen, kunnen we in twee groepen verdeelen. Ten eerste toch werkt de buitenwereld op de individuen in, veredelt de vermogens van het eene en doodt het minder ontwikkelde. Ten tweede erft het kind in meerdere of mindere mate de eigenschappen der ouders. In het eerste geval staat het individu strijdend tegenover de natuur, tegen den invloed van licht, lucht, voedsel, grond en tegenover gelijken van zijn geslacht of tegenover zijn vijanden; daarom behooren de eerste verschijnselen thuis bij eene nadere beschrijving van den strijd om het bestaan. De tweede reeks invloeden behooren tot die der overerving. De natuur voedt dus op door den strijd om het bestaan en door overerving.

§ **357. Vermeerdering van planten en dieren.** Zooals reeds gezegd is, kan alleen bij de evolutietheorie van een eigenlijke verspreiding der organische wezens sprake zijn, daar we alleen bij haar veronderstellen, dat eene soort slechts eenmaal is ontstaan en zich van uit haar geboortegrond over grootere oppervlakte heeft verspreid.

Voor we overgaan tot eene nadere beschouwing van het tegenwoordig voorkomen van de planten en dieren, willen we nagaan, in hoeverre hun vermeerderingsvermogen begrensd is en welke middelen zij bezitten om zich van de eene plaats naar de andere te begeven. In de eerste plaats moeten we dus den blik werpen op het vermeerderingsvermogen. Reeds Linnaeus heeft berekend, dat een eenjarige plant, welke slechts twee zaden tot rijpheid brengt, na 20 jaar eene nakomelingschap van ongeveer 20 millioen individuen zou bezitten, als ongehinderd van elk zaadje, weer een plant ontstond, die weder twee rijpe zaden gaf. Zulk eene onvruchtbare plant echter bestaat er niet; doorgaans worden er honderden en duizenden van zaden door eene enkele plant voortgebracht: de papaver, waaruit het opium bereid wordt, levert ongeveer 2000 zaden en één plant daarvan zou dus na 4 jaar reeds haar nakomelingen bij millioenen tellen. Gaan we meer naar de lagere planten, dan vinden we daar soorten, die in een dag millioenen nakomelingen geven. De olifant werpt van zijn dertigste tot zijn negentigste jaar slechts drie paar jongen

en toch kan een olifantenpaar na 500 jaar reeds eenige millioenen afstammelingen hebben. Het menschelijk geslacht heeft zich in een werelddeel in den tijd van 25 jaar verdubbeld en ging dit zoo voort dan zou er na weinige duizenden jaren geen plaats om te staan zijn voor alle nakomelingen. Bedenken we nu, dat de haringkuit 40000, de kuit van den karper 200000, die van den steur zelfs 2 tot 3 millioen eieren bevat, dan ziet men tot welk een ongehoord aantal de verschillende dieren zich zouden ontwikkelen, indien die ontwikkeling vrij kon plaats hebben. Bij de lagere diersoorten is het vermeerderingsvermogen even als bij de lagere planten nog veel grooter. Het bovenstaande doet ons duidelijk zien, dat er steeds een voldoende hoeveelheid individuen aanwezig is, om zich te verspreiden.

Dat in werkelijkheid deze enorme vermeerdering van aantal niet plaats heeft, vindt zijn oorzaak in den strijd om het bestaan, waarin vele individuen ten gronde gaan, maar ook vaak het vermeerderingsvermogen aanzienlijk verminderd wordt. Daardoor ontstaat er zoogenaamd evenwicht in de natuur. Tot voorbeeld daarvan diene het verhaal van Witewaal's tuin te Voorst (Salverda, pag. 67). Uit den vreemde nemen we het volgende voorbeeld. In Paraguay zijn paarden, honden en runderen niet verwilderd, ofschoon dit zoowel noordelijk als zuidelijk daarvan wel het geval is. Dit komt, omdat in Paraguay een soort vlieg haar eitjes in den navel der pasgeborenen legt en ze daardoor doet sterven. De vermeerdering van deze vliegen wordt belet door insectenetende vogels, wier aantal weer afhangt van het meer of minder voorkomen van roofvogels. Zoo belet de vermeerdering van de eene soort de vermeerdering van de andere.

Staat het aantal roofdieren nu ook in verband met het aantal verwilderde huisdieren?

Toch komen onder gunstige omstandigheden verwonderlijk rassche vermeerderingen van organische wezens werkelijk voor. Soms toch worden schadelijke insecten plotseling landplagen. Leisler verhaalt een zoodanig verschijnsel bij de processierups (Salverda blz. 77). De grootte kudden verwilderde paarden en runderen in Zuid-Amerika en zelfs reeds in Australië leveren een voorbeeld, dat de mogelijkheid van snelle vermeerdering ook bij grootere dieren niet alleen theoretisch waar is.

§ **358. Middelen, waardoor de organische wezens zich verspreiden.** De verspreiding van de organische wezens wordt in de eerste plaats mogelijk gemaakt, doordat zij de geschiktheid bezitten om zich van een bepaald punt in alle richtingen te verbreiden, tenzij physische toestanden, gebrek aan voedsel of de overige organische wezens hun dit beletten. In dezen zin is dus het verspreidingsvermogen onbegrensd. Nergens wordt eene woeste vlakte waargenomen, als er in de nabijheid planten of dieren worden aangetroffen, die haar konden bevolken. Bij de dieren valt deze onbegrensde geschiktheid om van plaats te veranderen en dus een grooter gebied in te nemen terstond in het oog; zij ligt hier dan ook in den bouw dier wezens

zelven; bij de planten ligt zij echter niet zoo voor de hand. Wij zullen ons eerst met de dierenwereld, daarna met de plantenwereld bezighouden.

§ 359 Middelen, waardoor de dieren zich verspreiden. Zooals we reeds opgemerkt hebben, beschikt de dierenwereld van nature over eenige dezer middelen. De dieren kunnen namelijk loopen, kruipen, zwemmen of vliegen m. a. w. zij zijn tot voortbeweging te land, te water of in de lucht geschikt. In korten tijd kunnen ze daardoor groote afstanden afleggen. Bovenaan staan, wat de bewegelijkheid aangaat, de vogels. Postduiven leggen vaak een afstand van 70 kilometer in een uur af, d. i. 2 decameter in eene seconde. En bij de snelheid komt dan vaak de onafgebrokenheid en onvermoeidheid, waarmede de reis wordt voortgezet. De fregatvogel zwerft dagen lang op zee en wordt in de keerkringsgewesten aangetroffen honderden mijlen van het land verwijderd. Daardoor zijn de vogels soms in staat groote zeevlakten over te trekken. Ook de visschen kunnen zich zeer ver verplaatsen, evenals de zee-zoogdieren. Verder vindt men ook vaak gevleugelde insecten op aanmerkelijke afstanden van de kust. De beweging van de landdieren, d. z. dezulke, die zich alleen langs den grond kunnen voortbewegen, is veel meer beperkt, van korteren duur en wordt spoediger door hindernissen volkomen belet. Toch worden ook door deze dikwijls groote tochten met goed gevolg ondernomen (rendier, ijsbeer, poolvos, lemming, enz.) en de langzaamste dieren kunnen in verloop van tijden groote afstanden afleggen.

Maar behalve deze tastbare middelen om zich te verspreiden, bedient de dierenwereld zich ook vaak van zoogenaamde vervoermiddelen. Zulke vervoermiddelen kunnen zeer verschillend zijn. Op groote ijsschotsen wordt de ijsbeer vaak naar streken gebracht, waarheen hij zelf niet zou kunnen trekken. Stormen brengen de luchtdieren d. z. dezulke, die zich boven de aardoppervlakte weten te verheffen, vaak mijlen ver buiten hun koers. Zeestroomen voeren boomstammen aan, waarop zich misschien enkele dieren hebben weten vast te klemmen. Merkwaardig is de wijze, waarop de zuigvisschen (Echeneis remora en E. naucrates) zich over groote afstanden laten medesleepen. Deze visschen hebben boven op den kop eene platte schijf, waarmede zij zich aan schepen vastzuigen. Door opstijgende luchtstroomen worden insecten tot in de hoogste streken van de Alpen gevoerd. In het stof van de lucht bevinden zich de kiemen van vele infusioren, raderdiertjes, enz., en door den golfslag worden de eieren van vele zeedieren heinde en verre heengevoerd.

De planten nemen bij hare verbreiding vaak de insecten, enz. mede, die op haar leven. Bij de verbreiding der kleinere dieren komen ook de grootere diersoorten als vervoermiddel in aanmerking. Cook vond op meer dan 1000 kilometer afstand van eenig land, toen hij een geschoten vogel nader onderzocht, twee kleine vliegen, die gewoonlijk in de bosschen leefden en blijkbaar met den vogel op het schip waren geraakt. Maar het meest komt deze wijze van verspreiding voor,

waar het geldt de parasieten. Zij volgen het lichaam, waarop zij leven, waarheen het ook moge gaan. Een dergelijke verbreiding heeft plaats, wanneer aan de pooten der moerasvogels de eieren van kikvorschen, enz. blijven kleven, wanneer met aardappelen uit Amerika, tevens de zoo gevreesde coloradokever naar ons werelddeel wordt overgebracht, enz. Ook de mensch vervoert vaak dieren zonder het te willen. Zoo bracht hij muizen en ratten over met de schepen, waarmede de eerste volkplanters naar eene nieuwe kolonie verhuisden; zoo volgde de kakkerlak (Blatta oriëntalis) het koren, dat uit Zuid-Europa over het midden en noorden van ons werelddeel werd gebracht. Op de opzettelijke verspreiding der huisdieren komen we later terug.

§ **360. Middelen, waardoor de planten zich verspreiden.** Bij de planten komt het geval, dat het individu in zich zelf de kracht heeft om zich te verspreiden, veel minder voor. Toch misschien niet zoo zelden, als men zou denken. Wel vallen de zaden door den loodrechten stand van den stengel, doorgaans niet ver van de oorspronkelijke plant af, maar in den bouw van vele planten ligt toch een middel tot uitbreiding van het eenmaal ingenomen gebied. In de eerste plaats wijzen we hier op enkele onkruiden, die zich door onderaardsche stengels of wortelstokken in ongelooflijk korten tijd door een geheelen akker kunnen verspreiden. Als voorbeeld diene het kweek (Triticum repens), een bijna niet te verdelgen onkruid. Andere wortelstokken vormen bollen en knollen, zooals de aardappel en de verschillende bolgewassen. Bij sommige planten ligt de stengel ter aarde en schieten de uitloopers of de takken hier en daar wortel, zooals bij de aardbei, enz. Doch ook op andere wijze kan een plant nog een natuurlijk middel bezitten om haar gebied te vergrooten. Het openspringen van de vruchtkluisjes bij de familie der Geraniaceën geschiedt met zulk een ruk, dat de zaadjes in het rond worden geslingerd. Evenzoo worden bij de lagere planten uit de sporenhouders de sporen wijd en zijd heengeworpen. Het merkwaardigst is in dit opzicht de zandkokerboom (Hura crepitans) in Tropisch Amerika. De vrucht van dezen boom bestaat uit 12—13 eenzadige hokjes, die, als ze rijp zijn, met een knal als van een schot uit elkander springen en de zaden ver weg werpen. Toch blijft deze in den bouw der planten gelegde geschiktheid om zich te verspreiden van geringe gevolgen. De grootste verbreiding geschiedt hier door vervoermiddelen en wel door lucht, water en dieren.

De wind verspreidt het zaad van de planten op aanmerkelijke afstanden. Sommige zaden zijn van vleugels of pluis voorzien om den luchtstroom het werk gemakkelijk te maken. We kennen allen de vleugelzaden van den eschdoorn (Acer), van den esch (Fraxinus), van den olm (Ulmus); de vruchtjes van eene menigte saâmhelmigen, waarop de achterblijvende kelk den dienst van vruchtpluis doet, de zaden van den wilg met hun waar vruchtpluis. Echter zou men den invloed van deze verspreidingsmiddelen spoedig overschatten; de ondervinding toch leert, dat de planten, die op

zoodanige wijze de lucht te gemoet komen, niet meer verbreid zijn dan andere, die dergelijke bijzondere deelen missen. Over verre afstanden worden door de lucht slechts miscropische planten of plantenzaden vervoerd. Eigenaardig is de invloed van den wind op eene kruisbloemige plant in het westen van Noord-Amerika, de Cycloloma platyphyllum of het springend onkruid. Deze plant bereikt eene aanzienlijke hoogte en is slechts door een dunnen stengel in den grond bevestigd. Zoodra zij volkomen ontwikkeld is, begint ze te verdrogen en neemt den vorm aan van een grooten bol, van soms een meter middellijn. Bij eenigszins sterken wind breekt de stengel af en de massa wordt een speelbal der luchtstroomen, rolt bij den minsten luchtdruk een eind weg, vliegt bij sterken wind met pijlsnelle vaart voort, springt als een kaatsbal omhoog en danst met groote sprongen over de vlakte. Ook in de steppen van Turkestan kan men dergelijke plantenballen aantreffen. Ze ontstaan daar door verdroging van in de steppen groeiende Caryophiliën en wel voornamelijk van een soort zeepkruid (Saponaria).

Het vervoer door den wind is aanmerkelijk minder dan dat door het stroomende water. Niet alleen vruchten en zaden maar ook geheele boomstammen worden door de rivieren medegevoerd en aan de zee overgeleverd, waar ze door den invloed der zeestroomen soms over den geheelen aardbodem worden verspreid. Zal dit eenig gevolg hebben, dan moeten natuurlijk de zaden tegen de inwerking van het zeewater bestand zijn. Door zeestroomen is bijvoorbeeld de kokospalm (Cocos nucifera) over al de eilanden van Australië verspreid. De noot van den zeekokos (Lodoicea Sechellarum) was lang bekend, voor men den boom had gezien. De kleine Keelingseilanden, tusschen Nieuw-Holland en Voor-Indië zeer afgezonderd gelegen, hebben, op grootendeels die wijze, eene flora verkregen van 20 plantensoorten, behoorende tot 19 geslachten en 16 familiën.

Wat dunkt u van deze verhouding tusschen soort, geslacht en familie?

De gewassen van de eilanden Sint-Helena en Ascension gelijken veel meer op die van het Kaapland dan op die van Tropisch-Afrika, wat zeer gemakkelijk door zeestroomen en winden te verklaren is. Zoo gelijken Tristan da Cunha en zelfs het Kerguelen-eiland, wat hunne flora aangaat, meer op Vuurland dan op eenig deel van Afrika en toch liggen beide veel dichter bij dit laatste.

Ga de zeestroomen en winden in dat gebied op de kaart nog eens na.

Dat ook anorganische stoffen tot de verbreiding van planten kunnen medewerken ondervond Bates aan de Beneden-Amazone. Hij zag daar eene groote menigte blokken puimsteen, die afkomstig waren van de vulkanen van den Andes en door de rivier in den Atlantischen Oceaan gedreven werden. Komen ze daar in 't bereik van den Aequatoriaal-stroom en nemen we aan, wat heel natuurlijk is, dat ze plantenzaden uit het gebergte bevatten, dan hebben we hier te doen met vaartuigen, die de plantenzaden op een bewonderenswaardig verren afstand brengen.

In de derde plaats treden de dieren op als verspreiders van de verschillende plantensoorten over een of ander gebied. Uit Salverda's Handleiding herinneren wij hier aan de lijsters, die het zaad der vruchten van kornoelje, hondskers, meidoorn, jeneverboom en duindoorn onverteerd weder uitwerpen en daardoor in onze duinen de natuurlijke verbreiders van deze planten zijn. Iets dergelijks komt ook in andere streken voor; ja het schijnt zelfs, dat sommige zaden na eene reis door het spijsverteringskanaal van een vogel gemakkelijker ontkiemen. Bovendien nemen de vogels aan hun pooten vaak zaden mede. Darwin deelt een geval mede, waarbij men uit de aarde, die aan den poot van een patrijs was blijven kleven, niet minder dan 82 verschillende plantensoorten zag ontluiken. Evenals aan de pooten, kunnen de zaden ook tusschen de vederen, aan den bek des vogels, aan de haren en tusschen de teenen der zoogdieren medegevoerd worden. Ook de mensch dient vaak onwillekeurig als vervoermiddel. Met zijne schepen bracht hij het onkruid naar de Nieuwe Wereld. Zelfs treft men die onkruiden nog aan, waar de volkplanters reeds lang ten onder zijn gegaan. Zoo vindt men in Groenland, in de streken, waar vroeger koloniën waren, nog tegenwoordig de vogelwikke (Vicia Cracca), en de groote weegbree (Plantago major) wordt in Noord-Amerika door de Indianen in hun beeldrijke taal »de voetstap der blanken" genaamd, en niet geheel ten onrechte. Op de opzettelijke wijziging door de menschen in de verspreiding der cultuurplanten gebracht, komen we later terug.

§ **361. Resumé.** Vatten we het voorgaande samen, dan krijgen we het volgende overzicht van de Middelen ter verspreiding:

A. bij de dieren:
   a. ten gevolge van de geschiktheid der dieren zelve, die hierbij actief optreden:
      1. loopen,
      2. vliegen,
      3. zwemmen;
   b. door vervoermiddelen (passieve verbreiding):
      1. toevallige
         . door doode lichamen: door den wind, door zeestroomen (eieren van visschen), op ijsschotsen, op stukken hout, enz.
         .. door de planten,
         ... door de dieren, vooral door den mensch;
      2. opzettelijke
         . door den mensch.

B. bij de planten:
   a. ten gevolge van de geschiktheid der planten zelve, die echter passief optreden: wortelstokken, het wegslingeren der zaden, enz.
   b. door vervoermiddelen (passieve verbreiding):

1. toevallig:
   . lucht: zaden met vleugels of pluis;
   .. water: zeestroomen, rivieren; dikwijls nog een vaartuig, zijnde een boomstam, een stuk puimsteen, enz.
   ... de dieren, vooral vruchtenetende vogels, maar ook den mensch;
2. opzettelijk: den mensch.

§ **362. Beperking der verspreiding.** Bij deze verspreiding wordt zoowel het dier als de plant met een groot aantal gevaren bedreigd, waardoor natuurlijk de onbegrensde vermeerdering zeer wordt tegengegaan, ook al treden geen locale hindernissen in den weg en is het terrein niet reeds door andere organische wezens ingenomen, die de ontwikkeling van den nieuweling beletten. We weten bijvoorbeeld, dat eene menigte zoogdieren, vogels, enz. op gezette tijden van woonplaats veranderen. Op hunnen tocht kunnen ze met allerlei onheilen te kampen hebben. De wind kan hen beletten verder te trekken of hen geheel uit den koers drijven, de koude kan hen plotseling overvallen en vele van hen dooden; droogte of overvloed van vocht en gebrek aan voedsel kan de troep decimeeren. Bovendien maakt de roofvogel jacht op den zwerm of stelt de mensch zich op den te volgen weg om er eenige te dooden. Een groot aantal kwartels en snippen komt bij stormweer in de Middellandsche Zee om en een groote menigte eetbare trekvogels worden op hun reis door de bewoners van de landen van Zuid-Europa gevangen. Bovendien is ook het passieve transport aan vele gevaren onderhevig. De natuur werkt hier slechts zonder regel aan de verbreiding mede. Lucht, water en andere vervoermiddelen volgen vaak geheel andere richtingen, dan voor de medegevoerde levende voorwerpen wenschelijk is. De vruchten, door den wind medegenomen of door den stroom voortgedreven, zijn vaak onrijp. Het zeewater vernietigt dikwijls de kiemkracht, vandaar dat op de Gallapagos-eilanden wel hagedissen, maar geen kikvorschen en padden voorkomen. De kalkschaal van de eieren der hagedissen houdt de inwerking van het zeewater langer tegen. De zeestroom drijft den palmboom soms naar de poolstreken, maar daar kan hij niet tot ontwikkeling komen. Zoodoende gaan er vele planten, plantenzaden, dieren en diereneieren verloren.

Een tweede beperking der verspreiding is gelegen in locale hindernissen. Daaronder verstaan we belemmeringen, veroorzaakt door den vorm der landmassa, door de gesteldheid van den bodem, door ongunstig klimaat, enz. Een zeeëngte, hoe smal ook, is een onoverkomelijke hinderpaal voor planten en voor de over het land zich verspreidende dieren. Ierland heeft daardoor minder dieren dan Engeland en dat weer minder dan 't vastland van Midden-Europa. Geen plant is in historischen tijd door middel van de lucht, van het water of van de dierenwereld van Frankrijk naar Engeland, van Calabrië naar Sicilië overgestoken.

Omgekeerd is eene scheiding tusschen twee watergebieden ook een scheiding

tusschen de dieren, die in beide voorkomen. Zoo is de vischfauna van den Donau een andere dan die van de Elbe. Watervallen scheiden soms twee verschillende fauna's in 't zelfde stroomgebied. Hooge gebergten scheiden zelfs volksstammen.

Kunt ge hier wel voorbeelden van opnoemen?

Zijn over 't algemeen gebieden door onoverschrijdbare grenzen bepaald, binnen die grenzen is de gansche oppervlakte evenwel niet door eenzelfde gewas of eenzelfde diersoort ingenomen, maar komen beide meer in afgezonderde groepen dáár voor, waar zij onder de meest gunstige omstandigheden verkeeren, vooral in vergelijking met de hen omringende dieren- en plantenwereld.

Want een derde beperking ligt hierin, dat er tusschen de voorwerpen van de organische wereld onderling aanhoudende strijd wordt gevoerd (de strijd om 't bestaan) om een plaats machtig te worden en te behouden. In dezen strijd gaat de zwakkere ten gronde. Zoo roeit de natuur onophoudelijk dat minder krachtige uit. Op sommige plaatsen is deze vernietiging duidelijk te bemerken. De Maori verklaart zeker niet ten onrechte: »gelijk de rat van den blanke den inheemschen rat verdreven heeft, verdrijft de Europeesche vlieg de onze. De ingevoerde klaver roeit onze varens uit, zoo zal ook de Maori voor den blanke moeten wijken."

De verbreiding van organismen wordt dus aanzienlijk beperkt:

1. **door groote gevaren bij 't vervoer,**
2. **door locale hindernissen en**
3. **door de mededinging der overige planten en dieren.**

II. VERBREIDING DER PLANTEN IN HET ALGEMEEN.

§ **363. Belang van het Plantenrijk.** Het plantenrijk wint het in belang van het dierenrijk, want niet alleen zijn de dieren er in hun bestaan van afhankelijk, maar de mensch zelfs is in dit opzicht niet boven de dieren verheven: beide ontleenen grootendeels hun voedsel aan het plantenrijk. (Ook de verscheurende dieren?)

Nog in een ander opzicht is de plantenwereld van grooten invloed op het bestaan der dierenwereld. Bij dag toch (vooral wanneer zij aan het zonnelicht zijn blootgesteld) ademen de planten zuurstof (»levenslucht") uit, daar ze de opgenomen koolzuur ontbinden, de koolstof opnemen en de zuurstof vrijlaten. Wouden vooral, maar alle planten toch eenigszins, zijn daardoor luchtreinigers: zij nemen het doodende koolzuur weg en geven er levenslucht voor in de plaats. Vandaar dat een beroemd botanist (wel iets overdreven) zegt: Ware onze aarde zonder plantenkleed, dan kon de mensch niet leven en de dierenwereld over 't algemeen niet bestaan.

Daarom is het gelukkig, dat zoo'n klein gedeelte van de aardoppervlakte van planten ontbloot is. In het begroeide gedeelte werkt dat plantenkleed mede om het voorkomen van het landschap te bepalen, evenzeer als de vorm en de wateren.

Men kan het plantenkleed, dat eene streek bedekt, uit tweeërlei oogpunten beschouwen. Is de grond geheel en al met planten bedekt, zoodat er geen plaatsje overblijft, waar nog gewassen zouden kunnen groeien, dat verheugt zich die streek in een overvloedigen plantengroei. Maar al deze planten kunnen van dezelfde soort zijn en in dat geval zou de plantengroei wel overvloedig maar de flora van de streek zeer arm zijn. Een rijke flora heerscht daar waar een groot aantal plantensoorten voorkomen. De plantengroei is dus rijk of arm, naar het aantal individuen; de flora naar het aantal verschillende soorten. Nieuw-Zeeland bezit bijvoorbeeld een overvloedigen plantengroei maar eene arme flora, in de Voor-Aziatische steppen is de plantengroei arm, de flora daarentegen rijk.

§ **364. De invloed van het klimaat op den plantengroei.** In het vorige hoofdstuk hebben we dikwijls moeten wijzen op de verschillende invloeden waarvan de organische wezen op aarde zijn blootgesteld; we zullen nu meer in het bijzonder nagaan, welke invloeden op de planten inwerken. Die invloeden kan men brengen tot drie afdeelingen, namelijk tot

die van het klimaat,
die van den bodem
en historische invloeden.

Beginnen we met het klimaat. De factoren van het klimaat, die voornamelijk op de plantenwereld inwerken, zijn licht, warmte en neerslag. De eerste hangt af van den zonneschijn, de beide laatste zijn, zooals we gezien hebben, de resultaten van eene menigte factoren. Bij den neerslag moet vooraf opgemerkt worden, dat zoowel de hoeveelheid als de verdeeling daarvan over de verschillende jaargetijden in aanmerking komt.

a. **Invloed van het licht.** De zonneschijn is voor de ontwikkeling der planten van grooter gewicht dan voor de dieren. Dit blijkt reeds dadelijk hieruit, dat men in holen, grotten en spelonken, over 't algemeen op plaatsen, waar 't zonnelicht nooit kan doordringen, alleen planten van de laagste klassen, maar dieren zelfs van hoogere klassen aantreft. Het licht is dan ook in zooverre eene levensbehoefte voor de plant, als onder zijn invloed de opneming en de ontleding van het koolzuur plaats vindt, waarvan de uitademing der zuurstof een gevolg is. De groene kleur der planten ontstaat door de werking van het licht, daar de ontwikkeling van bladgroen (chlorophyl) er van afhangt. Zonder licht ontstaan alleen chlorophylvrije plantendeelen.

Zijn u ook voorbeelden bekend, dat een gewoonlijk groen plantendeel door gebrek aan licht zijne kleur verliest?

Het zetmeel ontstaat onder den invloed van dezen factor; voor de ontwikkeling der bloemen is hij een eerste vereischte, daarom klimt de slingerplant in het tropische woud tot de kruinen der hoogste palmen. De bladeren zijn gewichtige voedingsorganen der plant, maar zullen zij hunne functie naar den eisch verrichten, dan moeten zij aan het licht zijn blootgesteld.

Het licht brengt verder het verschijnsel der heliotropie te weeg, d. i. het zich keeren naar de lichtbron of het zich daarvan afwenden (positieve en negatieve heliotropie). In tuinen, bij kamerplanten, enz. kan men dit verschijnsel zeer duidelijk waarnemen.

De behoefte aan licht is bij de verschillende planten zeer uiteenloopend: eenige verkiezen den fellen zonneschijn, andere geven den voorkeur aan de schaduw. Echter moet opgemerkt worden, dat gebrek aan licht gedurende een geruimen tijd nog geenszins eene absolute grens stelt aan het plantenleven, daar het alleen tijdens den groeitijd voor het individu noodzakelijk is. De nacht is echter in meerdere of mindere mate een tijd van rust voor de plantenwereld. Aangezien nu geen deel der oppervlakte onzer aarde absoluut van licht verstoken is, vormt het licht dus ook geen besliste factor voor de begrenzing der planten.

b. **Invloed der warmte.** Van veel grooter belang dan het licht is de warmte. Deze schijnt zelfs zoo beslissend op de plantenwereld in te werken, dat men geneigd zou zijn haar als de hoofdoorzaak te beschouwen van de verbreiding der planten.

De behoefte aan warmte voor elke soort is zeer verschillend. Niet alleen geldt dit voor de gemiddelde temperatuur, benoodigd in de ontwikkelingsphasen, maar ook voor den tijd, gedurende welken eene zekere mate van warmte aan het individu moet worden medegedeeld; m. a. w. zoowel de temperatuur als de hoeveelheid warmte in het geheel zijn van invloed. Het ontkiemen van zaden en sporen, het ontwaken van planten, vooral boomen, uit den winterslaap geschiedt alleen dan, als de lucht eene bepaalde temperatuur bereikt heeft; ook het ontstaan van bloemen, het stuiven der helmknoppen, het rijpen der vrucht is daarvan afhankelijk.

> Dat de hoeveelheid warmte van belang is, kan men afleiden uit de omstandigheid, dat men daardoor de ontwikkeling eener plant kan bespoedigen en vertragen. Is namelijk eene bepaalde hoeveelheid warmte noodig om den bloei te doen intreden, dan kan men door kunstmatige verhooging der temperatuur, die hoeveelheid in minder tijd doen ontstaan, dan in de natuur zou geschieden. Daardoor is de plantengroei in de broeikassen dien in de vrije lucht steeds vooruit. Daardoor kan er een groot onderscheid in bloeitijd zijn tusschen twee planten van dezelfde soort, waarvan de eene op eene beschutte, warme plaats, de andere daarentegen niet onder zulke gunstige omstandigheden geplantst is.

Natuurlijk kan een plant niet daar gedijen, waar de som van de meegedeelde warmte niet voldoende is om de zaden tot rijpheid te brengen, of waar die som wel zou bereikt worden, doch de afzonderlijke temperaturen te laag blijven. Evenzoo is het noodzakelijk, dat de temperatuur niet te laag daalt. Door de koude toch kunnen de planten vernietigd worden. We zien dus, dat voor de ontwikkeling eener plantensoort noodig is,

1. dat de temperatuur tot eene bepaalde hoogte stijgt,
2. dat eene bepaalde hoeveelheid warmte wordt medegedeeld en
3. dat de temperatuur niet onder een bepaald punt daalt.

Daar de warmte nu met de toenemende breedte en hoogte eener plaats afneemt kan men in beide richtingen n. l. van den aequator naar de pool en van de zeeoppervlakte tot den bergtop eenige, klimatisch zeer verschillende, gordels onder-

scheiden, waarvan het verschil zich voornamelijk in de planten- en ook eenigszins in de dierenwereld, afspiegelt. Er moet echter op gewezen worden, dat de warmte niet de eenige factor bij de verbreiding der planten is en men hier dus te doen heeft met eene indeeling, die wel een overzicht geven kan, maar die zeer voorzichtig dient toegepast te worden. De verschillende afdeelingen naar de breedte noemen wij z o n e n, daar ze hier worden voorgesteld als rondom de geheele aarde te loopen; die naar de hoogte geven we in navolging van een onzer beste leerboeken den naam van p l a n t e n l a g e n. De volgende tabel geeft een

Vergelijkend overzicht der plantenzonen en plantenlagen.

Plantenlagen	Hoogte boven den zeespiegel.	Gem. temperatuur naar Humboldt.	Sneeuwgebied. Kryptogamen.	Alpenkruiden.	Alpenstruiken.	Naaldboomen.	Bladwisselende loofboomen.	Altijdgroene loofboomen.	Myrten en Laurieren.	Varens en vijgen	Palmen en Bataten
IX	boven 5000 M	+ 1°,5									
VIII	5000 tot 4400	4°,5									
VII	4400 tot 3800	8°,5									
VI	3800 tot 3000	13°									
V	3000 tot 2500	16°									
IV	2500 tot 1900	19°									
III	1900 tot 1200	21°									
II	1200 tot 600	24°									
I	beneden 600 M	27°,5									

Plantenzonen.	Aequatoriaal gordel.	Keerkringsgordel.	Subtropische gordel.	Warmgematigde g.	Koudgematigde g.	Subarctische gordel.	Arctische gordel.	Poolgordel.	Circumpolair gordel.
Breedtegraden.	0—15	15—23	23—34	34—45	45—58	58—66	66—72	72—82	82—90
Gem. jaarl. temp. naar Dove.	28½—26	26—24	24—18	18—10	10—0	0—-6	-6—-10	-10—-15	-15—-17
Gem. temp. tijdens den groeitijd.	28—26	26—21	21—17	17—8	8—6	6—4	4—2	2—1	1—-1

Uit deze tabel blijkt ten duidelijkste, dat het niet aangaat, de opeenvolging der plantensoorten, zooals de natuur ons die van den aequator tot de pool en van den voet eens berg tot den top te zien geeft, aan de warmte alleen toe te schrijven. Om dit te kunnen doen, moest er meer gelijkheid bestaan in de temperaturen van die gordels en die lagen, waarin dezelfde soort van planten voorkomt. En deze gelijkheid ontbreekt. In de zevende laag is de gemiddelde temperatuur 8°,5, terwijl zij in den arctischen gordel gedurende den groeitijd slechts 4° — 2° bedraagt.

Echter levert de tabel het middel, om den plantengroei van een streek of op een gebergte eenigszins bij benadering te bepalen, wanneer men de breedte dier streek of van dat gebergte weet.

Het noordelijk gedeelte der Zwitsersche Alpen ligt bijvoorbeeld op 47° N.B. Aan den voet bevinden we ons dus in den koudgematigden gordel. We ontmoeten er volgens de tabel boomen, die in het najaar hun bladeren verliezen. En zoodanige treffen we aan tot 1200 meter hoogte, waarboven het naaldhout voorkomt, dat tot 1900 meter hoogte stijgt; verder reiken alpenstruiken tot 2500 meter, tot 3000 alpenkruiden en boven 3000 meter treffen we er de sneeuw en ijswereld aan. Weet men nu, dat de zilverspar (Abiës alba) in het noordelijk gedeelte van Zwitserland tot 1800 meter stijgt, dat de ahorn tot 800 meter hoogte opklimt, terwijl tusschen 1300 en 1800 meter naaldhout voorkomt, dan bemerkt men, dat onze tabel vrij wel een juist beeld heeft gegeven.

Ga nu na, hoe het in dit opzicht gesteld zal zijn met den Harz en vergelijk uw bevinding met het feit, dat de zilverspar er tot 1040 meter hoogte voorkomt. Al sluiten bovenstaande uitkomsten vrij wel met de werkelijkheid, toch is de warmte niet de eenige factor bij de verbreiding der gewassen. Daarom vormen ook de isothermen geen bepaalde plantengrenzen en bovendien kunnen de gewassen uit koudere streken doorgaans zeer goed eenigen overvloed van warmte verdragen, zoodat de isothermen moeielijk een aequatorialgrens kunnen vaststellen.

c. **De invloed van den neerslag.** In de derde plaats oefent het klimaat zijn invloed uit door de meerdere of mindere hoeveelheid neerslag, die het aan eene bepaalde streek schenkt. De plant toch heeft water noodig als voedsel, maar bovendien moeten de in den bodem aanwezige voedingsstoffen eerst in water worden opgenomen, om haar tot nut te kunnen strekken. Niet alleen is de hoeveelheid regen hier van belang, maar ook de grootere of geringere vochtigheidstoestand van den atmospheer. In een droog klimaat zal de opgenomen hoeveelheid water immers spoediger verdampen dan in een doorgaans vochtige lucht. Om den nadeeligen invloed van eene zeer droge lucht tegen te gaan, zijn sommige planten op de meest uiteenloopende wijzen gewapend. Bij de eucalypten van Australië is het blad, het eigenlijke verdampingsorgaan, zoo geplaatst, dat het zijn oppervlakte niet naar de zon toekeert. Bij enkele planten zijn de bladeren zeer klein of met haren en schubben bedekt; weer andere hebben dikke vleeschachtige (zooals de cactus) of leerachtige bladeren (zooals

eene menigte boomen van Zuid-Europa). Zelfs zijn er planten, waar de bladontwikkeling bijna geheel onderdrukt is, zooals bij de casuarinen in Australië. De zeer kleine blaadjes bij onze brem (Sarothamnus scoparius Koch of Spartium scoparium L) laten zich zeer gemakkelijk in verband brengen met de droge streken, waar deze plant groeit. De afscheiding van harsen en vluchtige oliën gaat evenzeer de verdamping tegen. Al zijn genoemde planten nu eigenaardig toegerust om in drogere streken te tieren, toch komen ze ook niet zelden in meer vochtige voor. De cactusfamilie, die in de woestijnen van de Nieuwe Wereld zoo overheerschend optreedt, komt ook voor in de vochtige oerwouden van Zuid-Amerika. Evenmin zijn de op cactussen gelijkende euphorbia alleen tot de droge streken van Australië beperkt. In het Teraïwoud aan den voet van den Himalaya tiert de varen naast de aloë en toch kon de eerste dienen als type van eene plant, die overvloed van vocht noodig heeft, terwijl de laatste voor eene kan gelden, die de grootste droogte weet te doorstaan.

Zooals reeds gezegd is, is ook de verdeeling van den neerslag over de verschillende jaargetijden van grooten invloed. Vooral in Europa kan men dit zeer goed bemerken. Het kon den grondvesters der natuurkundige aardrijkskunde niet ontgaan zijn, dat in Europa op ongeveer 45° N.B. bijna plotseling het plantenkleed geheel verandert. Von Humboldt schreef dit toe aan de snelle verandering in de jaarlijksche temperatuur. Hiertegen pleit echter, dat aan de westkust van Engeland, waar geen druif meer tot rijpheid komt, nog myrten, camelia's en oranjeboomen in de vrije natuur overwinteren. Toch verschuift de mildheid van den Engelschen winter geenszins de grenzen van de altijd-groene loofboomen en struiken: in Zuid-Europa treden geheel andere vormen op dan in Midden-Europa. De Midden-Europeesche worden in het zuiden van ons werelddeel soms met den grootsten zorg gekweekt. Zoo zag Peschel als een groote merkwaardigheid in een der prachtigste tuinen te Genua een vijfjarigen, gewonen lindeboom te midden van allerlei uitheemsche planten. De tuinman was trotsch op dien éénen boom: linden kwamen daar nooit tot zulk een ouderdom! Bij Genève komt nog een enkele beuk voor, maar geen beukenwoud en in Milaan komt geen beuk meer voor. De oorzaak daarvan is hierin gelegen, dat in Zuid-Europa de neerslag gedurende den winter valt en de zomer regenloos is. Bij ons kan ook in den zomer in een week of drie geen druppel water vallen en daaronder lijden onze loofboomen reeds veel, zooals ieder weet, maar onder den Italiaanschen hemel zou geen onzer boomen een droogte van een maand overleven.

Waar lang droogte heerscht, komen steppen voor. In Noord-Rusland valt wel weinig regen, maar die hoeveelheid is verdeeld over alle jaargetijden en vandaar dat zich van de Oostzee tot het Oeralisch gebergte een dichte woudgordel uitstrekt.

Evenzeer als gebrek aan neerslag een plant kan dooden, kan te overvloedige drenking paal en perk aan de uitbreiding stellen.

d. **Het klimaat in het algemeen.** In het algemeen heeft het klimaat een grooten

invloed op den levensduur der planten. Door de laatste onderzoekingen is gebleken, dat een gelijkmatig klimaat het leven verlengt, dat er in zulk een klimaat weinig eenjarige planten voorkomen en het aantal boomen toeneemt; op de Sandwichseilanden en op St. Helena komen houtachtige gewassen voor uit familiën, die in andere streken slechts door kruiden en struiken vertegenwoordigd zijn. In den aequatoriaalgordel ontbreken de eenjarige planten; in den keerkringsgordel komen ze weinig voor (waarschijnlijk ook hierdoor, dat de bodem te zeer door andere planten is ingenomen). In den gematigden gordel vindt men er veel meer.

Ook komen in het zeeklimaat betrekkelijk veel meer eenzaadlobbige planten voor dan in het vastlandsklimaat. De volgende tabel geeft daarvan een overzicht:

Op Jamaïca	100	eenz.	tegen	194	tweez.,	op	het	nabijzijnde	vastland	onder	gelijke	breedte	1 : 4.
» St. Helena	100	»	»	103	»	»	»	»	»	»	»	»	1 : 4
» Tristan da Cunha	100	»	»	49	»	»	»	»	»	»	»	»	1 : 3.

Waar de klimatologische toestanden periodiek wisselen, verandert het plantenkleed met het jaargetijde. Gedurende de winterkoude der hoogere en gemiddelde breedten en gedurende den drogen tijd in de subtropische en tropische streken — Hoe ontstaat die droge tijd in die streken? — ligt de plantenwereld in een soort van winterslaap. Toch maken enkele gewassen hierop eene uitzondering, die onverklaarbaar moet schijnen. De olijfboom bijvoorbeeld ontplooit reeds zijn knoppen als de winter de bladeren het meest bedreigt en in Venezuela en Brazilië botten vele boomen voor 't begin van den regentijd uit.

§ **365. Invloed van den bodem.** Dat de bodem van invloed is op den plantengroei, kunnen we in ons vaderland op vele plaatsen opmerken. Rogge komt voornamelijk voor op den ontgonnen zandgrond, tarwe bijna uitsluitend op klei. In Twente verbouwt men alleen daar tarwe, waar de zandgrond met leem is vermengd. Bloembollen tieren welig op de geestgronden van Uitgeest tot Endegeest, maar op de zandgronden van de Veluwe zou men te vergeefs moeite aanwenden om ze te cultiveeren. Gaan we buiten ons vaderland, dan vinden we hetzelfde verschijnsel. Dezelfde altijd-groene boomen en struiken komen in Zuid-Frankrijk, Italië, Griekenland en Klein-Azië op een kalkachtigen bodem voor, terwijl de kustplanten van het Middellandsche-zeegebied op den bodem der steppe gevonden worden, waar deze zoutdeelen bevat. Vooral in bergachtige streken, waar de grondsoorten in een klein gebied zeer veel afwisseling kunnen vertoonen, neemt men de verschillende invloeden het duidelijkste waar. De alpen-anemone of brockenbloem (Anemone alpina) komt wit en geel voor; maar de witte in de Alpen alleen op kalk, de gele op leemachtige gesteenten. De gewimperde alpenroos (Rhodéndron hirsutum L) tiert evenzoo slechts op kalk en de roestkleurige alpenroos (R. ferruginéum) meer op kristallijnen leigesteenten.

Het is trouwens natuurlijk, dat de bodem grooten invloed uitoefent, daar een

groot gedeelte van het voedsel door de plant uit den grond wordt verkregen. We hebben er reeds op gewezen, dat alle voedsel uit den bodem in water moet worden opgelost, aleer de wortels het kunnen opnemen; daarenboven is ook het al of niet doorlaten van warmte van belang. De bodem oefent dus invloed uit door zijne chemische en door zijne physische eigenschappen. In het eerste opzicht komen natuurlijk de bestanddeelen in aanmerking; in het tweede opzicht de geschiktheid om het water en de warmte door te laten of tegen te houden. Op den kalkbodem en op den zandbodem wassen die planten, welke de droogte verkiezen boven aanhoudende vochtigheid; op een leemachtigen grond juist de andere. De physische geaardheid van den bodem schijnt van grooter invloed te zijn, dan de chemische.

§ **366. Historische invloeden.** Bij de tegenwoordige verdeeling der planten over de aardoppervlakte komt nu verder nog in aanmerking de hoogte, waartoe elke plant in hare voortgaande verovering van groeiplaatsen het op het oogenblik heeft gebracht. Er zijn soorten, die zich pas over de aardoppervlakte beginnen uit te breiden, andere zullen reeds een aanmerkelijk gebied beslaan, weer andere zullen op haar toppunt van verovering gekomen zijn, terwijl er ook gevonden worden, die hoe langer hoe meer gebied verliezen en nog slechts voorkomen in enkele ver van elkander verwijderde gedeelten van haar voormalig gebied en ten laatste kent men er, die thans uitgestorven zijn. Die, welke hare verovering pas beginnen, zullen op eene zeer beperkte oppervlakte aangetroffen worden. Een van deze soort meent men te zien in een klokje (Campanula excisa), dat aan den Simplon een kleine ruimte beslaat. Een voorbeeld van eene plant, die zich in de laatste eeuwen een zeer groot gebied heeft veroverd, vindt men in de Canadasche fijnstraal (Erigeron canadensis). In 1655 werd zij voor het eerst in de tuinen te Blois aangetroffen, in 1674 was zij reeds in Zuid-Europa inheemsch, zoodat het wel eenigszins verwondering kan baren, dat Linnaeus als verbreidingsgebied in 1763 slechts Amerika en Zuid-Europa aangeeft. De plant behoort tot de compositen, de kelkzoom vormt een haarkroon op gelijke wijze als bij de paardebloem. Daardoor nam de wind een werkzaam aandeel in hare verbreiding —

Ga de middelen, waardoor de planten zich verspreiden, nog eens na —

zoodat haar gebied zich nu uitstrekt van Europa's westkust tot in het hart van Azie en van de Middellandsche tot over de Oostzee. Planten, die thans een zeer groot gebied beslaan, hebben niet altijd zoo uitgestrekte oppervlakten bewoond. En waarschijnlijk zal dat gebied hier en daar weldra door andere individuen ingenomen worden. Dan houdt de vroegere plantensoort zich staande in enkele zeer begunstigde deelen van de vroegere woonplaats. Toen in Europa tijdens de Tertiaire Periode nog een gelijkmatig klimaat heerschte, was ons werelddeel door een plantenkleed bedekt, dat van noord tot zuid weinig verschil vertoonde. Tijdens het eerste gedeelte van de

Quartaire Periode, toen sneeuw en ijs ons werelddeel had overtogen, waren deze planten verdwenen en door andere vervangen, die tegen de koude bestand waren. Bij het zachter worden van het klimaat trokken deze laatste individuen zich òf naar het noorden òf naar het hooge gebergte terug, terwijl de vlakte bezet werd door de nieuwere soorten, welker afstammelingen we er nu nog aantreffen. Zoo vindt men in de Tertiaire formatie van het Vancouver-eiland houtgewassen, die tegenwoordig in Japan en in de Zuid-Atlantische staten van Noord-Amerika voorkomen. Thans worden er van de 26 soorten van den Californischen reuzenden nog slechts twee in Californië en Oregon aangetroffen, de overige zijn uitgestorven. In dat bekende geslacht hebben we dus een voorbeeld van een in verval geraakte plantensoort. Trouwens in de historische geologie hebben we genoeg voorbeelden aangetroffen van een dergelijk lot en we zien dus, dat in de plantengeschiedenis even als in de geschiedenis der menschen de onverbiddelijke wet van komen, bloeien en gaan staat geschreven. Zeer waarschijnlijk heeft daarbij de verandering, die de aarde in achtereenvolgende eeuwen, ten opzichte van klimaat, enz. heeft ondergaan, een grooten invloed gehad, ten minste als we de herkomst van onze tegenwoordige plantenwereld in den grijzen voortijd mogen zoeken. En dit zal wel noodzakelijk zijn, daar anders menig verschijnsel in de verbreiding der planten niet kan verklaard worden.

Men kan bijvoorbeeld uit de tegenwoordige toestanden niet verklaren, dat de Japansche en Chineesche eiken en naaldboomen zooveel van de Noord-Aziatische verschillen, dat op de zuidelijke punt van Afrika een geheel eigenaardige flora op een betrekkelijk zeer klein gebied voorkomt, dat er zulk een verschil bestaat tusschen de flora van West-Australië en die van het oostelijk gedeelte van dat vastland, dat er zoo groote overeenkomst bestaat tusschen de arctische flora en de flora in het hooggebergte, enz.

§ 367. Flora en fauna der eilanden. In § 172 hebben we er op gewezen, dat de flora en de fauna der eilanden een middel aanboden om de oorspronkelijke eilanden van de vastlands-eilanden te onderscheiden. We kunnen dat nu eenigszins nader verklaren. Stellen we ons een eiland voor, dat kort geleden uit den Oceaan is omhoog geheven. Daar zal totaal gebrek heerschen aan landdieren en landplanten. Verkeert het onder gunstige omstandigheden, dan zal de zee weldra eenige zaden, misschien eenige geheele planten aanvoeren, maar toch zal elke aanvoer geheel en al van het toeval afhangen en dus de plantenschat van zoodanig eiland armoedig blijven, hoewel zij steeds vermeerdert. Wordt daarentegen een gedeelte van het vastland tot een eiland vervormd, dan bevinden zich daarop aanvankelijk alle planten en dieren, die op het vastland in de nabijheid voorkwamen. Daar echter de overgang tot eiland verandering in klimaat en in grootte tengevolge heeft, sterven enkele soorten in verloop van tijd uit.

Dat de verandering in grootte invloed op den rijkdom der organische wereld heeft, vereischt eenige nadere verklaring. Al is een organisch individu in eene landstreek inheemsch, dan kunnen

er toch tijden voorkomen, waarin de levensomstandigheden daar te ongunstig worden. Dan moet het zich kunnen terugtrekken in voldoende schuilplaatsen en hoe kleiner het gebied is, des te grooter is de kans, dat deze wijkplaatsen onvoldoende zijn. Is dit het geval, dan sterft op een eiland de bedreigde soort uit; op het grootere vastland heeft zij zich in bedoelde schuilplaatsen teruggetrokken en keert later over het geheele gebied terug; maar op het eiland is terugkeering onmogelijk.

Een voorbeeld van verarming aan planten en dieren door afscheuring van het vastland levert ons Ierland ten opzichte van Groot-Brittanië: op het eerste ontbreken de haas, de eekhoorn, de marmot, de marter en de mol, die nog op het laatste voorkomen, wat een gevolg der latere afscheiding is.

Oorspronkelijke eilanden zijn dus aanvankelijk zonder dieren of planten en worden er hoe langer hoe rijker aan; vastlandseilanden waren er aanvankelijk rijk aan en worden in dit opzicht hoe langer hoe armer. Er kan dus een oogenblik komen, dat beide even rijk bedeeld zijn met organische wezens. Maar dan nog is er een groot verschil. Het vastlandseiland herbergt dieren en planten van het nabijgelegen vastland, het oorspronkelijke eiland bezit een mengelmoes, dat het meest overeenkomt met de streek, vanwaar wind en zeestroomen komen.

Op het eiland verkeert de organische wereld onder eenigszins andere omstandigheden, dan op het vastland. Daardoor kunnen na vele jaren eenige veranderingen in den vorm der individuen ontstaan, zoodat nieuwe soorten gevormd worden. Komen dus de soorten van het vastlandseiland geheel overeen met die van het nabijgelegen vastland, dan is dit een teeken, dat de afscheiding nog niet lang geleden heeft plaats gehad. Zijn de soorten eenigszins afgeweken, dan is het eiland reeds langen tijd zelfstandig. Zoo leert de organische wereld der eilanden ons tevens iets aangaande den tijd van afscheiding. Nog op eene andere wijze is dit het geval. Een eiland kan ook dienen om een dier- of plantensoort te bewaren, die op het vastland reeds is uitgestorven.

Australië is, zooals we weten, de bakermat der buideldieren. In de overige werelddeelen zijn deze nagenoeg uitgestorven. Hieruit kan men besluiten, dat Australië nog met Azië verbonden was, toen de aardoppervlakte met zulke dieren was bevolkt. Daar zijn ze bezweken, hetzij door 't klimaat hetzij door de aanvallen van later ontstane vormen, die niet in Nieuw-Holland doordrongen, omdat dit toen reeds afgescheiden was. Dergelijke op eilanden door de afzondering bewaard gebleven vormen noemt men wel eens levende fossielen.

We besluiten deze mededeeling met eene opmerking over de fauna van de kleine Soenda-eilanden, naar aanleiding der onderzoekingen van Wallace. Hij kent 63 vogels van Lombok, 86 van Flores en 118 van Timor, te zamen 188 vogelsoorten. Al deze soorten worden òf op Java en òf in Australië vertegenwoordigd door gelijke of nauw verwante vormen: geen der genoemde eilanden bezit dus een eigen geslacht; maar 82 soorten komen alleen op genoemde eilanden voor. Daaruit besluit men, dat zij op zijn minst reeds lang zelfstandig bestaan. Eigenaardig is de verhouding van Javaanschen en Australischen invloed op de drie genoemde eilanden, die uit de volgende tabel blijkt:

	Lombok.		Flores.		Timor.		In 't geheel.	
Javaansche soorten.	33	te zamen	23	te zamen	11	te zamen	36	te zamen
Nauw met Jav. soorten verwant	1	34	5	28	6	17	11	47
Australische soorten.	4	te zamen	5	te zamen	10	te zamen	13	te zamen
Nauw met Austr. soorten verwant	3	7	9	14	25	35	35	48

Men ziet, hoe de Javaansche invloed naar 't oosten geringer, de Australische grooter wordt.

Ga na, hoe men uit de verbreiding der groote dieren (apen, tijger, pauw, rhinoceros, tapir en olifant) tot den vroegeren samenhang der Groote Soenda-eilanden onderling en met Azië kan besluiten. Komt de diepte der zee hiermee overeen of niet?

III. PLANTENZONEN.

§ 368. Hoofdplantenzonen. In § 355 hebben we een tabel gegeven van de verdeeling der aardoppervlakte in plantenzonen en plantenlagen. We hadden daar tevens gelegenheid op te merken, dat men aan de hand van een dergelijke tabel, bij benadering ook den plantengroei van eene streek naar de hoogte kan bepalen.

Hoe was dit ook alweer bij de Alpen in het noordelijk deel van Zwitserland?

Brengen we echter deze zonen in kaart, dan zal het ons dadelijk opvallen, dat we ook mis kunnen tasten. De zuidelijkste punt van Europa ligt op ongeveer 36° N.B. Vergelijken we nu de breedte van Europa met de gegeven grenzen der gordels op de tabel, dan komen we tot het besluit, dat de Subtropische zone haar gebied niet uitstrekt over ons werelddeel. Uit onze aardrijkskundige leerboeken weten we maar al te goed, dat zij dit wel doet, dat myrten en laurieren ook als kenmerkende planten voorkomen in het zuiden van ons werelddeel.

Welke waren de kenmerken van de Subtropische zone bij de klimaatverdeeling? Waardoor ontstonden die kenmerkende eigenschappen?

Dit tegenstrijdige van de gegeven tabel met de werkelijkheid kan ons geenszins verwonderen, wanneer wij in het oog houden, dat de warmte niet alleen van de breedte eener plaats afhangt, maar dat op het verloop der isothermen nog eene menigte andere verschijnselen hun invloed doen gelden. Ware dit niet het geval, dan zouden de lijnen van gelijke warmte evenwijdig loopen met de parallellen, nu doen ze dat niet. Dan zouden ook de plantenzonen, daar de warmte toch altijd de hoofdfactor blijft, door de parallellen begrensd worden, nu is het beter ze door de isothermen te begrenzen, al valt ook op te merken, dat de planten zich in hare verspreiding dikwijls niet aan het verloop dezer lijnen storen.

Denk hierbij aan het kaartje van de grenzen van eenige houtgewassen in Europa, aan wat van den beuk en den eik is medegedeeld. Een voorbeeld, hoe weinig de temperatuur vaak beslist, is het volgende: op het Deensche schiereiland kwam vroeger alleen naaldhout, thans echter alleen loofhout voor. De wijnstok strekte zich vroeger in Europa verder naar het noorden uit, toen vond men hem nog in Zuid-Engeland en in Noord-Frankrijk.

We moeten echter opmerken, dat **bij eene verdeeling der aarde in hoofdzonen men zich niet moet richten naar het al of niet bestaan van eene bepaalde plant, maar wel naar het eigenaardig voorkomen, dat de aarde door haar plantenkleed verkrijgt. En dan is in de eerste plaats het al of niet voorkomen van boomen van gewicht.** Maar bij deze boomen onderscheidt zich een bepaalde groep, die het landschap een geheel anderen aanblik schenkt, dan de andere boomen en die over eene groote uitgestrektheid voorkomt, n. l. de groep der palmen. Daarenboven vormt deze plantensoort de hoofdgroep onder de boomen van het tropisch klimaat. We verdeelen daarom de aardoppervlakte in de volgende hoofdplantenzonen:

1. **de tropische zone,** in hoofdzaak ingesloten door de poolgrenzen der palmen,
2. **de gematigde zonen,** tusschen de poolgrenzen der palmen en de poolgrens van den boomgroei en
3. **de poolzonen** zonder boomgroei.

Kaartje XVI geeft een overzicht van deze verdeeling. Daarop zijn tevens de isothermen aangebracht, waarnaar men getracht heeft eene betere verdeeling van de aardoppervlakte in warmtezonen te geven en waarvan in § 40 gesproken is.

§ **369. Tropische plantenzone.** Monocotyle loofboomen, die op een onvertakten stam een reusachtige bladrozet dragen, en onder deze weder de palmen, komen het meest in deze zone voor. We nemen als poolgrenzen in hoofdzaak die van de verbreiding der palmen aan, welke grootendeels samenvallen met de jaarisotherme van 20° C., zooals uit de kaart te zien is. Gaan we deze grenzen iets naauwkeuriger na. In de Nieuwe Wereld komen palmen voor tot op 36° N.B., in de Oude tot 43°,7 (bij Nizza). In Zuid-Amerika ligt de uiterste grens op 38°, in Afrika op 34°, in Australië op 35° Z.B. Nog verder van den aequator verwijdert ze zich ervan op Nieuw-Zeeland. Oostelijk daarvan bereiken de palmen op het Pitt-eiland hunne grootste breedte, namelijk 44° Z.B. Opmerkelijk is het, dat zij noch op de Galapagos-eilanden, noch op St. Helena voorkomen.

De isotherme van 20° C. maakte aan de zuidwestzijden der werelddeelen ook een bocht naar den evenaar. Waardoor ontstond die bocht? Zouden de oorzaken van die buiging en van die van de grens der palmen ook met elkander in verband staan?

Aan de antarctische grens blijven deze palmen met hooge stammen begiftigd en treft men over 't algemeen van 3 tot 20 verschillende soorten aan. Daar is de grens dan ook vrij scherp afgebakend. Aan de arctische grens daarentegen wordt de boom hoe langer hoe dwergachtiger en beloopt het aantal soorten 1—3. Zuid-Europa bezit slechts twee soorten: de dadelpalm en de dwergpalm. Deze laatste is een zuivere dwergvorm aan de grenzen van het verbreidingsgebied. Wel komt er bijvoorbeeld in Zuid-Europa nog eene variatie met een hoogeren stam voor, maar, waar de palmvorm met uitsluiting van elken anderen plantengroei het voorkomen van het landschap bepaalt, daar vindt men alleen weinige voeten boven de aardoppervlakte zich

verheffende bladrozetten, die uit den wortel schijnen voort te komen. Bovendien is de dadelpalm, die wel een hoogen stam bezit, in Europa slechts cultuurplant, aangezien ze op de meeste plaatsen hare vruchten niet tot volkomen rijpheid brengt. Bij den Himalaya wordt ook in het noordelijk halfrond eene scherpe grens gevormd. Ten noorden toch van dit gebergte ontbreekt deze plantenvorm, ten zuiden ervan treedt de palmenfamilie in al haren overvloed op.

Bij de verbreiding van de organische wezens in het algemeen (Zie § 355) hebben we er op gewezen, dat het aantal soorten naar de grenzen van het gebied afnam. Deze wet komt bij de bedoelde familie ten duidelijkste uit, zooals uit de volgende tabel blijkt:

Oostelijk halfrond.						Westelijk halfrond.	
Westzijde.			Oostzijde.				
Middellandsche-zeegebied	1	soort	Zuid-Japan	1	soort	Bermudas-eiland	1 soort
Sahara en Voor-Azië	3	soorten	Zuid-China	11	soorten	Prairieën	3 soorten
Tropische Afrika	17—11	soorten	Voor-Indië	50	soorten	Zuid-oost Ver. Staten	6 soorten
Madagaskar	10	soorten	Achter-Indië	70	soorten	Mejico	80 soorten
Zuid-Afrika	2	soorten	Insulinde	200	soorten	West-Indië	40 soorten
			Westelijk Australië	19	soorten	Zuid-Amerika	
			Oost-Australië	6	soorten	t. N. v. d. aequator	90 soorten
			Nieuw-Zeeland	1	soort	Amazonegebied	180 soorten
						Tropische Andes	70 soorten
						Brazilië (Zuid)	90 soorten
						Noord-Pampa's	6 soorten
						Chili	2 soorten

De grootste verscheidenheid heerscht dus in onzen Indischen archipel en in het Amazonegebied, dus onder den aequator. Hierbij zou het verwondering kunnen baren, dat Afrika zoo armzalig bedeeld is. Maar we moeten niet vergeten, dat Afrika grootendeels een hoogland is en het klimaat daar met dat van de beide genoemde gebieden een groot contrast vormt: de palm bemint het vochtige laagland, slechts enkele soorten stijgen aanmerkelijk boven de zeeoppervlakte. In de tropische Andes van Nieuw-Granada stijgt de bijna 60 meter hooge waspalm tusschen eike- en noteboomen tot 2800 meter hoogte, maar dit is eene uitzondering.

De vorm van den palm is zeer karakteristiek: doorgaans heeft de boom een ongeveer 50 meter hoogen stam, aan welks top een rozet van reusachtige bladeren voorkomt. Dwergvormen komen, zooals we gezien hebben, aan de grenzen van het gebied voor en worden onder den aequator ook op hooge gebergten aangetroffen. Men kan de palmen de naaldboomen der tropische landen noemen. Zij gelijken namelijk op onze dennen, wanneer die gezellig voorkomen en alle takken langs den stam hebben verloren, zoodat alleen de top takken en bladeren draagt. Natuurlijk moet in het oog gehouden worden, dat de overeenkomst overigens vrij gezocht is. Enkele palmsoorten komen als slingerplanten voor en missen dus den stevigen stam. Een zoodanige is de rotan of rotting (Calamus draco), die ook in onze Oost-Indische bezittingen gevonden wordt. De van 370—550 meter lange stam met stekelige, gevederde bladeren bezet, omslingert andere boomen, klimt er langs omhoog en maakt de wonden ondoordringbaar. Een palm met gevorkten stam komt in Afrika voor, namelijk de koepelpalm (Hyphaene Thebaica). Over 't algemeen bereiken de palmen hoogstens eene hoogte van 60 meter. De bladerkroon is vaak van eene bewonderenswaardige grootte; men heeft bij de waaierpalmen bladeren aangetroffen van ruim 3 meter middellijn en bij

de vederpalmen van 15 meter lengte. De Manicaria Saccifera, die in de moerassen aan de Beneden-Amazone voorkomt, draagt de grootste bladen; hunne lengte bedraagt 8—10, hunne breedte 1,5—2 meter; de stam is echter maar 3—5 meter hoog. De bloemen van den palm komen doorgaans voor in een vertakte of samengestelde bloemkolf, die gewoonlijk $1^1/_2$ meter lang is, maar ook dikwijls eene lengte van 8 meter bereikt.

Haar hoogste waarde bezit de familie der palmen echter niet in den onvergelijkelijk schoonen aanblik, dien ze aan het landschap verschaft, maar in het groote nut, dat de mensch van haar trekt. 't Is gemakkelijker op te noemen, wat van den boom niet gebruikt wordt, dan wat de mensch wel tot zijn nut heeft weten aan te wenden. Geheele volken voeden zich met de vruchten van den dadelpalm en van den kokospalm. Gaan we den eerste meer in bijzonderheden na. De vruchten staan, wat voedingswaarde aangaat, bovenaan in de lijst der spijzen, die de mensch aan het plantenrijk ontleent. Zij kunnen zoowel gedroogd, als gekookt en ongekookt worden gegeten. Het vleezig gedeelte der jonge bladspillen is eetbaar en hoog gewaardeerd als middel tegen scheurbuik. Het vleesch van een jonge bladknop is voldoende om zes menschen te voeden. Dadels leveren ook een uitstekend voedsel voor de huisdieren. De zaadkernen worden eerst in water geweekt en dan tot een grof meel gemalen, waarna ze door kameelen en runderen met smaak worden genuttigd. Geen deel van den boom wordt als nutteloos weggeworpen. Van de haarachtige vezels aan de oppervlakte des stams vlecht men korven en matten en van de bladspillen grover mandewerk; de Aethiopiërs maakten er zelfs hunne bogen van. De bladeren worden gebruikt tot het dekken der daken of als vulsel bij het maken van de wanden der ruwe hutten. De vaatbundels der bladscheeden kunnen tot touw en zeildoek verwerkt worden en de stam zelf doet dienst als paal bij 't bouwen der woningen. Als men den stam onder een nieuw ontspruitende bladknop doorboort, kan men daar, drie tot vier maanden lang, dagelijks ongeveer vier liter van een melkachtige vloeistof aftappen, die een lievelingsdrank der Arabieren is. Een soort van wijn bereidt men uit het vocht, waarin men dadels te weeken heeft gelegd. Een goede Arabische huisvrouw kan een maand lang haar echtgenoot elken dag een ander gerecht voorzetten, dat uit dadels bereid is, op zoo verschillende wijze laat zich de vrucht voordienen. Daarenboven bevatten deze vruchten meer voedsel dan het drievoudig gewicht aan brood en verteren gemakkelijker. Een enkele boom draagt soms 300 kilogram vrucht.

Niet minder van belang is de kokospalm en de sagopalm. Het zou ons te ver voeren, elken palm in al zijn nut voor te stellen. We bepalen ons er daarom toe, te doen zien, met hoe weinig moeite een dergelijke overvloed soms verkregen wordt en kiezen daartoe den sagopalm. Van dezen boom gebruikt men, zooals bekend is, het merg. Maar dit merg wordt slechts door een zeer dunnen houtcilinder omgeven, zoodat bijna de geheele stam voedingsstof bevat en één boom gemakkelijk 900 ℔ sago oplevert. Bakt men er sagobroodjes van, dan gaat er heel wat gewicht verloren en verkrijgt men ongeveer 600 ℔ brood. Daaraan heeft één mensch bijna een jaar voldoende voedsel. Twee mannen kunnen op hun gemak in vijf dagen den boom vellen en het merg uit den stam verwijderen en twee vrouwen kunnen in de volgende vijf dagen het meel bereiden en tot broodjes verbakken. We hebben hier dus de verhouding, dat slechts 20 werkdagen noodig zijn om een hoeveelheid voedsel te verschaffen voldoende voor 360 dagen, met andere woorden: als een man of vrouw één dag werkt, kan hij of zij 17 dagen rusten of zich gedurende dien tijd wijden aan andere zaken.

Hoe zou deze verhouding op den mensch werken? Kunt ge verklaren, dat Wallace zegt: «de overvloed van voedingsstoffen in deze streek is eerder een vloek, dan een zegen. Bij de sago-eters vindt men de grootste ellende, de slechtste huizen, de schamelste kleeding?" Is de armoede van onze plantenwereld een zegen of een vloek?

Voor we van de familie der palmen afstappen, geven we in 't algemeen een overzicht van het nut dezer boomen:

1. De stammen worden gebruikt als balken en masten voor schepen;
2. de jonge bladknoppen worden gegeten als palmkool,

3. de bladnerven dienen voor weefsels en vlechtwerk;
4. de bladeren bedekken de daken en dienen tot verpakking;
5. de vruchten leveren voedsel en olie;
6. het merg dient als sago;
7. het sap wordt zoo gedronken of tot palmwijn bereid; ook maakt men er suiker van.

Bovendien maakt het zaad van den betel-, pinang- of arecapalm een noodzakelijk bestanddeel uit van de betelpruim (bladeren van de sirih- of betelplant, noot van den pinang, gambierkoekje, tabak en kalk).

§ **370. Andere tropische karakterplanten.** Behalve de palmen vindt men in de tropische zone nog eene menigte karakteristieke plantenvormen. We noemen het geslacht Musa, waartoe de Pisang of Banaan behoort.

De kruidachtige stam van dit gewas bereikt eene lengte van 6—8 meter, is bijna uitsluitend gevormd door vast in elkander gedraaide bladschijven en sterft af, zoo spoedig de vrucht rijp is. De overblijvende wortel ontspruit dan op nieuw. Aan den top des stams bevindt zich een bladrozet en een ruim een meter lange bloemtros, waardoor de boom den palmvorm verkrijgt. Duizenden personen in den heeten luchtstreek leven van niets anders dan van de vruchten van dezen boom. De vruchten gelijken in smaak een weinig op vijgen, van daar dat de boom ook wel Indische vijgeboom genoemd wordt, wat tot verwarring aanleiding kan geven. De plant vereischt niet den minsten zorg en de vruchten blijven zeer lang goed. Daarbij geeft eene zelfde vlakte met tarwe bezaaid slechts $^1/_{133}$, en met aardappelen $^1/_{44}$ maal zooveel voedingsstof. Het nut resumeeren we als volgt:

1. de vruchten worden rauw en toebereid gegeten;
2. het water, waarin zij afgekookt zijn, wordt als dagelijksche drank gebruikt;
3. de toppen van de bloemkolven en der jonge spruiten leveren eene soort groente;
4. de 3—4 M. lange bladeren dienen tot zonneschermen en bij 't verpakken,
5. de nerven der bladeren tot weefsels,
6. de vrucht en het sap als geneesmiddel.

De boom kwam vroeger alleen in de Oude Wereld, thans ook in de Nieuwe voor.

Van beperkter verbreiding is de Broodboom, daar hij slechts van Insulinde oostwaarts op de Polynesische eilandenwereld voorkomt. Maar juist op deze plantenarme eilanden is hij van 't grootste nut.

Zijn ronde vruchten worden 3—4 pond zwaar; men snijdt ze in schijven en roostert of droogt ze. Gedroogd blijven ze 't gansche jaar goed. Eenigen zorg vereischt deze boom evenmin als de vorige en drie broodboomen zijn voldoende om een mensch een geheel jaar te voeden.

In de tropische luchtstreek is het aantal boomen, die eetbare vruchten opleveren, ontzettend groot.

Om het eigenaardig aanzien, dat ze aan het landschap bijzetten, zijn merkwaardig die boomvormen, welke eene menigte luchtwortels bezitten. De ware Indische vijgeboom (Ficus indica) levert ons dit verschijnsel in den meest grootschen vorm.

Van de takken begeven zich de luchtwortels loodrecht naar omlaag. De hoofdstam van dezen boom is zwak, ja hij zal bijna altijd op andere boomen ontkiemen, deze met zijn luchtwortels omslingeren en te gronde richten. Zoo spoedig de takken zelf gesteund worden, breidt de kruin zich in horizontale richting onbegrensd uit: elke nieuwe tak krijgt een nieuwen steun. Deze vijgeboomen worden ook wel met den naam van Banianen aangeduid. De Hindoe vereert ze als het symbool

van de onuitputtelijke natuurkracht; uit één stam kan een gansch woud ontstaan, dat op niets dan luchtwortels rust. Men verwarre niet den Pisang of Indischen vijgeboom of Banaan met den Ficus indica of Baniaan of waren Indischen vijgeboom.

Luchtwortels bezitten ook de Pandanus, waar ze echter onder aan den stam ontspruiten en overigens veel op den palm gelijkt. Hij komt veel aan moerassige kusten voor. De Rhizophoren, Mangrove- of Wortelboomen onderscheiden zich daardoor van de banianen, dat de luchtwortels niet uit de takken maar uit de daaraan hangende vruchten ontspruiten. Later scheiden zich de nieuwe individuen dan gemakkelijk van den moederstam af. De stam wordt even als bij de Pandanen gedragen door luchtwortels. Een tweede overeenkomst bestaat hierin, dat het vochtige zeestrand of de moerassige rivieroever ook de woonplaats der wortelboomen is. Daar breiden ze zich allerwege uit en bevorderen in hooge mate de aanslibbing.

Bij geen familie valt de werkzaamheid van den plantengroei in tropische streken duidelijker in het oog, dan bij die der grassen. Terwijl onze grasplanten eene geringe hoogte bezitten, treedt daar een vorm op, het bamboes, waarvan de holle stam aan het benedeneinde 15 cM. diameter heeft en soms eene hoogte van 40 meter bereikt. In Zuid-Azië komt het overvloedig voor, in Zuid-Amerika minder en in Afrika schijnt het geheel te ontbreken. Waar het veelvuldig gevonden wordt, weten de inwoners er op allerhande wijzen partij van te trekken. De stevigheid, lichtheid, gladheid, rechtheid, rondheid, holheid, buigzaamheid, het gemak en de regelmatigheid, waarmede hij gespleten kan worden, de eindelooze verscheidenheid in grootte, de afwisselende lengte der leden en een aantal eigenschappen meer maken den bamboesstengel onontbeerlijk. De Dajak splijt den stengel om er vloeren en slaapplaatsen mede te beleggen of bouwt er in ongeloofelijk korten tijd zijn huis van. Ontmoet hij op zijn bergpad een kloof, geen nood zoo er bamboes in de nabijheid is: daaruit vervaardigt hij in korten tijd een hangende brug over den afgrond. Wil hij een palmboom beklimmen, dan drijft hij puntige bamboespennen van afstand tot afstand in den stam en klautert omhoog. Van de dunne buitenbast maakt hij manden. Waterleidingen legt hij van bamboes aan. In bamboesleden haalt zijne vrouw water, daarin bewaart zij de visch, de suiker, de azijn, den honig, de gezouten vruchten, enz. Zonder bamboes kan men zich geen Dajaksch huishouden denken.

Een andere reus uit de plantenwereld is de Drakenboom, die ook den palmvorm bezit. De beroemde drakenboom bij Orotova op Teneriffe, die in 1868 door een storm vernield werd, had een middellijn van 4 en eene hoogte van 20 meter; zijn ouderdom werd geschat op 6000 jaar. Uit den stam van den boom vloeit van zelf maar nog meer door insnijdingen een bruinrood harsachtig vocht, dat gedroogd en fijn gemaakt het drakenbloed oplevert, dat tot tandpoeder, tandtinctuur en bij 't lakken gebezigd wordt.

Ook de draken-rotan lever een soort drakenbloed.

Zelfs de familie der varens neemt in tropische gewesten den palmvorm aan: de boomvaren wordt 6—10, ja soms 15—18 meter hoog. Evenzoo de Ricinus, die bij ons in tuinen maar $2^1/_2$ meter, in Indië echter wel viermaal zoo hoog wordt en de in de geneeskunde bekende Ricinus-olie oplevert.

Uit dit alles moet men niet besluiten, dat de grootste boomen in de tropische hoofdzone voorkomen, daar exemplaren van meer dan 120 meter hoogte, zooals de Californische reuzenden en de Australische eucalypten hier niet gevonden worden; wat omvang van den stam aangaat kunnen alleen de Afrikaansche apenbroodboom en de West-Indische wolboom zich met de reuzenboomen van Californië en Australië meten. De eerste toch, ook wel Baobab genaamd, is de grootste aller boomen. Zijn stam is 6—8 meter in doorsnede, de hoogte 20—25 meter, de takken bereiken eene

lengte van ruim 20 meter en de bladerkroon heeft eene doorsnede van 40—50 meter. De tweede is meer dan 30 meter hoog; zijn kroon is zoo uitgebreid, dat 1000 personen in de schaduw ervan kunnen vertoeven en uit zijn stam vervaardigt men kano's, waarin 180 personen plaats kunnen vinden. Sommige plantendeelen ontwikkelen zich in de tropische gewesten op kolossale wijze. Van de enorme bladeren der palmen is reeds gesproken, van de vruchttrossen der pisangboomen evenzeer. De bladen van de Victoria regia die allerwege op de Amazone en hare bijrivieren drijven, hebben een middellijn van bijna 2 meter; vergelijk daarbij onze Nympha's eens. De bloem van de Rafflesia Arnoldi op Sumatra bezit een diameter van een Nederlandsche el en weegt 10 ℔; zij schijnt de grootste bloem der wereld te zijn.

§ **371. Karakter van den tropischen plantengroei.** Wanneer de mensch voor 't eerst van zijn leven deze enorme ontwikkeling van het plantenrijk gadeslaat, dan is de indruk voor hem overweldigend. Wat niet anders dan groot en kolossaal is, schijnt hem schoon. Het warrelt hem bij den aanblik van zooveel verschillende vormen, bont door elkander geplaatst, op de geringe ruimte, die zijn blik kan omvatten. Maar bij langdurig verblijf wordt zijn oordeel over al dat schoone gewijzigd. Te vergeefs zoekt hij afwisseling in het geheel; geen tijd van 't jaar, waarin het woud zich anders heeft uitgedost, dan toen hij 't voor 't eerst betrad, 't is altijd zooals te voren: een zee van groen. Hij haakt er naar, tusschen al dat groene een bloem op te merken, maar deze bevinden zich hoog boven zijn oog, aan de oppervlakte van den bladeroceaan, zoekende het licht der zon. Vandaar, dat het woud wel grootsch is en indrukwekkend als de woestijn, dat het den mensch zijn nietigheid doet gevoelen als de eindelooze oceaan, maar vandaar ook, dat het eentonig is als de woestijn en een volkomen beeld vormt van het tropische klimaat, waar één factor slechts afwisseling vertoont, de neerslag, maar de warmte altijd gelijk blijft.

§ **372. De gematigde hoofdzone.** Deze zone wordt begrensd aan de arctische poolzijde door de Juli-isotherme van 10° C., die nagenoeg samenvalt met de boomgrens. Aan de aequatoriaalzijde breidt zij zich uit tot de jaarisotherme van 20° C. Aan deze laatste grens heeft eene vermenging plaats van planten uit de beide zonen; die uit de tropische vindt men er doorgaans in dwergachtigen vorm. Bamboes komt bijvoorbeeld nog in geheel China voor. Een tropischen aanblik verschaft ons ook de tulpenboom, die zich tot Canada uitbreidt. Agaven en cactusplanten dringen eveneens ver naar 't noorden door.

Naar de soort van boomen, die men in de noordelijke gematigde zone aantreft, kan men haar verdeelen in:

1. de zone der altijd-groene loofboomen;
2. de zone der bladwisselende boomen;
3. de zone der naaldboomen.

In de eerste komen altijd-groene tweezaadlobbige boomen kenmerkend voor, zoover de wintertemperatuur mild is en geen bodemverheffingen de koude doen toenemen.

In Europa bereiken zij hunne hoogste breedte bij Görz (46°); in het oosten van Azië komen altijd-groene eiken slechts tot 36° voor, maar aangeplant vindt men ze ook nog op Nipon. In de Nieuwe Wereld ligt de poolgrens in Oregon op 47°, in Kentucky op 36½° en aan de oostkust van Amerika op 37° N.B. Het verloop is dus parallel aan de Januari-isothermen. Altijd-groene struiken reiken verder naar 't noorden, bijzonder ver in het gelijkmatige, warme zeeklimaat aan de westkust van Europa. Zoo is bijvoorbeeld het aschgrauwe heidekruid (Erica cinerea) van Portugal tot aan de Faroër en Bergen in Zweden (62°) verbreid, in ons land komt het o. a. bij Maastricht voor, in Duitschland wordt het nog bij Bonn gevonden, maar verder landwaarts strekt het zich niet uit. De buks of het palmboompje, dat ons op Paschen den zoogenaamden palm verschaft, komt in West-Europa, Zuid-Europa, in China en Japan en op de gebergten van Midden- en Centraal-Azië, zoowel als in de daaraanwezige steppen voor, zoodat deze struik (Buxus sempervirens) een altijd-groene band om de Oude Wereld slingert.

Daarop volgt de zone van bladwisselende loofboomen. In Westelijk-Europa ligt hare poolgrens op 60°, in Oost-Europa op 56°, in Siberië daalt zij tot 48°, maar rijst in Kamsjatka weer tot 60° N.B.

Ten noorden hiervan breidt zich tot aan de woudgrenzen de zone der naaldboomen uit.

Wat het zuidelijk halfrond betreft, moet opgemerkt worden, dat de boomgroei zich daar uitstrekt tot aan de spitsen der landmassa's, die niet over de poolgrens van de altijdgroene boomen reiken.

§ **373. Onbeslistheid der grenzen.** Ofschoon we voor de verschillende zonen eene bepaalde grens hebben opgegeven, is er niets minder beslist dan juist deze grens. De beoefenaar der natuurlijke historie heeft meermalen de bewering gelezen, dat de natuur geen sprongen maakt en zoo is het hier ook weder. De kenmerkende hoofdvormen nemen bij het uittreden uit eene zone langzamerhand in overwicht af, de kenmerkende hoofdvormen uit de aangrenzende zone nemen toe. Zoo komen te midden van de tropische luchtstreek, te midden van palmen en bananen ook bladwisselende boomen voor; aan ons is vooral bekend de op Java groeiende djati-boom, welke in Juli zijn bladeren begint te verliezen en dan tot Maart of April zonder eenigen bladertooi is. Te meer vormt hij een scherp contrast met den hem omringenden plantengroei, daar onder hem geen struiken tieren; we hebben hier dus voor 't grootste gedeelte van 't jaar een kale plek te midden van de overvloedigste plantenwereld en grillig steken de dorre takken tegen den zonnigen hemel af. Ook de sykomoresvijg, die den ouden Egyptenaren het hout leverde voor de kisten der mummiën, is een bladwisselende boom. Evenzoo komt naaldhout voor tot aan den aequator, niet alleen op hooge bergen maar ook in de vlakte. Zoo tiert eene soort van den (Pinus Merkusii) in het zuiden van Borneo;

ook treft men hier en daar, vooral in Oost-Java, casuarinen aan en in Brazilië vindt men een araucaria. Maar geenszins bepalen zij ook maar ten deele het karakter van het landschap. Te midden van bladwisselende en altijdgroene loofboomen komen in Zuid-Europa ook naaldboomen voor en wel bijzondere vormen als de cypres, de ceder, eene soort den, enz. Zelfs aan de poolgrenzen van den boomgroei vindt men niet overheerschend de naaldboomen. Daar treedt, zooals we zien zullen, wel in een dwergvorm, maar daarom toch niet minder overheerschend, de berk op en verschuift de poolgrens van den boomgroei nog een paar graden poolwaarts.

§ **374. Arctische boomgrens.** In 't algemeen volgt de poolgrens van den boomgroei de Juli-isotherme van 10°. Wij zeggen in 't algemeen, want ofschoon aan de poolzijde van deze warmtelijn de groeitijd te kort wordt om het tieren van hooger houtgewas toe te laten, komt in beschutte dalen ver noordelijker nog boomgroei voor. Het verst naar 't noorden dringt het woud in het dal van de Chatanga in het Taymir-schiereiland, daar bereikt het eene breedte van 72½°. Koude zeewinden zijn nadeelig voor den boomgroei, vandaar dat de kusten van de Beringszee boomloos zijn. De bocht, die de grens in Labrador naar den aequator maakt, staat in verband met de ijsstroomen, die uit de Baffinsbaai naar den Atlantischen oceaan drijven.

Kunt ge ook zeggen, waarmede de poolwaartsche bocht in Noorwegen en aan de weskust van Noord-Amerika in verband staan? Tusschen hoeveel graden slingert zich de poolgrens?

Te midden van de toendra's treft men in Siberië nog kleinere groepen van boomen aan, benevens enkele wortels van groote boomen, bewijzen dus, dat het woud zich wel eens verder poolwaarts heeft uitgestrekt. Natuurlijk is op de grenzen dikwijls een enkele slechte zomer of een enkele strenge winter van beslissenden invloed en heeft het woud daarna weder jaren werk, om zich uit te breiden tot de lijn, die het in gewone omstandigheden kan bereiken. Daarom kan men uit die afzonderlijke woudenclaven en die boomwortels te midden der toendra's niet tot een achteruitgang van het klimaat besluiten. Op de verbreiding van het woud heeft ook de mensch grooten invloed. IJsland moet indertijd berkenwouden hebben bezeten, die door de bewoners zijn uitgeroeid. Boomen, die tot een groep zijn vereenigd, beschutten elkander; heeft de mensch er eenmaal een bres in gemaakt, of heeft de storm er een verwoestenden inval in gedaan, dan hebben de overblijvende zooveel te meer te lijden.

Antarctische boomgrens. Er is reeds gezegd, dat de zuidelijke spitsen der vastlanden niet eens tot in de zone van de bladwisselende boomen reiken, veel minder komen ze dus tot aan de poolgrens van den boomgroei. Deze zullen we dus op de eilanden moeten zoeken. En hier ontmoeten we de grootste tegenstellingen. In Zuid-Amerika komen tot op 55° Z.B. nog altijd-groene loofboomen overheerschend voor. Amsterdam en Tristan da Cunha bezitten nog woud, maar het eiland

St. Paul, dat onmiddellijk ten zuiden van het eerste ligt, is boomloos, en op Nieuw-Zeeland komen de palmen tot 44° Z.B. voor.

Het schijnbaar zoo eenvormige zuidelijk halfrond geeft ons dus een voorbeeld, dat de poolzone op sommige plaatsen nog dichter bij den aequator ligt dan de uiterste grenzen van de palmenwereld.

Maak een vergelijking tusschen de noordelijke en de zuidelijke boomgrens. Ook eene tusschen de gematigde zone op het noordelijk en die op het zuidelijk halfrond. Waar ontbreekt de zone van het naaldhout en die van de bladwisselende boomen? Welke onnauwkeurigheden hebben we dus ontdekt in de tabel van § 354? Komt het noordelijk of het zuidelijk halfrond het meest deze tabel nabij? Op welke breedte liggen St. Paul en Amsterdam?

§ **375. Poolzonen.** We hebben gezien, dat in het zuidelijk halfrond op de tropische plantenwereld spoedig de grens van het woudgebied volgt. Bovendien strekt zich aan de poolzijde van deze grens de plantengroei niet ver uit, te meer daar de hoeveelheid land zeer gering wordt en slechts uit verstrooide eilanden bestaat.

Welke eilanden liggen er op het zuidelijk halfrond buiten het woudgebied?

Op Zuid-Georgië (54° Z.B.) vond Cook de zuidelijkste struik, op de Zuid-Shetlandsche eilanden dringen de grassoorten het verst naar 't zuiden. Kleine mossoorten en vlechten worden nog op het Cockburneiland op 64° Z.B. aangetroffen. Daarop volgt poolwaarts de doodsche sneeuwwoestijn.

Blijkt uit de opgegeven breedte ook, hoezeer het noordelijk halfrond in dit opzicht boven het zuidelijk begunstigd is? In Drontheim komen nog ooftboomen voor. Op hoeveel graden breedte ligt deze stad?

Ook ten opzichte van het karakter buiten de woudgrenzen bestaat er een groot onderscheid tusschen noordelijk en zuidelijk halfrond. Was dit laatste armzalig bedeeld, van het eerste kan dit geenszins gezegd worden en toch bevinden we ons hier zooveel dichter bij de pool dan daar. Het minst bedeeld zijn de vlakke streken, waar de bodem het geheele jaar in zekere diepte is bevroren (Zie § 215) en gedurende den zomer slechts oppervlakkig ontdooit. Door de weinige golving van het terrein kan het water niet wegstroomen en wegzakken in den bevroren bodem kan het evenmin. Vandaar dat men in de vlakten mostoendra's aantreft. Waar de bodem meer golvend is en hier door vast gesteente aan de oppervlakte komt, is het landschap beter voorzien van plantengroei, daar vindt men in de toendra's vlechten (Lichenes) benevens soorten van boschbessen en bes- of kraaiheide (Vaccinium en Empetrum). Langs de beekjes komen grasvlakten met struiken en groepen houtgewas voor. Frisch groen en prachtige bloemen zetten het landschap gedurende den zomer een eigenaardige bekoorlijkheid bij. In Oost-Groenland stijgen deze groene vlakten op sommige plaatsen tot 300 meter hoogte. Kudden van rendieren vinden daar haar voedsel en zelfs kreupelhout van berken is er aanwezig. Waar de kust vrij van ijs is en geen nevel de kracht van de zomerzon verlamt, wast een Papaversoort (P. nudicaule) tot

1500 meter en een Vaccinium draagt op 660 meter nog rijpe vruchten. Zelfs op de verhevenheden, die tusschen het binnenijs omhoog steken, groeien nog phanerogame planten. Op Grimmelland (82°) vond men nog veevoeder in voldoende hoeveelheid.

Uit dit alles blijkt, hoe groot het verschil tusschen noordelijk en zuidelijk halfrond is. De continentale zomer van het noorden verricht hier wonderen in vergelijking van den oceanischen van het zuiden. In den strook tusschen 55° en 65° Z.B. stijgt de temperatuur gedurende een dag in den zomer niet boven het vriespunt en ofschoon zij ook niet onder — 6° C. daalt, blijft de warmte te gering om plantengroei te doen ontstaan. Op Spitsbergen is de gemiddelde temperatuur van Juni, Juli en Augustus altijd nog 1° boven 't vriespunt, en Spitsbergen ligt op 80° N.B.

IV. PLANTENLAGEN.

§ **376. Plantenlagen.** Even als de vermindering van de temperatuur naar de pool een vermindering in het plantenkleed der aardoppervlakte tengevolge heeft, zoo bewerkt ook de afneming van den warmtegraad met de hoogte afneming van den plantengroei in die richting. We hebben dat trouwens reeds in de tabel in §§ 26 en 364 aanschouwelijk voorgesteld. De overeenkomst tusschen de verschillende trappen is grooter dan uit de warmtevermindering te verklaren is, want arctische vormen komen op het hooggebergte vaak terug.

Daar het onmogelijk is een ander algemeen beeld te ontwerpen, dan het schematische in de tabel van § 364, geven wij hier van eenige streken de verschillende plantenlagen op.

Op Java (dat bijna onder den aequator ligt) onderscheidt men:

Eerste laag van het zeestrand tot 600 meter.

Aan de vlakke kust komen eerst wortelboomen voor, op drogere streken pandanen. In de bergwouden treft men palmen, djatihout en vijgeboomen aan. Daartusschen liggen alangvelden.

Tweede laag van 600—1500 meter.

Deze is de rijkste. Gemengd tropisch woud treedt overheerschend op, hier en daar vindt men savannen. Onder de boomen is de Rassamalaboom de merkwaardigste, die met haar koepelvormigen kruin ver boven het overige woud uitsteekt. Hier liggen koffie- en kinatuinen.

Derde laag van 1500—2500 meter.

Deze laag herinnert door eiken, kastanjes en laurieren aan Zuid-Europa. In Oost-Java treden casuarinen op.

Vierde laag van 2500—3300 meter.

Nederig kreupelhout en alpenweiden maken deze laag tot eene alpine.

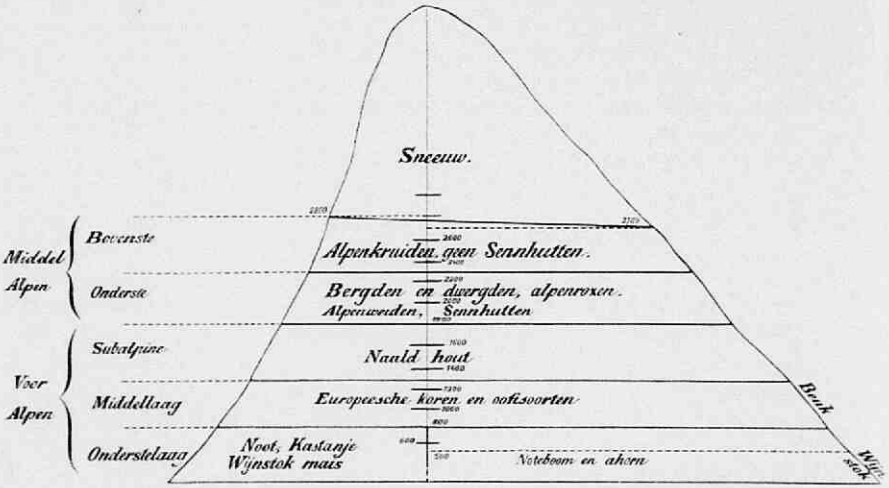
Sumatra verschilt in sommige opzichten aanmerkelijk van Java. De eiken, die op laatstgenoemd eiland eerst op 1500 meter hoogte voorkomen, dalen op Sumatra bijna tot het zeestrand. Beneden

1650 meter komen op Java geen coniferen voor, op het westelijkste Soenda-eiland vindt men ze reeds op eene hoogte van 1000 meter.

Als tweede voorbeeld nemen we het Himalaya-gebergte. Hier vinden we op een klein gebied bijna alle planten der aarde bij elkander. Tot 1600 meter hoogte stijgen de meeste gewassen van het laagland tegen de zuidelijke helling van het gebergte op. Dan volgt tot 3000 meter een woudgebied met eiken, olmen en ahornen, dat levendig aan Midden-Europa herinnert. De laurier reikt tot 2700 meter. Hier liggen de kina-wouden. Dan volgt het gebied der naaldboomen tot 3500 meter, waarboven men nog een rijke flora van primula's, anemonen, ranonkels en viooltjes aantreft.

In Zuid-Amerika op den aequatorialen Andes vond Humboldt de Tropische laag tot 1600 meter, de Gematigde tot 3300. In de zuidelijke Apennijnen reiken de altijdgroene boomen tot 400 meter, de bladwisselende tot 1950 meter. We eindigen deze losse opsomming met een tabel van de verdeeling der plantenlagen aan de beide hellingen der Alpen, die wij door eene figuur aanschouwelijk maken.

Fig. 77.



Plantenlagen der Alpen.

Bij de Alpen onderscheidt men Voor-, Middel- en Hoogalpen.

De Vooralpen strekken zich uit tot de boomgrens, die op 1800 meter hoogte ligt. De Middelalpen reiken van daar tot het gebied der eeuwige sneeuw, dat de zone der Hoogalpen bedekt. Tot de woudgrens reiken over 't algemeen

de blijvende woningen der menschen. Men verdeelt het woudgebied in drie lagen:

1. De onderste laag tot 800 meter. Hier komen noteboomen en kastanjes voor. De wijnstok stijgt langs de zuidelijke helling tot 800 meter, langs de noordelijke bereikt hij slechts 500 meter. Maïs komt tot boven deze laag voor. In plaats van den kastanje vindt men aan de noordelijke helling den ahorn of eschdoorn.
2. De middelste laag tot 1300 meter. Hier behooren de Midden-Europeesche granen en ooftsoorten te huis. Aan de noordelijke helling treft men den beuk als overheerschenden vorm in het woud aan.
3. De subalpine laag tot 1800 meter. Dit is de laag van het naaldhout. De spar (Pinus abies L.) en de arve (P. cembra) komen veel voor, de laatste vormt geen wouden.

Daarop volgen de Middel-Alpen, die weder verdeeld worden in een onderste en een bovenste laag.

1. In de onderste laag komen nog Pinussoorten als kreupelhout voor, zooals de bergden (P. mughus) en het kromhout (P. pumilio) met hunne kruipende stammen. Verder vindt men er alpenrozen, alpenweiden en sennhutten, die een gedeelte van het jaar bewoond zijn. Deze laag reikt tot 2300 meter.
2. De bovenste laag stijgt tot de sneeuwgrens, die aan de zuidelijke helling op 2800, aan de noordelijke op 2700 meter ligt. Hier bloeien alleen alpenkruiden, waarvan vooral het edelweis (Gnaphalium leontopodium) bekend is.

§ **377. Woudgrens in het gebergte.** Hebben we bij de horizontale plantenzonen eene bijzondere beteekenis toegekend aan de poolgrenzen van het woud, we doen dit evenzeer aan de woudgrenzen in het gebergte, of, zooals men zegt aan de alpine woudgrenzen. Veelal heerscht de meening, dat onder den aequator het gebergte natuurlijk het hoogst met woud bewassen is. De grond voor die meening meent men hierin te vinden, dat daar de temperatuur in de vlakte over 't algemeen het hoogst is. We zullen echter zien, dat de alpine woudgrens zich in dit opzicht niet naar de heerschende meening regelt. De volgende tabel geeft de woudgrenzen met aanwijzing van de breedte, waarop de gebergten liggen, en, zoo ver mogelijk, van de boomsoorten, die aan de woudgrens voorkomen.

Hoogte der alpine woudgrenzen in meters.

	Breedte.	Hoogte.	Boomsoorten.
Noord- en Middel-Europa.			
Noorwegen	70½° N.	West 260 meter	berk.
	69° „	Oost 550 „	„
	67° „	Oost 700 „	„
	67° „	West 360 „	„
	66° „	West 910 „	„

	Breedte.	Hoogte.	Boomsoorten.
Noorwegen	60° N.	Oost 1040 meter	berk.
Oeral	68½° „	375 „	
	64° „	555 „	
	61° „	760 „	lorkenboom of larix.
Schotland	57° „	810 „	berk.
Harz	52° „	1040 „	spar (P. abies).
Reuzengebergte	51° „	1170 „	„ „
Bohemer woud	49° „	1460 „	„ „
Tatra	49° „	1560 „	arve en berk.
Vogezen	48° „	1300 „	
Zwarte woud	48° „	1360 „	
Jura	47° „	1490 „	spar en zilverspar.
Alpen	46°—48° „		
Noord-Zwitserland		1800 „	spar.
Midden-Zwitserland		2100 „	arve en larix.
Zuid-Zwitserland		1800 „	arve.
Oost-Alpen, Noord		1800 „	spar.
Centraal		1950 „	„
Zuid-Tirol		2180 „	arve (P. cembra).
Karst		1530 „	beuk.
Auvergne	45° „	1500 „	spar.
Dauphiné	45° „	1690—2500 „	arve, larix, spar.
Mont-Ventoux	44° „		
Noord		1730 „	spar.
Zuid		1810 „	„
Zuid-Europa en Noord-Afrika.			
Pyreneën	42°—43° „		
West		1950 „	zilverspar.
Midden		2300 „	grove den.
Oost		2410 „	spar.
Sierra Nevada	37° „	2110 „	berk en grove den.
Atlas in Marokko	34° „	2600—2900 „	eik.
Gran Sasso (Apennijnen)	42° „		
Noord		1650 „	beuk.
Zuid		1800 „	
Sardinië (Gennargentoe)	40° „	1660 „	els.
Etna	37° „	2010 „	den.
Dalmatische Alpen	44° „	970 „	
Zuid Macedonische gebergte	41° „	1880 „	Himalaya-den.
Athos	40° „	1700 „	spar.
Pindus	39° „	1790 „	„
Krim	45° „	1320 „	
Klein-Azië.			
Oostelijk van Trebizonde, Noord	40°—41° „	1850 „	naaldhout en beuk.
Taurus op	36° „	2600 „	Juniperus foetidissima.
Taurus op	37° „		
Noord		2270 „	den.
Zuid		1950 „	den en ceder.
Libanon West	34° „	1950 „	
Kaukasus	41°—43° „	2500 „	berk.
Armenië	39°—41° „		
Alagös		2340 „	eik.
Goktsjameer		1950—2100 „	beuk.
Kl. Ararat		2600 „	berk.
Elboers	37° „	2600 „	haagbeuk (Carpinus).

	Breedte.	Hoogte.	Boomsoorten.
Overig Azië.			
Stanowoï-gebergte	60° N.	1140 meter	grove den en spar.
Kamsjatka	56° "	940 "	
Jablonoï-gebergte	50° "	1980 "	arve.
Altaï	50° "		
Noord		1800 "	larix en arve.
Zuid		2100 "	
Dsjoengarije	45° "	2270—2600 "	naaldhout.
Thian-sjan	42° "	3200 "	
Pamir	40° "	3600 "	
Kuenluen	36° "	2770 "	
Japan	35° "	2000 "	grove den.
Tibet	30° "	4600 "	Juniperus foetidissima.
Boven-Mekong	29° "	4040 "	
Himalaya bij Sikkim	28° "	3670 "	eik, berk, naaldhout.
Borneo	7° "	2700 "	
Piek van Korintji	2° Z.	2500 "	
Afrika.			
Abessynië	10—15° N.	3600—4200 "	
Kilima-Ndscharo	3° Z.	3000 "	
Oostelijk Noord-Amerika.			
Witte bergen	44° N.	1330 "	grove den.
Alleghanie-geb.	36° "	2035 "	" "
Westelijk-Amerika.			
Cascaden-gebergte	47° "	1820 "	
	44° "	2130 "	
Sierra Nevada	41½° "	2440 "	
	39° "	2730 "	
Rotsgebergte	56° "	1220 "	spar.
	51° "	1980 "	grove den.
	43° "	3080 "	
Utah	41° "	3050 "	ratelpopulier.
	40½ "	3380 "	
	39° "	3650 "	
Arizona	35° "	3500 "	
Nieuw-Mejico	35° "	3700 "	
Andes in Mejico	17—23° "	4000 "	naaldhout
Vulkanen in Guatemala	14½° "	3400 "	
Costarica	10° "	3200 "	
Venezuela (kustgebergte)	10° "	1500 "	
Geb. bij Merida	8° "	2700 "	
Ecuador	0°—4° Z		
West		2700 "	
Oost en Noord		3500 "	
Sorata	16° "	2800 "	els.
Osorno (vulkaan)	41° "	1460 "	
Vuurland	54° "	450 "	
Nieuw-Zeeland.			
Mount-Egmont	39½° "	1070 "	
bij Marlborough	42° "	1220 "	

Naar aanleiding van bovenstaande tabel merken we in de eerste plaats op, hoe verschillend de boomsoorten zijn, die tot aan de alpine grens voortdringen: den, spar, eik, beuk, berk, larix, els, ceder, ratelpopulier, arve; welk eene bonte rij!

Om het verloop van de alpine woudgrens na te gaan, te vergelijken met de sneeuwgrens (Zie § 102) en er eenige waarheden uit af te leiden, diene de volgende tabel van de

Alpine Woudgrenzen naar de breedte.

Breedte.	Westelijk-Amerika.	Oostelijk-Amerika	Europa en Afrika.	Oeral en West-Azië.	Centraal- en Zuid-Azië.	Oost-Azië en Nieuw-Zeeland.
70°—60° N.	—	—	**260**—1040	**375**—760	**1140**	—
60°—50° „	1220—1980	—	810—1170	—	1800—2220	940
50°—40° „	1820—3380	1330	1300—2500	1500—**2600**	2270—3800	—
40°—30° „	2730—3700	2035	1790—2900	1950—**2600**	2770—**4600**	2000
30°—20° „	**4000**	—	—	—	3250—4040	—
20°—10° „	1500—**4000**	—	3600—**4200**	—	—	—
10°—0° „	2700	—	—	—	2500—2700	—
0°—10° Z.	2700—3500	—	3000	—	—	—
10°—20° „	2800	—	—	—	—	—
20°—30° „	—	—	—	—	—	—
30°—40° „	—	—	—	—	—	1070
40°—50° „	1460	—	—	—	—	1220
50°—60° „	**450**	—	—	—	—	—

Deze tabel doet ons twee wetten zien:

1e de woudgrens daalt over 't algemeen van den aequator in de richting naar de pool en

2e de woudgrens ligt in het zeeklimaat lager dan in het vastlandsklimaat.

We zeiden: in het algemeen, de uitzonderingen op deze algemeenheid zijn in de tabel duidelijk zichtbaar. De hoogste wouden liggen niet onder den aequator, maar aanmerkelijk ten noorden daarvan, dit komt door den invloed van de tweede wet op de eerste.

Gaan wij de alpine woudgrens tusschen 30° en 40° NB. na, dan zien we, dat zij het hoogst stijgt in Centraal-Azië. In Tibet bereikt zij eene hoogte van 4600 meter; daarboven komen nergens op aarde wouden voor.

Het vastlandsklimaat van Tibet is de oorzaak van deze groote hoogte.

Van hoe grooten invloed het zeeklimaat is, blijkt uit eene vergelijking van Europa met Centraal-Azië. Gaan we de vierde kolom na, dan zien we, dat in het vastlandsklimaat van Afrika de woudgrens ook hooger wordt. Bijzonder opmerkenswaardig is het verschil in hoogte in het Oosten en Westen van Noorwegen.

Ga dat na in de tabel.

Over 't algemeen stijgt de alpine woudgrens dus in de Oude Wereld van het westen naar het oosten, tot zij in Centraal-Azië culmineert en daarna weder daalt. In de Nieuwe Wereld beschrijft zij eene dergelijke gebogen lijn. In vele opzichten komt dus de alpine-grens van den boomgroei overeen met de

sneeuwlinie (vergelijk § 102). In de tweede der gegeven wetten ligt een der oorzaken, waarom de boomgroei zich op het zuidelijk halfrond tot zoo geringe breedte uitstrekt.

De alpine woudgrens is natuurlijk in hooge mate afhankelijk van locale invloeden en evenaart ook in dit opzicht de sneeuwlinie. In tropische streken hangt zij meer van de vochtigheid dan van de warmte af, vandaar dat zij op den waterrijken Himalaya veel hooger ligt dan op Borneo, Sumatra of Java.

Tot hoe hoog ging de boomgroei in deze streken?

Verder is de mensch dikwijls de verbreiding van het woud vijandig, hiervan getuigen de landen om de Middellandsche zee, waar de vroegere scheepvaart van Venetianen, enz. tegenwoordig nog als een vloek op den bodem drukt.

Hoe hoog was de boomgrens in Dalmatië? Boven welke breedte vindt men nergens boomgroei?

§ **378. Alpine plantengroei.** Hooger dan de boomgrens vinden we op de bergen, eer we de sneeuwgrens bereiken, nog eene flora, die aanvankelijk bestaat uit kreupelhout maar later kruidachtig wordt en zich niet alleen tot aan de sneeuw uitstrekt, maar zich ook uitbreidt over alle plekken, die te midden van den ijsoceaan onbedekt zijn gebleven. In sommige streken, bijvoorbeeld op Java, is deze laag, welke wij de laag van alpinen plantengroei noemen, zeer beperkt: de woudgrens valt daar bijna met de sneeuwgrens samen; in andere bijv. in Chili is de strook kreupelhout zeer sterk ontwikkeld, evenals in Vuurland, waar het woud tegen den storm slecht bestand is. Het kreupelhout vormt eigenlijk den overgang tusschen woud en alpinen plantengroei. Doorgaans bestaat het uit de woudboomen in dwergachtigen vorm; zoo eindigt in Colorado het woud op eene hoogte van 3350 meter en dan volgt een strook kreupelhout van dezelfde boomsoorten tot 3800 meter. Maar we hebben ook reeds gezien (in de Alpen), dat ook bepaalde houtgewassen aan de grens optreden. Zoo eindigt in den Harz de boomgroei op 1040 meter, maar op eene hoogte van 1000 meter vindt men een dwergachtigen berk, die zich tot de woudgrens uitbreidt. Groot is daardoor het onderscheid tusschen de alpine en de polaire woudgrens, van moerassige toendra's is in 't gebergte geen sprake, wel van kruipende dwergvormen, die het landschap een eigenaardig aanzien geven. Niet alleen echter aan de grens, maar ook over het geheel, is de alpine plantenlaag begunstigd boven de poolzone. De planten zijn forscher, de stengels steviger, het aantal takken grooter en de bladontwikkeling uitgebreider. De oorzaak hiervan ligt natuurlijk in verschil van omstandigheden. De schuine stralen der zon verwarmen de poollanden minder, dan de hoogere bergstreken, ofschoon de gemiddelde temperatuur der lucht in de laatste lager is dan in de eerste. Daarenboven is het aantal maanden, dat de thermometer boven 't vriespunt staat, grooter; de grond ontdooit dus dieper en de wortels kunnen dieper doordringen.

Zooals reeds gezegd is, zet het plantenleven zich ook nog voort op die plaatsen

boven de sneeuwlinie, die vrij van sneeuw en ijs zijn gebleven. Bij de sneeuwlinie houdt dus het samenhangende plantendek op, geenszins de plantengroei. Op den Mont-Blanc vond men tusschen 3200 meter en 3400 meter nog 24 phanerogamen. 't Is in zoodanige hoogten minder het klimaat, dat de planten belet te groeien, dan het gebrek aan een stof, waaraan ze zich kunnen vasthechten, en de verlaging van de bodemtemperatuur door 't smelten der sneeuw in den zomer. De zoogenaamde roode sneeuw, eene microscopische alge, welke aan de eeuwige sneeuw somwijlen een roode kleur geeft, levert het bewijs, dat kryptogamen bij de temperatuur van smeltend ijs kunnen groeien. Waar dan ook het gebergte zoo steil is, dat de sneeuw er niet kan blijven liggen, treft men kryptogamische planten aan.

V. DE VOORNAAMSTE VORMEN VAN 'T PLANTENKLEED.

§ **379. Vormen van het plantenkleed.** In de beide voorgaande hoofdstukken hebben we het woudgebied gescheiden van de alpine laag en van de poolzone. Binnen deze uiterste grenzen komt echter niet overal woud voor, soms niet eens verspreide boomen, ja zelfs kan er beslist plantengroei ontbreken. Dit hangt voornamelijk van het klimaat af. Dat er voor het in groot aantal optreden van boomen een zekere mate van warmte noodig was, is ons in het vorige hoofdstuk duidelijk gebleken; maar ook de neerslag is van grooten invloed en met deze hebben we nu voornamelijk te doen. Een regelmatige neerslag niet beneden eene bepaalde hoeveelheid is noodzakelijk voor het woud. Waar aan deze voorwaarden niet voldaan wordt, komt geen woud voor. We hebben dus binnen de grenzen in de eerste plaats een verdeeling in

streken met woud en
streken zonder woud (savanen, steppen, woestijnen).

Bij deze beschouwing hebben we de voornaamste oorzaak voor de vormen van het plantenkleed in het klimaat gezocht, en wel voornamelijk in den neerslag. Men moet echter niet wanen, dat de hoeveelheid regen, door het woud vereischt, groot is, en dat overal woud voorkomt, waar de neerslag voldoende is. We geven hier nog eenige oorzaken, die den vorm van het plantenkleed eener streek kunnen veranderen.

De wind werkt vooral bij droge lucht het ontstaan van het woud tegen. Hoe grooter de steppe is, hoe droger de lucht, dus des te meer belet de wind den boomgroei. Aan onze kusten kan men deze nadeelige werking van den wind duidelijk bemerken.

De grondsoort is natuurlijk van invloed. De lateriet in Afrika laat bijv. het vocht te spoedig door, om het woud genoegzaam vocht te verschaffen.

Maar vooral de dierenwereld schijnt van invloed op het al of niet voorkomen van het woud. Vroeger meende men, dat boomgroei overal zegevierde in den strijd om 't bestaan, als het klimaat maar gunstig was. Toch worden thans in Zuid-Rusland steppen, in Noord-Amerika prairieën en in Zuid-Amerika pampa's gedeeltelijk in woud veranderd: het klimaat is daar dus geen beletsel. Humboldt schildert ons de llano's als zonder boomgroei, tegenwoordig breiden de boomen zich er uit; de be-

woners bemerken deze verandering zeer goed en schrijven haar toe aan het verminderen van het aantal runderen. Trouwens we weten zeer goed, dat onze heidevelden zonder boomen zullen blijven, zoolang de kudde van den schaapherder er graast. Evenzoo vernielen de geiten in Zwitserland de jonge spruiten der boomen. In de pampa's vindt men overblijfselen van voorhistorische planteneters, in de steppen van Siberië die van den mammoet. In Afrika zwerft tegenwoordig nog de giraffe rond, die als vernieler van het woud alle andere dieren ver overtreft, en de olifant houdt er op even vernielende wijze onder de boomen huis. Daardoor is het minstens waarschijnlijk, dat de historische invloeden na het klimaat van het grootste gewicht zijn.

§ **380. Woudstreken.** De behoefte aan water is bij verschillende wouden niet gelijk en wordt niet overal op gelijke wijze bevredigd. In de tropische luchtstreek, waar de bladeren zeer veel water uitdampen, zal het woud meer vocht noodig hebben, dan in de gematigde. Daaraan is het waarschijnlijk toe te schrijven, dat een krachtig woud in Insulinde een jaarlijksche hoeveelheid neerslag van 100 centimeter vereischt, een echt tropenwoud wel bijna 200 centimeter behoeft, terwijl in onze luchtstreek zelfs wouden voorkomen in gebieden, waar maar 25—50 centimeter water per jaar valt, zooals in 't noorden van Rusland, ja zelfs minder dan 25 centimeter, zooals in Siberië en het noordelijkste deel van Noord-Amerika. Intusschen moet men wel in het oog houden, dat een groot gedeelte van het neergevallen water oppervlakkig afvloeit en dus den boomen niet ten goede komt. Vandaar dat het woud vaak meer gebaat wordt door het smeltwater van de sneeuw in de lente, dan door eene regenbui.

Door de groote verschillen, die men op lagere breedte in de hoeveelheid neerslag aantreft, liggen de uitersten, tropisch woud en woestijn, daar vaak dicht bij elkander, terwijl op hoogere breedte de rijkdom en de armoede in plantenbekleeding niet zoo scherp tegenover elkander staan.

De wouden onderscheiden we in:

tropische wouden en

wouden van de gematigde luchtstreek.

§ **381. Tropische wouden.** Het tropische, oorspronkelijke, maagdelijke woud onderscheidt zich van de wouden in de gematigde luchtstreek voornamelijk door het voorkomen van verschillende boomsoorten. Zelden vindt men naast elkander twee boomen van dezelfde soort. Wij spreken in onze luchtstreek van een berkenwoud, een beukenwoud, een eikenwoud, maar een dergelijk gezellig optreden van een bepaalden boom, komt in het tropische, oorspronkelijke woud niet voor. Tweezaadlobbige loofboomen met harde bladeren en altijd-groen loof, benevens palmen en coniferen (deze laatste in Mejico en Centraal-Amerika) vormen de heerschende typen. De meeste boomen bereiken een hoogte van 20—30 meter en vormen daar een loofdak: maar eene menigte andere stijgen hooger en vormen hun loofdak hooger, zoodat het loof uit twee verdiepingen bestaat en er zich een woud boven

het woud schijnt te vormen. Zoo heeft men aan de Amazone dwergpalmen van 3—4 meter, palmen van 20—30 meter en loofboomen van 80, ja zelfs van 100 meter. Het onderhout in deze wouden is zeer verschillend: in Oost-Indië bestaat het uit bamboes en doornstruiken, in Guyana ontbreekt het geheel. Kenmerkend voor het tropische, oorspronkelijke woud zijn nog de slingerplanten, lianen, en de woekerplanten, die aan de grenzen van de tropische luchtstreek terug treden en op onze breedte geheel verdwenen zijn. De lianen zijn gedeeltelijk houtgewassen. We hebben reeds met den rotan kennis gemaakt (zie § 369). De woekerplanten hechten zich op de boomen vast en trekken dikwijls hun voedsel door luchtwortels uit den grond. Varens en orchideën behooren er voornamelijk toe. Het aantal schaduwlievende planten is ontzettend groot. Toch heerscht in het tropische oorspronkelijke woud een mild, zacht licht en daardoor verschilt het weer aanmerkelijk van de donkere loof- en dennewouden van de gematigde luchtstreek. Op den bodem vindt men doorgaans een groote hoeveelheid rottende zelfstandigheden, waarin weer nieuwe planten opschieten.

> Natuurlijk komen er veel uitzonderingen op deze algemeene beschrijving voor. De tropische wouden van Guyana, die bijna dezelfde klimotologische voordeelen bezitten als die aan de oevers van de Amazone, bestaan uit duizenden bij duizenden 35—40 meter hooge stammen, die zich als zuilen statig verheffen, om een loofdak te dragen, dat geen zonnestraal doorlaat en waaronder geen grashalm, geen onderhout, geen liaan kan tieren; slechts varens en dergelijke kruidachtige planten bedekken den bodem in vereeniging met afgevallen bladeren en met schimmel bedekte takken. Onder het loofdak heerscht een dompige koortslucht en het leven schijnt er van het aardrijk geweken; maar boven in de kruinen der 40 meter hooge boomen op het groene loofdak, daar herleeft de natuur, daar spelen de apen, daar verlustigt zich een vogelenwereld.

Groot verschil kan er in den aanblik van het woud ontstaan door het verschil in verhouding tusschen de palmen, het loofhout en de lianen. Het Igapowoud in het gebied van de Beneden-Amazone bestaat voor het meerendeel uit palmen, terwijl de loofboomen klein blijven. Dit Igapowoud wordt vaak door de rivier tot aan de kruinen der boomen onder water gezet. In het Etewoud, dat niet tot het overstroomingsgebied van de rivier behoort, treden de palmen op den achtergrond en de loofboomen van den lauriervorm op den voorgrond. Deze steken daar boven het overige geboomte uit als de torens boven de overige huizen eener stad. Juist dus het omgekeerde van het vorige. Aan de Rio Negro wijken palmen, ooftboomen en lianen voor varens, enz. Het Teraïwoud aan de zuidelijke helling van den Himalaya vertoont in het oosten al de weelderigheid van een tropisch woud. Meer in het westen neemt dit karakter evenals de hoeveelheid neerslag af en de boomen worden meer van dezelfde soort.

Waar overvloed van neerslag gepaard gaat met een gelijkmatige warmte, ontwikkelt zich het tropische, oorspronkelijke woud het schoonst. Bovenaan staan in dit

opzicht de Indische Archipel en het Amazonegebied. In het eerste gebied kan van zeer uitgestrekte wouden geen sprake zijn. (Waarom niet?)

In het laatste daarentegen strekt zich bijvoorbeeld het woud van Paranahiba tot Zamora uit over eene lengte van 4000 kilometer.

Vergelijk hiermede bekende afstanden in Europa. Hoe groot is de afstand van de westpunt van Bretagne tot het Meer van Aral?

In Afrika is men over het bestaan van oorspronkelijke, tropische wouden nog in het onzekere. Behalve in de Aequatoriaalzone zijn ook de windzijden van de tropische gebergten met zulke wouden bedekt b.v. de Westgaths, de westkust van Achter-Indië, de oostkust van Madagaskar, een gedeelte van de oostkust van Brazilië, de oostelijke terraslanden van Centraal-Amerika en Mejico en de windzijde der hooge Polynesische eilanden.

Waarom moeten we soms de oostkust en soms de westkust nemen; vergelijk Madagaskar, Brazilië, Centraal-Amerika met Voor- en Achter-Indië?

Even als tropische boomvormen ver in de richting naar de zuidpool voortdringen, (zie § 374) strekt zich ook het tropische woud ver uit. De boomen worden wel kleiner, maar de verscheidenheid blijft bestaan. In de wouden van Nieuw-Zeeland komen bijna evenveel vormen voor als tusschen de keerkringen, zelfs treft men op het noordelijk eiland lianen aan. Aan de Creeks in Nieuw Zuid-Wales hebben de wouden dan ook een tropisch karakter. Intusschen komen in de tropische luchtstreek ook wouden voor, die nagenoeg uit een enkele boomsoort bestaan. Zoo vindt men in Afrika wouden van den koepelpalm met zijn gevorkten stam en van den delebpalm met de verdikking in het midden van den stam. Wouden van den oliepalm treft men aan de West-Afrikaansche kust aan. Andere palmwouden vindt men aan den Orinoco en de Amazone, in de Gran Chaco, in Paraguay en in Uraguay, bovendien in den Indischen Archipel. Van de mangrovewouden aan de Indische kusten is reeds sprake geweest; op de Soenda-eilanden komen de uit casuarinen bestaande tjemorowouden voor, pisangwouden tooien de oevers der Gambia bij den mond, tamariskenwouden den Blauwen Nijl, enz.

§ **382. Wouden der gematigde zone.** Op de wouden van de tropische luchtstreek zouden poolwaarts de wouden van altijd-groene loofboomen moeten volgen, maar deze vormen zeer zelden wouden. Alleen in de landen om de Middellandsche zee bestaan wouden van altijd-groene eiken. In Chili is op 44° Z.B. de bladwisselende beuk reeds overheerschend in het woud, ofschoon altijd-groene beuken en naaldhout er nevens voorkomen. In zooverre vertoonen echter de oostzijden van de vastlanden op het noordelijk halfrond nog eenig tropenkarakter, dat de wouden uit zeer veel boomsoorten bestaan, ofschoon in de Atlantische Staten van Noord-Amerika eiken, in het Chineesch-Japansche gebied ahornen het overwicht hebben. In Europa treedt meer beslist een enkele boomsoort op om

een geheel woud te vormen: beuken in het westen en midden, eiken in het oosten en bovendien berken.

De beuk eischt een gematigd klimaat, kunt gij hieruit zijn voorkomen in Midden- en West-Europa, en zijn ontbreken in Oost-Europa verklaren?

Deze loofboomen treden afwisselend op met de naaldboomen. En in dit opzicht bestaat er tusschen de verschillende deelen van het vastland op het noordelijk halfrond groot verschil, zooals uit de volgende tabel blijkt:

Wouden	Aantal soorten van	
	loofboomen.	naaldboomen.
in Atlantisch Noord-Amerika	130	25
in Westelijk Noord-Amerika	34	44
in Japan en Mandsjoerije	123	45
in Europa	68	17

Naar aanleiding van deze tabel kunnen de volgende vragen gemakkelijk beantwoord worden.

Hoe is de verhouding tusschen de loofboomen in Europa en de oostzijden der continenten? Hoe de verhouding van 't naaldhout aan de Atlantische kusten en aan die van den Grooten Oceaan? Waar komt het meeste naaldhout voor, waar het minste?

In Noord-Amerika aan de westelijke helling van 't gebergte komen meer naaldbosschen dan loofwouden voor. Dennen vindt men er het meest en daaronder de grootste vormen, zooals de Douglasden, die wel is waar beneden 100 meter blijft, maar aan massa zelfs den Californische reuzenden (soms 150 meter hoog) kan overtreffen.

Daaraan sluit zich de gordel van naaldboomen, in Amerika voornamelijk door de zilverspar, in de Oude Wereld door de spar en den groven den gevormd, terwijl in Oost-Siberië meer larixboomen voorkomen. Langs de oevers komen veel populieren, elzen en wilgen voor; van de loofboomen dringt echter alleen de berk tot de woudgrenzen door.

Over 't algemeen hebben de wouden der gematigde zone in Amerika een hooger en meer ontwikkeld onderhout dan in de Oude Wereld.

§ **383. Woudloos gebied.** Waar het woud wegens gebrek aan regen of wegens de ongelijke verdeeling van den neerslag of van de temperatuur niet bestaan kan, komen lagere plantensoorten, vooral grassen, nog in verschillende mate van dichtheid voor. Hier en daar vertoonen zich dan nog enkele of groepjes van boomen, maar tot een eigenlijk woud ontwikkelt zich de boomgroei niet meer.

De streken, waar de mensch het woud heeft uitgeroeid, om den bodem als akkergrond te gebruiken, worden door ons tot het woudgebied gerekend.

De verschillende woudlooze gebieden dragen den naam van s a v a n n e n, p r a i r i e ë n of s t e p p e n en w o e s t i j n e n Ze zijn hier gerangschikt naar de mate van den neerslag, die ze tot hare ontwikkeling behoeven. De savanne staat dus het dichtst bij het woud.

§ **384. Savannen.** Het woord savanne komt van het spaansch savana = beddelaken, altaarkleed, waarmede de Spanjaarden de vlakke velden langs de Mississippi vergeleken. In verschillende landen dragen deze savannen verschillende namen. Aan den Orinoco spreekt men van llano's (van het latijnsche planus = effen); aan de Rio de la Plata dragen ze den naam van pampa's (van 't Peruaansche pampa = vlakte). Ook in tropisch Afrika komen ze voor, evenals in Voor- en Achter-Indië en in Australië (Zie kaart XVI). Zooals uit de kaart blijkt, zijn ze voornamelijk aan de tropische zone gebonden. Scherp begrensde kenmerken zijn voor de savannen niet op te geven, daar zij eenerzijds in woudgebied anderzijds in steppen overgaan. Ook is de klimatologische oorzaak voor hun bestaan niet overal gelijk. Met steppen hebben zij dit gemeen, dat een graskleed de geheele vlakte bedekt; waar de grond te schraal of te droog is, wordt de savanne dan ook gelijk aan de steppe. Over 't algemeen echter is de savanne door de natuur beter met vocht en vooral beter met warmte bedeeld. Van daar komt het, dat zij een weelderiger grasgroei bezit. In Afrika bereikt het gras menigmaal eene hoogte van 5 à 6 meter; de kameelruiter zelfs verdwijnt er in, de vlakte gelijkt één golvend korenveld. Maar behalve hierdoor, onderscheidt de savanne zich van de steppe door tamelijk overvloedig struikgewas en het meerdere voorkomen van boomen, zelfs van boschjes. Deze lichte savannewouden komen daar voor, waar de bodem meer besproeid wordt, dus langs de hellingen der enkele bodemverheffingen en langs de oevers der rivieren. Intusschen hebben dikwijls locale omstandigheden grooten invloed. De hoofdoorzaak van het ontbreken van boomgroei schijnt de verdeeling van het jaar in een droog en nat jaargetijde te zijn. Het droge klimaat werkt bij een warmte als in de tropische luchtstreek heerscht, doodend op het houtgewas.

Tusschen welke isothermen lag de tropische zone?

Daar boomgroei toch nog hier en daar voorkomt, heeft de savanne vaak het aanzien van een park, zooals dit het geval is met de eucalyptenwouden van Australië, die we tot den vorm der savannen rekenen. Waarschijnlijk zouden ook de llano's van den Orinoco meer woud dragen, als het vee hier niet als verdelger was opgetreden; na het achteruitgaan van de veeteelt in die landstreken neemt het houtgewas in uitgebreidheid toe.

Buiten de tropische zone komt de vorm der savanne weinig voor; men treft hem nog aan in 't Californische parkland, aan den Amoer en in Kamsjatka, terwijl de Barabasteppe, eene uitgestrekte vlakte in West-Siberië tusschen Irtysch en Ob, als een overgang tusschen dezen vorm en dien der steppen kan aangemerkt worden.

Op de grenzen van de tropische luchtstreek gaat de savanne vaak langzaam in de steppe over. Onze kaart levert daarvan voorbeelden in Noord- en Zuid-Amerika, in Zuid- en Noord-Afrika, in Azië en Australië.

De prairieën langs de Mississippi behooren niet tot den vorm der savannen maar tot dien der steppen.

§ 385. **Steppen of Prairieën.** Moeielijk is het eene bepaalde grens tusschen de savanne en de steppe te trekken. In het algemeen kan men zeggen, dat in de savanne de grasgroei rijker, weelderiger is, dat het houtgewas niet zoo beslist aan de oevers van de wateren is gebonden, dat de neerslag overvloediger is dan in de steppe. Ten opzichte van het klimaat onderscheidt de steppe zich hierin doorgaans van de savanne, dat in de eerste winterkoude, droogte en zomerhitte de factoren zijn, die den boomgroei belemmeren, en bij de laatste alleen droogte en hitte.

Volkomen gemis aan boomgroei, vindt men zooals reeds opgemerkt is, ook in de steppe niet: de rivieroevers zijn met houtgewas getooid: in de schraalste deelen van de Gobi treft men dalen met olmen en perzikstruiken aan, in de wadi's van de Sahara vindt men grassen, struiken en dadelpalmen, ja in de eenzame West-Australische steppen komen struiken voor. Waar een steppe tegen het gebergte omhoog klimt, verandert zij door den rijkeren neerslag in woud; ten minste indien de eerste voorwaarde de laatste ten gevolge heeft. Is dit niet het geval, valt ook in het gebergte weinig of geen regen, dan kan de schrale grasvlakte zich tot aan de alpine-grens uitstrekken. Zoo is bijvoorbeeld de Elboers aan zijne zuidzijde tot aan de alpine-boomgrens op 2200 meter met steppe bedekt, terwijl de vochtiger noordzijde tot 2400 meter met woud is getooid. De westelijke helling van den Andes in Peru en de beide hellingen in noordelijk Chili zijn schaars met woud bezet. De noordelijke helling van den Himalaya vormt eene scherpe tegenstelling met de zuidelijke. Op sommige gebergten ligt de zone van voldoenden neerslag tamelijk hoog, daar beneden ontmoet ons oog dan ook steppe, daarin woud. Zoo beginnen de wouden in de Thiansjan op 1500 meter, op de bergen van Colorado op 2130 meter.

De steppengebieden kan men nog in twee soorten verdeelen, naargelang de neerslag al of niet voldoende is om eene afwatering naar zee te weeg te brengen. In het eerste geval voert het water de opgeloste zoutdeelen weg en deze werken dus niet mede om den plantengroei nog armzaliger te maken. In dit geval maakt de landbouwer zich dikwijls van de steppe meester, ten minste gedeeltelijk. Of een zoodanige steppe geschikt is, om met boomen beplant te worden, is niet uit te maken, daar de pogingen tot beplanting niet overal zijn gelukt, waar het klimaat geen bezwaar schijnt op te leveren. Het voornaamste gewas wordt gevormd door grassoorten, soms met harde bladeren, dikwijls in bosjes gegroepeerd, waartusschen de naakte bodem zichtbaar is. In de lente als een overvloedige regen het aardrijk drenkt of het sneeuwwater de planten voedt, is de plantengroei weelderig en getooid met prachtige, groote bloemen, maar door zomerhitte en gebrek aan vocht droogt de bodem uit, het gras ligt verschroeid, en weldra doet de winterkoude zijn killen adem gevoelen. Dit past meer bijzonder op de Noord-

Amerikaansche prairieën en de Zuid-Russische en Siberische steppen. Het grootste gedeelte van de pampa's van de Rio de la Plata behoort evenzeer tot deze soort van steppen.

§ **386. Woestijnen.** Die steppen, waar de neerslag niet toereikend is om zich langs het aardoppervlak een weg naar zee te banen, zijn van de woestijnen niet te scheiden. Waar te midden van deze laatste de bodem niet met zout vermengd en met eene laagje teelaarde bedekt is, kan de minste vochtigheid hetzij door neerslag, hetzij door riviertjes of bronwater ontstaan, plantengroei te voorschijn roepen. Maar de weilanden worden schraler en kunnen slechts de kudden van nomaden voeden. Bestaat de bodem grootendeels uit zand, of is hij met zout bezwangerd, dan ontstaan zand- en zoutsteppen, die langzamerhand in woestijnen overgaan. Toch spreekt men van den aaneengeschakelden woestijngordel van de Oude Wereld, die zich zou uitstrekken van den Atlantischen Oceaan tot aan de Stille Zee. Intusschen valt deze gordel in drie kenmerkend van elkander onderscheiden deelen: het hoogland van Achter-Azië, de vlakte, waarin het Aralmeer is gelegen, en west- en zuidwaarts daarvan een gebied, dat zich door het overheerschend voorkomen van noordenwinden kenmerkt en dat voornamelijk Syrië, Arabië en de Sahara bevat. Deze deelen verschillen in vele opzichten zooals orographische gesteldheid, oorzaken van regenarmoede, maar worden toch onder den genoemden naam als geographische eenheid te zamen genomen.

Wat verstaat men door een geographische eenheid? Kunt ge ons land ook in zulke eenheden splitsen? Welke zijn de verschillen in orographie en hydrographie tusschen de genoemde deelen? Stroomt er niet voortdurend lucht van de kust van den grooten Oceaan naar de Sahara?

De Sahara gold als woestijntype, maar alleen de duinstreek (van de Golf van Gabes onder de namen El Erg, Igidi, El Dsjoef tot Portendik voortloopende) is bijna zonder plantengroei, evenals vele hamada's of sserir's, van welke de meest woeste in de omhuiging van de duinstreek gelegen is en Tanesroeft heet. Maar toch dragen deze woeste vlakten in hare dalen een schraal plantenkleed. De Syrische woestijn is meer zoutsteppe, dan haar naam zou doen vermoeden. De Arabische woestijn is over 't algemeen een steppegebied, wat trouwens reeds daarnit volgen zou, dat er voedsel te vinden is voor de kudden der Bedouinen. Het grootste gebrek aan plantengroei heerscht op het hoogland van Iran. Daar vinden wij de Groote Zoutwoestijn en de woestijn van Kirman, waarover reizigers berichten zonden, die aan bijna volkomen gemis aan plantengroei niet doen twijfelen. De woestijn van Gobi daarentegen is veel minder woestijn, daar zwerven de kudden der Mongolen op de steppen rond, en leveren ons het bewijs, dat er plantengroei in de »Zandzee« (het Chineesche Sjamo beteekent Zandzee) voorkomt. Nomaden bestaan echter in de woestijn van Kirman niet.

Hoe heeten de nomaden in de Sahara?

In Noord-Amerika heeft men tusschen het Rotsgebergte en de Sierra Nevada woestijnen, waar de bodem grootendeels met zout doortrokken is, zoogenaamde zoutsteppen.

Al de genoemde steppen en woestijnen kwamen op het noordelijk halfrond voor. Gebrek aan neerslag heerscht er op het zuidelijk halfrond alleen daar, waar de passaat

over een gebergte is gestreken. Door den eigenaardigen vorm van het vastland kunnen zij nergens die uitgebreidheid erlangen, die zij in het noordelijk halfrond van de Oude Wereld bezitten. Van daar dan ook, dat men er geen gordel van woestenijnen vindt, maar afgezonderde woestijnen. In de eerste plaats vestigen we de aandacht op de kust van Peru en Chili, die zonder geboomte is van 34° tot 4° Z.B. In den regentijd komen er wel struiken in bloei, maar de zomerhitte wordt slechts door enkele zoutplanten en laag struikgewas verdragen. De woestijn van Atacama is een zoutwoestijn bijna zonder plantengroei. Maar wat haar van de steppen der gematigde luchtstreek bijzonder onderscheidt is, dat er hier en daar te midden der woestenijnen altijd-groene boomen te vinden zijn. Van den 30sten graad naar het zuiden gaande, wordt de lucht vochtiger en bedekt een dicht weideveld den bodem.

Welke waren de oorzaken van de droogte van de kust van Peru en Chili?

Ook in Afrika vinden we aan de zuidwestzijde een steppe- en woestijngebied, dat zich over Damara en Namaqualand uitstrekt en meer zand- en rotssteppe dan beslist woestijn is, ofschoon de Kalahari bijna zonder plantengroei is. In Australië beslaan de woeste gronden de grootste uitgestrektheid.

Waardoor komt er in het binnenland van Nieuw-Holland zoo weinig neerslag voor?

Zelden wordt in de binnenlanden van dat werelddeel regen waargenomen, maar als na jaren lange droogte de bodem plotseling wordt besproeid, dan wassen allerwege planten. Echter duurt die weelde slechts kort, weldra ligt alles weer verdord, weldra is zelfs elk spoor van de planten verdwenen. Vonden we bij de overige steppen eene wisseling van karakter naar gelang van de jaargetijden, bij de Australische kan na jaren van droogte de woestijn plotseling in een grasrijke steppe veranderen. Hier heerscht dus de regelmatige wisseling niet.

Uit het voorgaande blijkt, dat van de genoemde gebieden enkele, zooals de Zuid-Russische en de Siberische steppen, de Pampa's enz., een regelmatig terugkeerenden groeitijd bezitten en andere daarentegen als 't ware toevallig en zeer onregelmatig met een plantenkleed getooid worden. Dit maakt het nog moeielijker de grens tusschen steppen en woestijnen te trekken. Waar de eene reiziger een woestijn vond, ontdekte de ander tamelijk goed weiland.

Met een enkel woord willen we ten slotte nog wijzen op plantengebieden, die vaak in zeer droge streken voorkomen, we bedoelen hier de gebieden van doornig kreupelhout, die soms woestijnen en steppen vervangen, zonder dat men tot nog toe, de klimatologische voorwaarden kan bepalen, die dezen vorm noodzakelijk te voorschijn roepen. In de Patagonische steppen begint dit doornig kreupelhout te heerschen ten zuiden van de Rio Negro; op het Karroo in Zuid-Afrika houdt het zich in den drogen tijd staande, terwijl de grasgroei verdwijnt; maar het duidelijkst komt het als aaneengeschakeld plantenkleed voor in de Australische scrub- en spinifex-vlakten, die, wat onbegaanbaarheid betreft, juist de echte Australische woestijnen vormen.

VI. INVLOED VAN DEN MENSCH OP DE VERBREIDING VAN PLANTEN. CULTUURGEWASSEN.

§ **387. Veranderingen in de flora.** In verloop van tijd hebben er groote veranderingen in de flora's der verschillende streken plaats gehad. Toen Oswald Heer op Madera landde, vond hij daar een geheel andere plantenwereld, dan thans op de vastlanden onder de breedte van dit eiland wordt waargenomen. Hij zag er de planten, welke in den tertiairen tijd onze aardoppervlakte moeten getooid hebben. Thans is er van die tertiaire flora op het eiland reeds zeer veel, misschien wel alles verdwenen. Waarschijnlijk heeft de tegenwoordige plantengroei zijn oorsprong reeds in dien tijd en heeft hij zich op de vastlanden, zoover dit mogelijk was, verder ontwikkeld.

Is dit waar, dan kunnen we drie gevallen onderscheiden:

1° de vroegere flora heeft zich vrij ontwikkeld,

2° de vroegere flora heeft door verandering van klimaat een gemengd karakter verkregen, of

3° de vroegere flora is ten onder gegaan en er heeft zich een geheel nieuwe plantengroei ontwikkeld.

In het eerste geval verkeeren de continenten en eene menigte eilanden in de tropische zone. Soms zijn deze eilanden met het vastland verbonden geraakt en behielden dan hun eigenaardigen plantengroei, zooals in Zuid-Afrika, of was 't eiland groot genoeg om zijn planten zelfstandig te laten ontwikkelen, zooals Nieuw-Holland.

In het tweede geval verkeeren het gebied van de Middellandsche Zee, Oost-Azië en de Atlantische Staten van Noord-Amerika.

In het derde geval zijn die streken, welke in het diluviale tijdperk met ijs en sneeuw waren bedekt of nog niet boven den waterspiegel waren opgeheven, zooals de Germaansche laagvlakte en vele steppen.

We zien dus, dat er in de laatste tijden van de aardgeschiedenis in den onderlingen samenhang der flora's veel verandering moet ontstaan zijn. Tot eene andere soort van verandering heeft de mensch veel bijgedragen. We willen deze meer in het bijzonder nagaan.

§ **388. Invloed van den mensch.** De invloed van den mensch is dikwijls zeer duidelijk zichtbaar. Waar hij zich als kolonist nederzet, begint hij de wouden te kappen, om den bodem voor akkerbouw te kunnen gebruiken. De oude cultuurcentra, zooals Hindostan, China, Mesopotamië, hebben er al hun woud bij verloren, denk slechts aan het gebied van de Middellandsche Zee. Maar in bijna even groote mate is dit het geval met Europa, West-Indië, oostelijk Noord-Amerika, ja in ons Insulinde worden de wouden uitgeroeid, om den grond in cultuur te brengen. Mogen we dan ook het geheel akkerbouwend Europa onder het woudgebied

inlijven, deze inlijving is wel een natuurlijke maar geenszins een in alle opzichten juiste. Bovendien wordt door het optreden van den mensch op de eilanden, waar nog eene oude flora heerscht, zooals op Madera, de Canarische eilanden, St. Helena, de Comoren, enz., de flora ten gronde gericht om plaats te maken voor een andere.

Een onmiddellijk gevolg van de komst van den heer der schepping is het invoeren van vreemde planten en het daardoor vermengen van flora's. De Amerikaansche cactussen en agaven, de Afrikaansche aloë en de Australische eucalypten tieren thans aan de Middellandsche Zee. De savannen van West-Indië zijn verbeterd met grassoorten uit Afrika.

De invloed van den mensch is verschillend:

1°. hij kan onwillekeurig werken en

2°. hij kan zich opzettelijk doen gelden.

Als voorbeeld van het eerste geval diene het volgende. In het jaar 1760 werden aan de haren van een ezel eenige zaden van den artischockendistel uit Spanje naar de Pampa's gevoerd. Dit zeer toevallig vervoer had voor deze landstreken groote gevolgen, want de zaden ontkiemden goed en thans bedekt de plant honderden van vierkante mijlen in de Staten van de Rio de la Plata en een groot deel van Uraguay is er door onbegaanbaar. De distels lijden er geen armoedig bestaan, integendeel zij wassen er tot de hoogte van een mensch. In vollen wasdom beschermen ze de bewoners door hunne ondoordringbare rijen tegen elken inval van de Indianen uit de Gran Chaco. Door toeval zijn ook eene menigte onkruiden uit Europa naar Noord-Amerika overgebracht. In vele streken van Virginië treft men tegenwoordig ons slangenkruid (Echium vulgare) in overvloed aan. Ook in Australië zijn met den mensch eene menigte planten, vooral onkruiden, uit Europa overgebracht. Hoe levendiger het verkeer tusschen de volkeren wordt, hoe sneller de planten zich op deze wijze verbreiden. De eigenaardige flora van een landstreek kan op die wijze langzamerhand geheel worden uitgeroeid. Dat een zoodanige toevallige verspreiding ook nog in cultuurgebieden plaats heeft, bewijst de omstandigheid, dat langs de spoorwegen dikwijls nieuwe planten opschieten.

§ **389. Cultuurgewassen. Voedingsplanten.** Van veel meer belang is de opzettelijke invloed van den mensch tot verbreiding van die gewassen, welke hem nuttig zijn. Deze planten noemt men in het algemeen cultuurgewassen. Wij zullen de voornaamste kort nagaan. Bovenaan op de lijst moeten zonder twijfel die gewassen geplaatst worden, welke ons voedsel verschaffen. Tot deze voedingsplanten behooren de graangewassen en onder deze munten vooral rijst, maïs, tarwe, rogge en gerst uit.

Rijst. Niet ten onrechte verleenen we aan de rijst de eerste plaats: nagenoeg $\frac{1}{4}$ van het menschdom, dus ruim 400 millioen personen, voedt er zich dagelijks mede. In Oost-Azië komt de plant nog hier en daar in het wild voor. Reeds 2822

jaar v. C. werd zij in China gecultiveerd. De Arabieren brachten haar naar Voor-Azië, naar Afrika en naar de oevers van de Guadiana en de Guadalquivir. De Engelschen en Portugeezen verbreidden haar naar Amerika, waar zij vooral in Carolina en Brazilië uitstekend tiert. De plant behoeft een moerassigen bodem en gedurende den groeitijd een temperatuur van 20° C. Ten gevolge van de eerste behoefte is zij beperkt tot het moerassige laagland of vereischt zij besproeiing. Vandaar de waterbouwwerken van de Chineezen, vandaar hunne kanaalstelsels. Door de winsten der Spaansche rijstplantages aangemoedigd, begon men de cultuur ook naar de Povlakte over te brengen. Maar daar het onderwaterzetten van uitgestrekte landstreken nadeelig op het klimaat werkt, heeft men den rijstbouw in Italië beperkt tot de omstreken van Milaan en Venetië. Ook in het Banaat komt rijst voor. Daar buigt zich de poolgrens van dit gewas het verst naar het noorden (45°); in Amerika gaat het slechts tot 38°, op het zuidelijk halfrond overschrijdt het den keerkring niet. De meeste rijst wordt in den handel gebracht door de Vereenigde Staten, Brazilië, Java en de oostkust van de Golf van Bengalen (Akyab, Malmon en Rangoen). Rijst bevat 80 tot 95 % zetmeel. Van den stengel vervaardigt men vlechtwerk, bezems en borstels. Door toevoeging van rietsuikersiroop of palmsap, bereidt men uit de rijst arak.

Maïs is de eenige graansoort, die Amerika aan de Oude Wereld heeft geschonken. Door haar ontstond de eigenaardige cultuur der Amerikanen in Mejico en Peru. Oorspronkelijk behoorde de plant thuis in den Andes, maar zij heeft zich spoedig niet alleen over Amerika maar ook over de Oude Wereld uitgebreid. In Portugal bestaat de helft der graanoogst uit maïs, in Italië een vierde en in de Donaulanden neemt zij onder de korenvruchten de eerste plaats in. In 1580 werd ze reeds in China verbouwd en men heeft haar zelfs bij Negervolken in de binnenlanden van Afrika gevonden. In de Vereenigde Staten en in Zuid-Europa vormt zij het hoofdvoedsel der bevolking. De korrel bevat 91 % zetmeel. De Italianen bereiden uit het meel hunne polenta, eene soort van brij, de Mejicanen hunne pulque, eene soort van brandewijn. In Europa komt zij over 't algemeen slechts zuidelijk van 50° N.B. voor, alleen in het gebied van den Rijn nog tot 52° N.B.; in Noord-Amerika stijgt de poolgrens aan de Red River tot 55° N.B. Daar rijpt zij in betrekkelijk zeer korten tijd.

Tarwe behoeft niet zooveel warmte als de beide vorige graansoorten. Zij vereischt gedurende haren groeitijd een temperatuur van 14° C., maar kan in tropische warmte niet tieren. Vandaar dat ze in tropische streken op het gebergte voorkomt (in Peru op 2600 meter). Waarschijnlijk is de plant uit Voor-Azië afkomstig, heeft zich in de grijze oudheid over de naburige landen verbreid en is ook naar Amerika overgebracht. In het gebied van de Mackenzie reikt de tarwebouw tot 62° N.B. In Europa snijdt de poolgrens de westkust van Noorwegen op 65°, zinkt in Zweden en West-Rusland tot 60° en aan den Oeral tot 58° N.B. Op het zuidelijk halfrond vindt men tarwe vooral in Victoria en Zuid-Australië, aan de Kaap, in Buenos-Aires en in Chili.

Voor Midden- en Noord-Europa en Noord-Azië is rogge het voornaamste graangewas. In Scandinavië gaat de roggebouw tot 67° N.B., in Rusland tot 62°. Daar nu weinig landen eene genoegzame hoeveelheid voor zich zelf produceeren, waren tarwe en rogge voorname handelsartikelen. In de oudheid waren Egypte en Sicilië de korenschuren. Thans is het bekken van de Boven-Mississippi het voornaamste korengebied der aarde.

Gerst komt het meest naar de pool voor. De poolgrens van de gerst is dus de poolgrens der graangewassen. Aan de westkust van Scandinavië valt de graangrens met de boomgrens samen (invloed van den Golfstroom), verder naar 't oosten is er groot verschil in het verloop van beide lijnen. De poolgrens der granen snijdt de Bothnische Golf op 65° N.B., loopt vandaar vrijwel evenwijdig aan den parallelcirkel tot aan den Oeral. In Siberië ligt ze tusschen 61° en 62° N.B., tot aan de gebergten, die den Grooten-Oceaan begrenzen. De oostelijke kust van Azië wordt in den zomer aanmerkelijk verkoeld door het ontdooien van het ijs uit de Zee van Ochotsk. Vandaar dat de poolgrens der granen zich langs de grensgebergten zuidwaarts beweegt, om de zeekust op 50° N.B. te bereiken. In Kamsjatka komt tot 57° N.B. nog graan voor. In Noord-Amerika reikt de grens tot 65° N.B.; bij het fort Norman, aan den uitloop van het Groote Berenmeer, wordt in goede jaren nog gerst geoogst. De zomer is hier wel koeler dan aan de Siberische poolgrens, maar de bodem is rotsachtiger en ontdooit dieper. De oorzaak, welke in Labrador de boomgrens zoo naar den aequator drukt, (Welke was die?) werkt in denzelfden zin op de poolgrens der granen.

In het oosten van Labrador overschrijdt de aardappel de gerst, wat anders niet gebeurt. Groenland en IJsland liggen buiten het gebied der granen. Op de Faroër komt gerst voor.

De zuidelijke continenten liggen geheel binnen de poolgrens der granen, zelfs op de zuidpunt van Zuid-Amerika wordt bij Punta Arenas nog rogge en gerst verbouwd. En toch is de hemel hier altijd bewolkt en stijgt de temperatuur van de warmste maand niet boven gemiddeld 11° C. De Straat van Magelhaens heeft in dit opzicht veel overeenkomst met de Faroër en staat ver boven het graanlooze gedeelte van Siberië, ofschoon daar de temperatuur van de warmste maand hooger is: namelijk te Beresow 16.7°, te Toeroechansk 15.6° en te Werchojansk 15.4°. In de beide laatste plaatsen beletten het oppervlakkig ontdooien van den bodem en de nachtvorsten den graanbouw.

Wat de alpine-grens van de graancultuur betreft, zij opgemerkt, dat deze over 't algemeen de beweging van de alpine grens van den boomgroei volgt en dus in het continentale klimaat van Azië en in den Andes van Peru hare grootste hoogte bereikt (Karakoroem 4100 meter, Peru 4270 meter). In het zeeklimaat zinkt de graangrens ook lager: in het westen van Noorwegen tot 340, in het oosten tot 540

meter (op 64° N.B.). In Chili op 24° Z.B. zijn deze hoogten: aan de westzijde 3480, in het oosten 2600 meter.

Heeft de westkust van Chili dan geen zeeklimaat?

§ **390. Andere voedingsplanten.** Behalve de genoemde graansoorten zijn nog andere gewassen van gewicht, wier onderaardsche deelen voedingsstoffen bevatten. Zij staan als cultuurplanten lager, omdat ze minder zorg behoeven en dus den mensch niet in die mate tot een hoogeren trap van beschaving brachten. Bovenaan staat voor de gematigde zone de aardappel, „het brood der armen". Oorspronkelijk werd hij in Chili, Peru en de hoogvlakte van Nieuw-Granada verbouwd, maar was in Mejico onbekend en is van daar aanvankelijk zeer langzaam over de aarde verbreid; in Midden-Europa werd hij na de mislukte oogsten van 1770 en 1771 ingevoerd. Thans is de plant in sommige landen b.v. Ierland en ook ons vaderland zoo onmisbaar, dat een mislukte oogst eene ramp voor de lagere klassen zou zijn. Als grondstof voor de bereiding van brandewijn is de aardappel eerder een vloek dan een zegen te noemen; schoon dat heeft hij met vele graangewassen gemeen.

Minder bekend zijn: de bataat, de knollen van de batatenwinde, die zich uit Middel-Amerika zelfs naar Oost-Indië verbreid heeft. De knollen hebben de grootte van eene vuist, bevatten veel voedende bestanddeelen, zijn gemakkelijk te verteren en zeer gezond. De smaak schijnt met dien van kastanjes overeen te komen. In Spanje verbouwt men eene soort onder den naam van Kastiliaansche wortels. Bataten waren bijna het eenige voedsel van de slaven in Amerika. In West-Indië bereidt men er een geestrijk vocht uit.

De maniok of cassave, eveneens afkomstig uit tropisch Amerika en van daar verbreid. De wortel bevat veel zetmeel, maar ook het vergiftige sap voor de pijlen der Indianen, dat echter door koken en uitpersen verwijderd kan worden. Een akker met maniok levert zesmaal zooveel voedsel als een even groote roggeakker. Het meel komt onder den naam van tapiocco in den handel.

De jamswortel levert een meelsoort, die ook onder den naam van maniok in den handel komt, maar de knollen zijn grooter. Op de eilanden van den Grooten Oceaan levert hij met den broodboom (Zie § 370) het hoofdvoedsel voor de bevolking.

De pijlwortel komt in Zuid-Amerika in het wild voor en wordt tegenwoordig zoowel in West- als Oost-Indië verbouwd. Uit den wortel bereidt men het arrowroot, dat om zijne voedende eigenschappen, maar nog meer om zijne lichte verteerbaarheid, in den handel voorkomt.

De boomsoorten, die den mensch voedsel verschaffen, zijn reeds in § 369 en verv. genoemd. Aan de zone der tropische cultuurboomen sluit zich die der zuidvruchten aan. De meeste, zoowel tropische als subtropische, zijn van Aziatischen oorsprong.

§ **391. Overige cultuurplanten.** Behalve om zich te voeden heeft de

mensch eene menigte planten gecultiveerd om zich het leven te veraangenamen. Daarvoor leverde Afrika zijn koffie, Oost-Azië thee, Amerika cacao en tabak, West-Azië wijn, Voor-Indië suikerriet en peper, de Molukken kruidnagelen en notemuskaat, Ceylon kaneel, enz.: de volledige lijst zou eene groote uitgebreidheid beslaan.

Koffie komt van Abessynië tot Guinea in het wild voor. Uit Yemen brachten de Hollanders de plant in 1690 naar den Indischen Archipel en de Franschen in 1719 naar Amerika. In 1554 werd te Konstantinopel, in 1652 te Londen, in 1672 te Parijs het eerste koffiehuis geopend. Thans wordt bijna in alle keerkringsgewesten koffie verbouwd. De jaarlijksche opbrengst wordt op meer dan 300 millioen kilogram geschat.

Thee schijnt uit de grensgebergten van Assam en China afkomstig te zijn en wordt sedert onheuglijke tijden in China in tallooze verscheidenheden verbouwd. Daar onderscheidt men de theesoorten als bij ons de wijnen. Het theegebied ligt daar tusschen 35° en 24° N.B. Ook in de bergstreken der heete zone b.v. op Java komt de plant voor. De lagere wintertemperatuur van China schijnt echter van zeer gunstigen invloed op den geur. De gezamenlijke uitvoer van thee uit Azië bedraagt ongeveer 150 millioen kilo, waarvan uit Java twee millioen.

Cacao is een product van Centraal-Amerika en de noordelijke landen van Zuid-Amerika. Reeds gebruikten de Mejicanen de zaden om chocolade te bereiden. In Centraal-Amerika en in Spanje en Portugal is zij de nationale drank.

Tabak is evenals de vorige plant uit Amerika afkomstig en heeft zich na de eerste helft der 16de eeuw over Europa verbreid. Niettegenstaande de meest dwaze verbodsbepalingen drong het gebruik ervan spoedig tot alle klassen der maatschappij door. De cultuur van tabak in Nederland dagteekent van het jaar 1615. Van beteekenis voor den wereldhandel zijn de opbrengsten van het zuidelijk deel van de Vereenigde Staten (Virginië en Maryland), van de Antillen (Cuba), van Venezuela, van Java, van de Philippijnen (Manilla) en van Turkije. Daar de vraag naar de beste soorten het aanbod verre overtreft, is de vervalsching groot.

Suiker. Het suikerriet heeft zich vroeger uit Voor-Indië naar China en Arabië verbreid, is door de Arabieren naar Europa en vandaar naar Amerika overgebracht, waar het tegenwoordig in West-Indië, Brazilië en de Vereenigde Staten veel voorkomt. In Afrika wordt het vooral op de Mascarenen verbouwd en ook in Queensland legt men zich op de cultuur toe. Het verbruik van rietsuiker is in de laatste eeuw aanmerkelijk gestegen. In 1700 bedroeg dit 50 millioen kilo, thans reeds 2800 millioen kilo. Daar den Europeanen de arbeid op de plantages te zwaar viel, was de suikercultuur meer dan eenige andere oorzaak, dat de slavenhandel ontzettende uitbreiding verkreeg. Maar daardoor ging met de afschaffing der slavernij ook teruggang in de suikerproductie gepaard. Om in de toenemende behoefte te voorzien nam de fabricatie van beetwortelsuiker een hoogen vlucht; tegenwoordig brengt Europa meer dan 1200 millioen kilo beetwortelsuiker voort.

Wijn. In de wouden aan den zuidelijken oever van de Kaspische Zee is de wijnstok inheemsch. Van daar is de plant reeds in de oudheid naar het gebied van de Middellandsche Zee overgebracht. Door den invloed van den Islam heeft zij hier aan gebied verloren, maar zich steeds naar het noorden uitgebreid, totdat in de Middeleeuwen zelfs in zuidelijk Engeland, noordelijk Frankrijk, Thüringen en Brandenburg wijn werd gewonnen. Aan deze noordelijke grens werd echter met moeite eene mindere soort verkregen en toen nu door de betere verkeersmiddelen de betere soorten uit het zuiden zonder groote kosten aangevoerd konden worden, werd de cultuur in het noorden opgegeven. In het algemeen behoeft de wijnstok een zeer warmen zomer en stijgt de poolgrens niet over 51° N.B. In Europa loopt deze als volgt. Aanvangende bij den mond van de Loire (47°) buigt zij zich over Parijs en Bonn ($51\frac{1}{2}$°) naar de Wetterau en langs de Main naar Bohemen, dan door Moravië en langs de zuidelijke helling der Karpaten naar Astrakan (46°). Sporadisch komt de cultuur nog bij Meissen in Saksen en bij Grüneberg (52° N.B.) in Pruisen voor. De plant is aan de gematigde luchtstreek gebonden, de aequatoriaalgrens bereikt op de Canarische eilanden (28° N.B.) haar zuidelijkste punt, altijd wanneer men enkele streken in de tropische gewesten uitzondert, waar op de gebergten de wijnstok gekweekt kan worden. In Noord-Amerika, Chili, het Kaapland, Australië en Nieuw-Zeeland komt de plant tegenwoordig voor, maar nergens heeft de cultuur zich zoo ontwikkeld als in Europa, waar Zuid-Frankrijk, de Rijngau en noordelijk Hongarije de meeste en beste soorten voor den wereldhandel leveren. Rozijnen levert vooral Spanje, krenten komen voornamelijk uit Griekenland en van de Jonische eilanden. Tot overzicht diene de volgende tabel van de gemiddelde wijnopbrengst per jaar van de staten in Europa:

Frankrijk	jaarlijks	48	millioen	Hectoliter.
Oostenrijk-Hongarije	"	18	"	"
Spanje en Portugal	"	10	"	"
Italië	"	5	"	"
Duitschland	"	4	"	"
Zwitserland	"	1	"	"
Griekenland	"	0.3	"	"
Rusland	"	0.1	"	"
Europa te zamen	"	86.4	"	"

Peper kwam oorspronkelijk aan de Kust van Malabar voor en heeft zich vandaar over Achter-Indië en Insulinde verbreid. Vooral Sumatra levert tegenwoordig eene groote hoeveelheid. Men gebruikt van de plant den zaadkorrel. De witte peper verkrijgt men van de rijp, de zwarte van de onrijp afgeplukte vruchtjes. In de Middeleeuwen was deze specerij hoog geschat en zeer duur. Schulden werden met peper betaald, schenkingen in peper aangeboden, ruilhandel met peper gedreven. De hooge prijzen, voor dit artikel bedongen, waren oorzaak, dat de Portugeezen vol

ijver onderzoekingen deden naar den zeeweg naar Indië. De groote bloei van den handel van Venetië en Genua waren voor een groot deel te danken aan dit product. Toen in 1522 een Portugeesch schip voor 't eerst eene lading peper in Antwerpen binnenbracht, begonnen de Middellandsche-Zeesteden te tanen.

Kruidnagelen en muskaatnoten leverden met de peper en de kaneel den Nederlanders groote winsten op. De rijkdom van ons volk is voor het grootste gedeelte naar onze gewesten gevloeid in den tijd, toen de Oost-Indische Compagnie den alleenhandel in deze specerijen bezat. Tegenwoordig komen kruidnagelen, behalve op Ambon en de Oeliassers, ook in West-Indië en Zanzibar voor. In hun vaderland, Ternate en Tidor, zijn de boomen uitgeroeid. De kruidnagelen in den handel bestaan uit het vruchtbeginsel met de verdroogde kelktanden. De bloem wordt afgeplukt, voor zij ontloken is. De muskaatnoot in den handel is de gedroogde zaadkern, de zaadrok komt gedroogd voor onder den naam van foelie. Van de verdere specerijen noemen we nog ter loops de gember, eveneens van Indischen oorsprong, en de vanielje, die uit Mejico afkomstig is. De vruchten van deze laatste plant worden onrijp afgeplukt en gedroogd.

Tot streeling van de zinnen, hoewel dan ook met verwaarloozing van zijn lichaam, gebruikt de mensch het opium, dat uit de papaver wordt bereid en vooral bij de Turken, Maleiers en Chineezen zeer geliefd is. In China is het sedert het laatst der vorige eeuw ingevoerd. De pogingen, door de Chineesche regeering aangewend om den invoer uit Britsch-Indië te beletten, hebben tot een oorlog met Engeland geleid, waarna dit rijk vrijen invoer wist te bedingen. In Britsch-Indië zijn twee middelpunten voor de opiumteelt n.l. in het oosten het gebied zuidelijk van den Ganges tusschen Benares en Patna, en in het westen het Plateau van Malva. Het opium wordt bereid uit het gestolde sap, dat door insnijdingen uit den nog niet geheel rijpen zaadbol vloeit. Het behoort tot de beste bedwelmende geneesmiddelen.

Tot de meest verbreide geneesmiddelen behoort voorzeker de kinaboom, die ons de chinine oplevert. Oorspronkelijk komen de boomen voor aan de oostelijke helling van den Andes tusschen 10° N.B. en 22° Z.B. Zij beslaan daar eene oppervlakte zoo groot als Frankrijk en het Spaansche schiereiland te zamen. Zij tieren het best tusschen 1600 en 2600 meter hoogte. In Europa werd de kina eerst in 1639 ingevoerd. Met veel moeite en zorg is de boom ook naar Java overgeplant; in 1870 werd de eerste Java-kina te Amsterdam op de markt gebracht. Ook naar Britsch-Indië, Jamaïca, St. Helena, Bourbon, Madagaskar, Algiers, Teneriffe, Coïmbra in Portugal, Nieuw-Zeeland en Australië is de boom overgeplant. Er bestaat dus een zeer gewenschte verhouding tusschen het toenemend gebruik en de aanleg van plantages.

§ **392. Vervolg.** Merkwaardig zijn verder als cultuurplanten, die welke olie opleveren. Hiervan noemen we den olijfboom en den oliepalm.

De olijfboom is uit Palestina (Olijfberg bij Jerusalem) en uit Klein-Azië over geheel Zuid-Europa verbreid en later naar Amerika en Australië verplant. De ovale vruchten bevatten de bekende olijfolie, welke in Zuid-Europa, waar rundvee ontbreekt, de plaats van onze boter bij de bereiding der spijzen inneemt. Ook als geneesmiddel is zij van beteekenis. De slechte soorten worden tot de bereiding van zeep gebruikt. Bij de Israelieten was de olijfolie ook bij het aanbieden van offers in gebruik, diende tot zalven van hoofd- en baardhaar, enz. Een olijftak was bij de Grieken het teeken van vrede en vriendschap.

De oliepalm, die vooral in de Nigerdelta voorkomt, levert evenals de kokospalm een vet, dat vooral tot het bereiden van zeep gebruikt wordt. De handel in deze palmolie schijnt op de westkust van Afrika den slavenhandel te remplaceeren.

Niet minder van waarde zijn de planten, die weefsels opleveren, zooals het vlas, het katoen, de hennep, enz.

Vlas is sinds overoude tijden in gebruik en komt op grooter gebied voor dan eenig andere cultuurplant. Het groeit zoowel in Oost-Indië als in Zweden, en reeds de bewoners der paalwoningen moeten er hun voordeel mede gedaan hebben. Het schijnt afkomstig uit den Kaukasus, waar het in enkele streken nog in het wild wordt aangetroffen. De hoofduitvoer heeft tegenwoordig het meest plaats uit Rusland en Duitschland. De plant wordt meer om het linnen dan om het lijnzaad en de lijnolie gekweekt. De uitgeperste zaden leveren een heerlijk veevoeder.

Katoen was tot op het midden der vorige eeuw slechts in Oost-Indië en bij de inboorlingen van Amerika in gebruik, maar heeft zich na de uitvinding van stoommachines over de geheele wereld doen waardeeren. Sedert heeft het Engelsche fabriekswezen zulke ontzettende hoeveelheden katoenen stoffen tot zulke lage prijzen op de wereldmarkt gebracht, dat de overige landen in dit opzicht min of meer afhankelijk van de Britsche nijverheid zijn geworden en Londen de wereldmarkt voor katoen mag heeten. De Engelsche industrie verkreeg de grondstof voornamelijk uit het zuiden der Vereenigde Staten van Noord-Amerika. Tot aan het begin van deze eeuw was de cultuur van de katoenplant daar van weinig beteekenis, maar sedert nam zij een hoogen vlucht. In 1830 bedroeg de oogst 200 millioen kilogram, in 1850 reeds 420 millioen kilogram en tien jaar later 983 millioen kilogram. Met de vermeerdering van de katoenplantages breidde de slavenhandel zich zeer uit en eindelijk arbeidden daar meer dan 800,000 slaven. Daar brak de burgeroorlog uit, de fabrieken in Engeland stonden stil; Amerika voerde geen grondstof uit. Maar Engeland zocht nieuwe streken op: in Voor-Indië, in Egypte, in tropisch Afrika, op de Fidsji-eilanden werden met gunstig gevolg plantages aangelegd. Mejico, West-Indië, Columbia, Venezuela, Brazilië, zelfs China zond zijn ruwe katoen naar Engeland. Intusschen zijn ook de Vereenigde Staten weder op de wereldmarkt verschenen. Gemiddeld kwamen in 1871 en 1872 ongeveer 1150 millioen kilogram

ruwe katoen naar Europa; daarvan leverde Noord-Amerika 523 millioen, Engelsch-Indië 230 mill., Egypte 100 mill. en Brazilië 61 mill. kilogram. In Engeland leven meer dan 4 millioen menschen van de bewerking van ruwe katoen. Ten slotte zij nog opgemerkt, dat men van de plant het zaadpluis gebruikt.

Hennep is afkomstig uit Perzië en het noordelijk gedeelte van Indië, vandaar heeft zij zich zuid- en westwaarts verspreid en komt tegenwoordig vooral in Zuid-Duitschland en Rusland voor. Van de stengelvezels spint men garen; van het sap maakt men een geestverdoovend middel. Voor den wereldhandel is de plant van minder beteekenis dan de vorige. Van de overige vezelplanten noemen we nog: de agaven, de Manillahennep, de palmen, Nieuw-Zeelandsch vlas (ook in Zuid-Europa verbouwd) en het Spaansche espartogras.

Behalve tot zijn nut of tot zijn genot zijn door den mensch nog uit andere drijfveeren planten verspreid. We hebben reeds opgemerkt, dat de olijftak een teeken van vrede en vriendschap was. Evenzoo had ook de dadelpalm bijzondere waarde en wel uit een godsdienstig oogpunt. Palmbladeren, echte palmbladeren, versieren het Vaticaan op Palmzondag; waar geen palmbladeren te krijgen zijn gebruikt men de bladeren van andere gewassen, bij ons van den buks (Buxus sempervirens), in Ierland van den wilg.

VII. VERBREIDING DER DIEREN.

§ **393. Belang van het dierenrijk.** Tot de dierenwereld staat de mensch in vele opzichten even na in betrekking als tot de plantenwereld: hij ontleent er een groot deel van zijn voedsel aan, hij heeft er eenige soorten uit getemd d. i. aan zich dienstbaar gemaakt, andere leveren hem stof voor lichaamsbedekking en nog andere moet hij als vijanden bekampen, daardoor ontwikkelt hij vele van zijn vermogens. Toch is voor den aardrijkskundige het dierenrijk van minder belang, dan het plantenrijk, omdat het zelden een bepaald stempel op de een of andere streek drukt. We moeten hier echter wijzen op een groot belang, dat de geograaf hecht aan de verspreiding der dieren, namelijk dit, dat hij daaruit iets kan afleiden, aangaande vroegere verhoudingen van de uitgestrektheid der landmassa.

§ **394. Invloed van het klimaat op de dierenwereld.** Deze invloed laat zich niet zooals bij de planten in drie verschillende rubrieken verdeelen, daar de factoren licht en vochtigheid te zeer op den achtergrond treden. We hebben hier voornamelijk te doen met den factor warmte. De meeste dieren planten zich door eieren voort. Het uitbroeden dezer eieren is reeds van de temperatuur afhankelijk, daar het slechts bij de vogels door de lichaamswarmte van het individu geschiedt. Evenzoo is het bereiken van verschillende ontwikkelingstoestanden, b. v. de gedaanteverwisseling van de insecten, van de temperatuur afhankelijk. Maar het duide-

lijkst ziet men den invloed van de warmte in de groote verscheidenheid, die er ten opzichte van het dierlijk leven in de verschillende warmtezonen heerscht, ofschoon men in dit opzicht niet elk verschil op de temperatuur mag schuiven. Het dier toch is in zijn bestaan afhankelijk van de plantenwereld, waaraan het zijn voedsel ontleent, en deze plantenwereld vertoont de uiteenloopendste verschillen, als men van den aequator naar de pool gaat.

Het aantal diersoorten neemt naar de pool spoedig af en slechts weinige soorten, dikwijls vertegenwoordigd door eene ontzettende hoeveelheid individuen bevolken de poolgewesten.

Volgende tabel geeft een overzicht van den rijkdom van diersoorten der tropische landen tegenover de gematigde zone. We bepalen ons tot de landzoogdieren en de vogels.

	Noordelijke gematigde zone.		Tropische zone.			
	Oude Wereld.	Nieuwe Wereld.	Zuid-Amerika.	Afrika.	Indie.	Australie.
Apen	4	—	114	55	61	1
Halfapen	—	—	—	51	5	—
Handvleugeligen	52	20	130	61	114	60
Insecteneters	32	31	2	33	37	2
Roofdieren	64	50	46	90	93	—
Eenhoevigen	4	—	—	3	—	—
Dikhuidigen	2	1	5	12	13	5
Herkauwenden	71	13	16	88	38	1
Knaagdieren	157	149	221	120	141	34
Tandeloozen	—	—	34	6	2	—
Buideldieren	—	2	22	—	—	125
Vogelbekdieren	—	—	—	—	—	3
Landzoogdieren	386	266	590	519	504	231
Oppervlakte in mill. KM².	50	22	20	24	9	9
Op 1 mill. KM². gem.	8	12	30	21	56	25
Zangvogels	438	313	1983	999	1067	869
Klim- en schreeuwvogels	51	50	790	268	301	155
Papegaaien	—	1	144	25	27	198
Duiven	10	7	75	46	66	150
Hoenders	56	24	126	61	81	35
Roofvogels	72	61	154	111	114	97
Loopvogels	—	—	3	2	—	15
Vogels(behalve zwemvogels en steltloopers	627	456	3276	1512	1656	1519
Op 1 mill KM². gem.	12	20	168	62	179	164

Bij de dieren is het echter nog moeielijker aan te geven dan bij de planten, welke temperatuur en welke warmtehoeveelheid voor een bepaald individu een behoefte is. De eigen warmte der dieren verstoort de berekening. Zooveel is echter zeker, dat zeer lage temperaturen nadeeliger op het dierenrijk dan op het plantenrijk werken.

Maar de berekening wordt nog moeielijker, doordat de dieren eigenaardige middelen bezitten om zich tegen eene te lage temperatuur te beveiligen. Daalt de warmtegraad ergens onder een bepaald minimum, dan verlaat een groot deel der zeer bewegelijke fauna die streek om warmer plaatsen op te zoeken, zooals we dat jaarlijks bij onze trekvogels kunnen opmerken. De dieren van hooge gebergten ontwijken de koude in lagere, mildere streken, de dieren van hoogere breedten zakken naar den aequator af. Warmte, koude en gebrek aan passend voedsel noodzaken tot landverhuizing. Andere dieren, wien een dergelijk middel tot plaatsverandering ontbreekt en die toch tegen de heerschende koude niet bestand zijn, begraven zich in den bodem of vallen in eene soort van verdooving, die wij winterslaap noemen. Winterslaap en landverhuizing ontbreken in een gelijkmatig klimaat.

Bovendien zijn de wisselingen in temperatuur van zeer veel invloed op de dierenwereld. Groote temperatuursverschillen kunnen alleen krachtige individuen doorstaan. Bij gelijkmatigen al is het dan ook lagen warmtegraad dieren zwakke beter dan in een hooge, ongelijkmatige temperatuur. Daardoor worden vele weekdieren aan de Groenlandsche kust groot en hebben dikke schalen, terwijl dezelfde soorten in de Oostzee klein blijven en dunne schalen bezitten. De kolibri's, echte tropenbewoners, verbreiden zich aan de westkust van Noord-Amerika tot 61°, in Canada tot 57°; in het zuidelijk halfrond tot Vuurland, waar ze vaak van sneeuwstormen te lijden hebben, en op de Chimborazo gaan ze tot aan de sneeuwlinie (4900 meter), maar daar heerscht een gelijkmatig klimaat evenals in Vuurland. Papegaaien komen met de palmen op Nieuw-Zeeland voor. Volgens een genomen proef kunnen zij ook in de wouden van Engeland overwinteren. Het is aan geen twijfel onderhevig, dat eenige tropische dieren ook koudere klimaten kunnen verdragen, mits daar geen groote temperatuursverschillen voorkomen, zooals in het zeeklimaat. Zoo is het duidelijk, dat zich tropische dieren op het zuidelijk halfrond verder naar de pool kunnen uitbreiden dan op het noordelijk. Ook blijkt er uit, dat het niet de schuld van het klimaat is, dat West-Europa geen papegaaien bezit; waarschijnlijk is dit een gevolg van het historisch element in de verbreiding der dieren.

Dat het licht toch ook eenigen invloed op de dierenwereld uitoefent, blijkt hieruit, dat over 't algemeen de bewoners van holen en spelonken blind of halfblind zijn. De rudimentaire oogen van den holensalamander in de holen van Krain wettigen het vermoeden, dat we hier te doen hebben met organen, die door lang gebrek van werkzaamheid hunne geschiktheid om gebruikt te worden hebben verloren. De kleine oogen van den mol wijzen op iets dergelijks. Bovendien zijn de meeste dieren, die in donker leven bleek gekleurd. Evenwel dient men èn de blindheid èn de bleeke kleur niet als een uitsluitend gevolg van het gebrek aan licht te beschouwen, want in holen en op groote diepten in zee komen ook dieren voor met

goed ontwikkelde oogen en op den bodem van den oceaan bewegen zich individuen met de levendigste kleuren.

§ **395. Invloed van de plantenwereld.** Namen de planten bijna zonder uitzondering anorganische voedingsstoffen tot zich, de dieren voeden zich grootendeels met organische stoffen. Daardoor zijn zij of onmiddellijk of middellijk van den plantengroei afhankelijk. Dit geldt niet alleen, zooals men misschien oppervlakkig zou meenen voor de landdieren, maar ook voor de bewoners van den oceaan, want ook op de oppervlakte der zee komt plantengroei voor. Ook het dierlijk leven op den bodem van diepe meren kan door organische stoffen onderhouden worden, daar deze toch aanhoudend bezinken. Onmiddellijk afhankelijk van de plantenwereld zijn de planteneters, middellijk de vleeseters, welke zich met hen voeden en slechts zelden elkander tot voedsel gebruiken. Daardoor ontstaat eene eigenaardige verhouding tusschen vleeseters, planteneters en plantenvoorraad, die zich hierin duidelijk uitspreekt, dat de eerste minder in aantal zijn dan de tweede, en de tweede minder in massa dan de derde. Ook neemt dientengevolge het aantal plantenetende dieren naar den aequator toe.

Waarom? De toeneming is niet evenredig.

Men onderscheidt monophage (die van slechts ééne plantensoort leven), polyphage (die van veel plantensoorten leven) en omnivore dieren (die alles eten). Natuurlijk zijn de eerste in hun bestaan het meest beperkt. Veranderingen in de flora van een streek, moeten ook steeds verandering in de fauna tengevolge hebben. Afgezien van de plant als voedende stof, heeft de vorm, waarin het plantenkleed voorkomt, dikwijls grooten invloed op de verbreiding van de dieren. Sommige bewonen het woud en kunnen in de steppe niet tieren, andere verkiezen de woestijn, enz. Alleen in het woud leven de apen, vele vleermuizen, het eekhoorntje, het hert, de meeste roofvogels, alle klimvogels, enz. In de steppe leeft het eekhoorntje niet. Voor andere dieren stelt het woud eene besliste grens aan de verbreiding zooals voor de zebra, het kameel, de giraffe, terwijl weer andere, zooals de wolf, zoowel in het woud als in de steppe voorkomen.

§ **396. De kleur der dieren.** Eigenaardig is de overeenkomst, die er bij vele dieren bestaat tusschen de kleur der huid en de kleur van de woonplaats. Salverda verhaalt ons van de schol, dat zij verschillende kleuren kan aannemen, naar gelang van den zeebodem, waarop zij leeft (zie Salverda, Handleiding, blz. 193). Deze overeenkomst is den dieren voordeelig uit tweeërlei oogpunt. In de eerste plaats strekt zij als beschutting tegen vijanden, in de tweede als bedekking om de prooi ongemerkt te naderen. De kleur der dieren in de poolstreken is doorgaans wit, in de woestijnen isabelgeel, in de steppen donkergeel, op bergen grauw. In de tropenwouden vindt men veel groene vogels en groene insecten. Zelfs de groote roofdieren deelen in dit voordeel: is de leeuw der steppe niet geel

en ontwaart men in de zwarte strepen van de tijgerhuid niet eene nabootsing van den bamboesstengel! Deze beschuttende kleuren zijn alzoo door de natuur ontstaan (zie § 355), niet alzoo de helle kleuren van vele dieren, bijzonder van vogels, in de tropische luchtstreek.

Wat herinnert ge u in dit opzicht van het vederdek van den mannetjes-paradijsvogel?

Tegen de zeer verbreide meening, dat in de tropische luchtstreek de bonte kleurenpracht door den overvloed van licht zou ontstaan, kan men het feit stellen, dat de prachtige goud- en zilverfazanten in noordelijk China en Mongolië voorkomen en dat in de Sahara, waar zeker het zonlicht even krachtig is als in andere tropische gewesten, de hoofdkleur der dieren gelijk is aan die van het woestijnzand.

§ **397. Invloed van de dieren op elkander.** In § 356 is er reeds op gewezen, dat het eene dier zich vijandig tegenover het andere stelt, om het zijne plaats op de aardoppervlakte te betwisten. Natuurlijk is de strijd het heftigst tusschen die dieren, welke dezelfde levensbehoeften hebben. Bekend is het, dat de zwarte rat (Mus rattus) voor het begin der achttiende eeuw ongestoord in de kelders en spijskamers onzer woningen leefde. Toen echter de grootere grauwe rat (Mus decumanus) in 1727 van de kusten der Kaspische Zee naar Europa verhuisde, ontstond er tusschen beide een strijd, die met den ondergang van de kleinste eindigde, zoodat deze slechts op enkele plaatsen meer wordt aangetroffen.

Echter moet men zeer voorzichtig wezen in het toekennen van invloed van de eene diersoort op de verdelging van de andere. Een merkwaardig voorbeeld van overdrijving in deze leveren ons de verhalen over de tetsevlieg. De steek van deze vlieg (onder den naam van tetsevlieg of surreta vatten de inboorlingen verscheidene soorten te zamen) is volgens vele reizigers voor ossen, paarden, kameelen en honden absoluut doodelijk, terwijl zij voor menschen, wilde dieren en kalveren, zoolang deze gezoogd worden, onschadelijk is. Van Sennaar tot in Zuid-Afrika ontbreekt dan ook veeteelt en de reiziger zoekt vergeefs naar lastdieren. Toch is de nadeelige invloed van de tetsevlieg niet boven allen twijfel verheven, want een zeer betrouwbaar reiziger grondde op veeljarige ondervinding de overtuiging, dat in sommige streken van Afrika, het geheele jaar door of gedurende den regentijd, het klimaat voor de ingevoerde huisdieren noodlottig schijnt te zijn. Hij zegt er opzettelijk bij, dat de inboorlingen het sterven der dieren aan de genoemde vlieg toeschrijven, maar dat deze inderdaad eerst als ondergeschikte factor in aanmerking komt.

't Volgende voorbeeld stelt in het licht, hoe ver zich de invloed der dieren onder elkander uitbreidt. In Paraguay komen geen verwilderde paarden, honden en runderen voor, ofschoon dit wel ten noorden en ten zuiden van genoemd land het geval is. Dit komt daarvan, dat hier eene zekere vliegensoort haar eieren legt in de teederste deelen van jonggeboren huisdieren en hen daardoor doet sterven. De vermeerdering van deze vliegen bewerkt eene vermeerdering van insectenetende

vogels en hiermede staat weer het aantal roofvogels in verband. Deze samenhang is licht te overzien: met de roofvogels nemen de vliegen in aantal toe en de huisdieren sterven in grooten getale; maar de bewoner, die de roofvogels verdelgt, verdedigt zoo doende zijne huisdieren.

§ **398. Invloed van de levenlooze natuur op de verbreiding der dieren.** Behalve op die gevallen, waar de anorganische stoffen als voedende bestanddeelen optreden, willen we volledigheidshalve nog wijzen op den invloed door lucht en water op de dierenwereld uitgeoefend. De lucht is in de eerste plaats van belang: verschillend gevormde organen voeren het bloed de noodige zuurstof toe. Sommige gassen, zooals koolzuur, werken schadelijk, ja doodelijk. Evenzoo is de graad van vochtigheid van beteekenis. Landslakken hebben aan groote vochtigheid behoefte, sommige insecten brengen het droge jaargetijde in den toestand van ei door. Door overgroote vochtigheid kunnen echte waterdieren op het land hun verblijf houden: de landbloedzuiger maakt sommige tropische wouden geheel ontoegankelijk.

Bij het water komt het er in de eerste plaats op aan, hoeveel zoutdeelen er in opgelost zijn. Zout water is het element voor veel meer diersoorten dan zoet water. Echter is de grens niet scherp te trekken, daar zoet-watervisschen, als zalm en steur, tijdelijk in zout water kunnen leven, terwijl zeedieren soms in zoet water worden aangetroffen. Maar toch is het zoutgehalte voor vele zoet-waterbewoners een onoverkomelijke hinderpaal. Natuurlijk is de hoeveelheid lucht, die in het water opgelost voorkomt, mede van belang. De invloed van stroomend water is in den laatsten tijd meer en meer duidelijk geworden. Vrij zwemmende dieren worden er natuurlijk door medegesleept of in hunne beweging belemmerd. Groot schijnt deze invloed te zijn op de gebouwen der koraaldiertjes. Zeer geringe door dieren te voorschijn geroepen locale stroompjes zijn hier reeds van beteekenis. In vertakte koraalstokken vindt men vaak kleine krabben. De in- en uitademing van deze kleine diertjes veroorzaakt beweging in het water en deze is voldoende om een uitwas aan het koraalrif te doen ontstaan, dat de kleine krab langzamerhand insluit. Andere krabben hechten zich aan eenen massieven koraalstok en bewerken trechtervormige gaten. Na nauwkeurige onderzoekingen kwam Semper met eene nieuwe theorie over het ontstaan der koraaleilanden voor den dag. Naar zijne meening wordt de koraalstok door de diertjes onder invloed van de beweging van het zeewater, dat onophoudelijk nieuwe voedingsstoffen toevoert, zoolang opgebouwd, tot hij de gewone vloedhoogte bereikt. Door den invloed van zon, lucht en regen sterven nu de bovenste poliepen. Maar van ter zijden groeit de massa aan en vormt ten laatste een kom, waarvan het binnenste gedeelte met zand en kalk, en wat de zee er verder in mocht brengen, gevuld wordt. Ten tijde der ebbe komt de rand dier kom als ringvormig eiland boven. Wat nu van afzonderlijke koraalstokken geldt, is ook van toepassing op geheele riffen. Waar zwakke stroomen van veranderlijke richting in aanraking

komen met stil water, kan het koraalrif zich naar alle zijden ontwikkelen. Waar sterke stroomingen voortdurend evenwijdig langs de kust loopen, breiden die riffen zich ook evenwijdig aan die kust uit. Sterkte en richting der stroomen en het weerstandsvermogen der koralen zijn volgens Semper de hoofdoorzaken van de zoo verschillende vormen, die we bij de koraalriffen aantreffen.

Wat verstaat men door de zinkingstheorie van Darwin over het ontstaan van koraalriffen? Hoe ontstaat nu volgens Semper een kust-, een dam- en een lagune-rif?

§ 399. **Tropische dierenwereld.** Ofschoon we bij de verbreiding der dieren geen bepaalde zonen kunnen opgeven, bestaat er toch een groot verschil in de fauna op de verschillende breedten. Om dit te doen uitkomen geven we eene beschrijving van de beide uitersten: de tropische en de arctische fauna, en beginnen met de eerste.

Ofschoon de tropenwereld over 't algemeen rijk aan dieren is, komt deze rijkdom in geen vergelijking met die van de planten. De eerste indruk, dien men in het tropische woud ontvangt, is zoodanig, dat men aan het voorkomen van dieren zou beginnen te twijfelen. Geen wild, geen gevogelte, geen insect laat zich zien. De bontkleurige vlinders, die zich door grootte, aantal, verscheidenheid en teekening van die van de gematigde zone onderscheiden, vallen bij aandachtige beschouwing het eerst in het oog, niet de grootere dieren. Sommige vlinders hebben eene vlucht van 15—20 centimeter. Onder de overige insecten treden vooral de mieren op. Overal vieren deze hare vernielzucht bot. Vele soorten dringen de huizen binnen en eten alles op, wat maar eenigszins van haar gading is. Ook komen er veel soorten van bijen, wespen, kevers, spinnen, schorpioenen en duizendpooten voor. Van de laatste vooral kent men exemplaren van reusachtige grootte, maar ook spinnen hebben somtijds met uitgestrekte pooten eene afmeting van 15 centimeter. Hare webben zijn vaak zoo sterk als zijde en kunnen voor de vogels gevaarlijk worden. De grootte der insecten is waarschijnlijk een gevolg van den overvloed van voedsel en de gelijkmatigheid van het klimaat, inzooverre de groei van de larve door geen temperatuursverlaging afgebroken wordt.

Ook vindt men er vogels in al hun vederpracht. De hagedissen dringen vaak in de woningen. Gelukkig zijn de slangen alleen talrijk in droge streken en worden daar dan wel eens zeer lastig. Vele slangen zijn kolossaal groot. In de Oude Wereld bereikt de python slechts eene lengte van 9 meter, maar in de Zuid-Amerikaansche wouden leeft de boa constrictor, die eene lengte van 10 meter bereikt, en de 12 meter lange anaconda houdt zich in de Braziliaansche wateren op. Gelukkig zijn deze reuzen niet vergiftig.

Tot de typische diervormen der tropen behooren de krokodillen met hunne verwanten, den alligator en den Oost-Indischen gavial. Padden en kikvorschen komen verder voor. Tusschen de keerkringen bereikt ook de orde der apen en der vledermuizen haar grootste ontwikkeling.

Ter loops voegen we hier nog aan toe, dat in de tropische zone nog overblijfselen voorkomen van de voorwereldlijke fauna, zooals de buideldieren, die in andere aardstreken reeds lang ten onder zijn gegaan.

§ **400. Arctische fauna.** In het hooge noorden ontwaart men bij den eersten aanblik evenmin dierlijk leven, als in het tropische woud. Maar onttrok daar het dichte plantenkleed de fauna aan ons oog, hier zien we dadelijk bijna alles, wat er te beschouwen is, en dat is zeer weinig. De landzoogdieren zijn hier tot 8 familiën ingekrompen (in de tropenzone 69) en deze vormen slechts 16 soorten. Als heer en meester zwerft de ijsbeer rond, hij vertegenwoordigt nog in grootte en kracht de aequatoriale roofdieren. Daarenboven ontmoeten we den poolvos en den veelvraat (d. i. rotsbewoner). Van de huisdieren dringt de Eskimohond alleen ver naar het noorden. Het rendier en de muskusos, die nog in Groenland voorkomt, de poolhaas, de lemming en de muis komen eveneens tot in het arctische gebied voor. Maar hoe armzalig dan ook, nergens ontbreekt het dierlijk leven geheel. Op $81\frac{1}{2}^{\circ}$ N.B. schoten de leden der Oostenrijksch-Hongaarsche expeditie nog een ijsbeer. Op 74° N.B. werden nog twee soorten van musschen gevonden. Onder 73° N.B. wordt de insectenfauna zeer arm. Toch komen muggen in ontzettende hoeveelheid voor; op 70° hinderden zij de manschappen van John Ross geducht bij den arbeid; zij zijn soms eene ware landplaag.

De meeste vogels zijn trekvogels: tegen den winter trekken ze naar lager breedte en keeren in het voorjaar terug om in groote gezelschappen te broeden.

§ **401. Verticale verbreiding der dieren.** Even als het plantenleven met de hoogte afneemt, neemt men ook eene vermindering van de fauna waar, als men langs het gebergte omhoog stijgt. Door de bewegelijkheid, waarin zich de dieren verheugen, kan er van eene bepaalde verdeeling in lagen echter geen sprake zijn. Toch weet men, dat in verticale richting de fauna veel spoediger verarmt dan de flora. In de hoogere gedeelten van het gebergte komen dieren voor die verwanten in de arctische gewesten hebben. In de Oost-Alpen bevinden zich tusschen 1200—2700 meter hoogte de sneeuwhaas, die verwant is aan den poolhaas, de marmot en de sneeuwmuis, die een overeenkomstigen vorm in noordelijk Azië bezitten. De steenbok, die nog nu en dan in de Alpen wordt aangetroffen, komt op de Pyreneën, den Kaukasus en in Siberië voor; verwante vormen beklimmen de hellingen van den Sierra Nevada, de hoogste rotsen in Abessynië, de bergstreken in Midden-Egypte, Syrië en het schiereiland van den Sinaï. Volkomen dezelfde gems komt in de Europeesche bergstreken van den Kaukasus tot de Pyreneën voor. Al deze overeenkomst wijst ons er op, dat we hier te doen hebben met de onzamenhangende overblijfselen van een groot gebied, dat zich uitstrekte van de arctische zone tot in Zuid-Europa. Het klimaat in Europa moet gedurende het bestaan van dat groote gebied natuurlijk de eigenschappen bezeten

hebben van het hooggebergte of van de poolstreek, m. a. w. Europa moet toen grootendeels met ijs en sneeuw bedekt geweest zijn. Dat gebied bestond dus tijdens het diluviale tijdperk of den ijstijd. Fossielen van den alpinen marmot worden dan ook in het Europeesch diluvium gevonden.

§ **402. Invloed van den mensch op de dierenwereld.** In eene der vorige paragraven hebben we er op gewezen, dat de mensch, zonder het te willen, heeft bijgedragen tot de verspreiding der dieren. Van meer belang is hij in dit opzicht, als hij opzettelijk handelend optreedt. Tot zijn nut heeft hij verschillende dieren getemd en over den aardbodem verspreid, waar ze hem van nut konden zijn. Onder de getemde dieren, die melk en voedsel verschaffen, nemen de herkauwers eene eerste plaats in, en wel de koe, het schaap en de geit. De Nieuwe Wereld is in dit opzicht zeer arm geweest, het is den bewoners niet gelukt den bison te temmen. Vandaar dat de oorspronkelijke bevolking slechts op enkele plaatsen den akkerbouw beoefende. Toen echter uit Europa onze huisdieren werden ingevoerd, bleek het, dat de Nieuwe Wereld voor hunne ontwikkeling uitstekend geschikt was. Vooral de streken om de Rio de La Plata wemelden weldra van verwilderde koeien en paarden. Daar ontstond toen zelfs een herdersvolk, n.l. de Gaucho's. Evenzoo is het in het zuidoosten van Australië na de komst van Engelsche en in Zuid-Afrika na die van Hollandsche kolonisten.

Het schaap schijnt het eerst getemd te zijn. In wilden toestand schijnt het niet meer voor te komen. In het Oosten wordt het gehouden om zijn vleesch, maar over het geheel genomen is de wol belangrijker, daar zij de grondstof levert voor de kleederen van het grootste gedeelte der bevolking van Europa en van de Europeesche koloniën. De meeste wol leveren Australië, Zuid-Afrika en Zuid-Amerika. Van de vermeerdering der wolproductie in de landen buiten Europa geven de volgende cijfers eenig denkbeeld. Australië leverde in 1810 slechts 64 kilogram, in 1863 reeds 33 millioen, in 1868 reeds 67 millioen, in 1874 zelfs 112 millioen kilogram; het Kaapland in de laatste jaren 23—25 millioen kilogram; de La-Plata-Staten in 1863 nog 11 millioen kilogram, in 1874 reeds 84 millioen kilogram. Tegen eene dergelijke productie in den vreemde kan Europa alleen concurreeren, door zich toe te leggen op het verkrijgen van de fijnste soorten: Duitschland levert de beste wol.

Evenzoo is het rund sinds overoude tijden getemd. Men meent, dat het geschied is door de Indo-Germaansche stammen, toen deze nog niet uit elkander waren gegaan. Waarschijnlijk zijn onze tamme soorten van verschillende wilde afkomstig. Het rund breidt zich van Indië tot aan IJsland uit. In Noorwegen voedt het zich met vischafval. Van groot belang is het vooral om zijn vleesch. Vandaar dat de dichtbevolkte streken in Europa de middelpunten zijn, waarheen de veeboer van het platteland zijn vee in groote hoeveelheid zendt. In Zuid-Amerika en in Australië,

waar dergelijke dichtbevolkte streken ontbreken, was het rund tot voor eenigen tijd van weinig waarde. In de Staten van de Rio de La Plata stookte men de steenovens met de lijken der gedoode dieren. In den laatsten tijd brengt men het vleesch in den vorm van extract of in gedroogden toestand in den handel. Tegenwoordig beproeft men allerhande middelen om versch vleesch in bevroren toestand uit den vreemde op de Europeesche markt te brengen. Waar het vleesch geen genoegzame waarde heeft, wordt het rund om de huid, de horens of het vet gehouden. Ook kaas en boter zijn belangrijke handelsproducten.

De geit is waarschijnlijk afkomstig uit de gebergten van West-Azië. Zij levert melk en vleesch en van haar huid bereidt men fraai leder. Van de haren der kasjmirgeit worden de bekende sjaals vervaardigd.

De jak bewoont Azië tusschen Himalaya en Altai en strekt zich westwaarts tot de Pamir, oostwaarts tot in China uit. Tusschen 5000 en 5500 meter hoogte komt hij daar nog tegenwoordig in het wild voor. In Tibet en Mongolië is hij een der gewone huisdieren en dient tot ploegen, rijden en het dragen van goederen, vooral in de bergpassen. Melk, vleesch en wol levert dit dier den bewoners, terwijl het zomer en winter in de vrije natuur doorbrengt.

Verdere herkauwers van belang zijn:

De kameel. Men onderscheidt twee soorten: den eenbultigen of dromedaris en den tweebultigen of Bactrischen kameel. De dromedaris is afkomstig uit Voor-Azië en werd door de Arabieren over een groot gedeelte van Afrika (tot den Niger) verbreid. Daar, in de Sahara, werd hij bij uitstek „het schip der woestijn". Oostwaarts treft men hem aan tot in Dekan en Toeran. In de laatste jaren heeft men hem naar Californië en Australië overgebracht. Vooral in het laatste werelddeel kan hij van groot gewicht worden. Men onderscheidt rij- en lastkameelen. De eerste kunnen niet zoo snel voort als het paard, maar overtreffen dit verre in onvermoeidheid. Gemiddeld leggen zij 15 kilometer per uur af. De lastkameel gaat langzamer, maar draagt ongeveer 250 kilogram. Tusschen de Syr en de Amoe leefde oorspronkelijk de Bactrische kameel, die zich vandaar door Mongolië tot in China heeft verbreid. Voor het verkeer in de met sneeuw bedekte bergen is hij van onschatbare waarde.

De lama komt voor in de hooge bergstreken van den Andes en heeft voornamelijk waarde als lastdier.

Het rendier is aan de beide halfronden gemeen, maar alleen in het oostelijke getemd. Het maakt den poolgordel van de Oude Wereld bewoonbaar. Door het bezit van dit huisdier, dat bij de noordelijke volken de plaats van paard en rund inneemt, wordt de hoogere cultuurtoestand verklaard van de bewoners der poolstreken in de Oude Wereld tegenover de armoede, de wildheid van de Eskimo's der Nieuwe Wereld.

Het paard komt tegenwoordig evenmin als het rund en het schaap in wilden

toestand voor. Oorspronkelijk leefde het in Centraal-Azië en werd van daar naar Oost-Indië en Europa verbreid. Aanvankelijk werd het om melk en vleesch hoog geschat, maar ook zijn kracht en de snelheid zijner voeten waren gewaardeerde eigenschappen. Daardoor was het den Centraal-Aziatischen volken mogelijk, zich als lawinen over hunne naburen uit te storten en hen te overheerschen. Thans is het paard naar alle werelddeelen overgebracht en tiert in de pampa's van Zuid-Amerika even goed als in zijn oorspronkelijk vaderland. Talrijk zijn de verschillende variëteiten; de beroemdste is het zoogenaamde Arabische ras, waarvan de schoonste exemplaren in de Syrische woestijn geteeld worden.

De ezel is als wild dier uitgestorven en wordt alleen in Zuid-Europa geacht. Door kruising van ezel en paard ontstaan muildieren en muilezels. Deze zijn in Zuid-Europa, op de bergen van Midden- en Zuid-Amerika en voor het karavanen-verkeer in de oorspronkelijke wouden aldaar onontbeerlijk.

In Indië heeft men ook den olifant getemd. Om zijn kracht en leerzaamheid is hij van veel nut. Hij dient tot trek- en rijdier. Bij den krijg en op de jacht bewijst hij vele diensten. De Afrikaansche olifant komt thans niet meer getemd voor, wat zeer te bejammeren is, daar Afrika zeer groote behoefte aan lastdieren heeft.

Geen dier is meer de getrouwe metgezel van den mensch dan de hond. Vriendelijk en hulpvaardig, daarbij trouw en leerzaam, is hij over de geheele aardoppervlakte verspreid. Hij bewaakt huis en hof, hij gaat mede op de jacht, hij trekt den wagen of de slede der Eskimo's, ja op de eilanden van de Zuidzee wordt ook zijn vleesch gegeten.

Ten laatste noemen we nog de zijderups, die oorspronkelijk in China thuis behoort. Reeds in de oude tijden was de zijde een belangrijk handelsartikel. Onder keizer Justinianus werd de rups naar Europa overgebracht en Konstantinopel en Griekenland verschaften ons werelddeel de prachtige stof. De Arabieren voerden de teelt in Spanje in en van hier uit verkregen Italië en Frankrijk de cultuur.

VIII. PLANTENGEBIEDEN (Zie kaart XII).

§ **403. Natuurlijke flora- en faunagebieden.** Tusschen de flora, de fauna en het klimaat van een landstreek bestaat doorgaans eene eigenaardige verhouding: de planten zijn de spiegel, waarin zich de eigenschappen van het klimaat weerkaatsen. Daardoor vormen vele gedeelten der aardoppervlakte op zich zelf staande gebieden, die zich kenmerkend onderscheiden van andere. In tegenoverstelling van de kunstmatige gordels en plantenlagen, zou men deze gebieden de natuurlijke gebieden kunnen noemen. Wij volgen hier de indeeling van Grisebach en wijzen er nog even op, dat men die gebieden doorgaans plantengebieden noemt, maar dat er bij de indeeling tevens gelet is op klimaat en dierenwereld. We zullen er tevens bij opgeven,

welke van de later te noemen volken er voorkomen. Grisebach verdeelde de oppervlakte der landmassa in 22 gebieden. Deze gebieden zijn natuurlijk doorgaans niet scherp van elkander gescheiden. In de meeste gevallen dringen enkele planten en dieren over de grenzen van het eene in het andere.

I. **Arctisch gebied.** Klimaat. Aan de kusten vindt men over 't algemeen geen eeuwigdurende sneeuwmassa, maar is het laagland gedurende korten tijd geschikt voor plantengroei.

Plantengroei. In vele streken duurt de groeitijd niet langer dan 3 maanden, daardoor komen er geen boomen voor. De planten blijven bovendien klein. De hoogste struiken in het Taymirland bereiken slechts ruim 18 cM. hoogte. De poolwilg bereikt op Nova-Zembla eene hoogte van 13 cM. Over 't algemeen bestaat de plantenwereld uit mossen en saxifragen. Door den korten zomer ontbreekt alle akkerbouw. Toendra's komen in de Oude Wereld veel voor.

Dieren. Pelsdieren en zwemvogels komen in menigte voor. Op de groene weiden vindt men in den zomer rendieren en muskusossen. Poolvos en ijsbeer bewonen de ijsvlakten. In de zee leven zeehonden en walvisschen. Groote scharen vlooikreeften en muggen vormen de vertegenwoordigers der insecten. Het rendier en de hond zijn de eenige huisdieren.

Menschen. In dit Arctisch gebied komen in het noorden van Amerika en in Groenland de Eskimo's voor, in het noordoosten van Azië de Korjaken en de Tsjoektsjen. Zij behooren tot het Mongoolsche ras, terwijl de Ostjaken aan den mond van de Ob tot den Finschen tak van dit ras behooren, evenals de in Europa voorkomende Samojeden. De laatste leven van rendierteelt.

Het gebied strekt zich uit over alle circumpolaire landen ten noorden van de boomgrens, alzoo over het Europeesche Samojedenland, Noord-Siberië, het noordelijkste deel van de Hudsonsbaailanden en de eilanden ten noorden daarvan, benevens IJsland en Groenland.

Groote overeenkomst met dit gebied bezit de Alpine laag. Zie voor het onderscheid § 378.

II. **Woudgebied der Oude Wereld.** Klimaat. Het klimaat is gematigd. De zomer duurt langer dan in het vorige gebied. De neerslag is over het geheele jaar verdeeld; in het westen met herfst-maximum, in het midden met zomer-maximum. De regenhoeveelheid neemt van de kust naar 't binnenland af.

Plantengroei. Oorspronkelijk geheel met bosschen getooid, heeft de cultuur groote uitgestrektheden in akkers herschapen. In 't noorden reikt het gebied tot de woudgrens, in het zuiden grenst het aan het gebied der winterregens en aan dat van het steppenklimaat. De plantengroei duurt gemiddeld een half jaar. Groene weiden, golvende korenvelden, wouden van donkere naaldboomen en bladwisselende loofboomen tooien deze streek bij afwisseling. In het zuiden komt de wijnstok voor.

De Oeral deelt het gebied in twee deelen: het westelijk met zijn zeeklimaat herbergt eiken en ooftboomen, het oostelijk met zijn koude winters is voornamelijk door naaldhout bezet.

Doordat de mensch zich vooral in West- en Zuid-Europa van den bodem heeft meester gemaakt, treft men woud vooral in het oosten en noorden van Europa aan.

Dieren. Ook in de dierenwereld heeft de mensch groote veranderingen te weeg gebracht. Waar hij zich nederzet, vangt hij onmiddellijk den strijd aan tegen de wilde dieren. Hij temt of vernietigt ze. Van daar, dat de grootere zoogdieren bijna uit Midden-Europa zijn verdwenen, zooals de bruine beer, de wolf, de los, de wilde kat, de vos, de bever, de eland, de steenbok, de marmot, enz. Door kunstmatige bescherming houden het hert, het ree, de gems, het wilde zwijn en vele andere gezochte wildsoorten zich nog staande.

Menschen. In Europa wordt dit gebied hoofdzakelijk bewoond door volken van de Indo-Europeesche familie. Finnen en Magyaren behooren tot het Mongoolsche ras. In Azië is de oorspronkelijke bevolking Mongoolsch; tusschen hen vindt men veel Russische nederzettingen.

Het gebied beslaat Noord- en Midden-Europa en Noord-Azië van den Atlantischen Oceaan tot aan de Zee van Ochotsk.

III. **Gebied van de Middellandsche Zee.** Klimaat. Door de ligging in de subtropische zone hebben deze streken winterregen. Ga dit nog eens na.

Daardoor is de plantengroei in het warme jaargetijde afgebroken. Op de noordelijke grenzen heeft men voor- en najaarsregen als overgangsgebied. Gedurende den zachten wintertijd gaat de plantengroei ongestoord voort.

Plantengroei. Grasgroei komt weinig voor, dus geen weide en ook geen rundvee. Altijd-groene loofboomen en struiken, benevens boomen met leêrachtige bladeren behooren tot de typen.

Welk verband bestaat er tusschen die leêrachtige bladeren en den drogen zomer?

Langs de kust is het karakter van dit gebied het duidelijkst waar te nemen, in de hoogere deelen wijkt de plantengroei af. Veel typische planten zijn van elders ingevoerd, zooals de olijf, de oranjeboom, de laurier, de mirt en in den laatsten tijd agaven, cactussen en eucalypten. De uitroeiing der bosschen heeft de vochtigheid van den bodem nog verminderd. Toch is deze vaak buitengewoon vruchtbaar zooals blijkt uit de goedbesproeide huerta's in Spanje.

Van de cultuurgewassen komen vooral in aanmerking: tarwe en maïs, zelfs komt rijst, katoen en suikerriet voor; citroen, sinaasappel, vijg, amandel, kastanje; dadelpalm en dwergpalm verraden de nabijheid van de tropen. De wijnstok slingert zich in de vlakte om olmen, ahornen en populieren.

Dieren. Typische zoogdieren zijn de magot, de civetkat, de jakhals, het stekelvarken, de moeflon, de steenbok en het damhert.

Menschen. De bevolking behoort met uitzondering der Turken tot het Middellandsche ras. Op de drie zuidelijke schiereilanden vinden we Indo-Europeanen en wel Romanen, Thraciërs (Albaneezen), Grieken en Slaven (Boelgaren). In het oosten komen Semitische stammen voor (Israelieten en Arabieren). Aan de zuidkust van de Middellandsche Zee hebben de Arabieren en Turken zich gevestigd en de oorspronkelijke Hamitische bevolking, Fellah's (Egyptenaren) en Berbers, onderworpen.

IV. **Het Europeesch-Aziatisch Steppengebied.** Klimaat. Groote temperatuursverschillen (zie kaart I en II) maken het tot een typisch voorbeeld van vastlandsklimaat: een gloeiend heete zomer en een strenge winter wisselen elkander af. Weinig neerslag. De winterkoude wordt in het oostelijk, bergachtig gedeelte nog verhoogd door de verheffing boven de zeeoppervlakte.

De plantengroei houdt in het zuiden en oosten geheel op uit gebrek aan vocht, maar ook alleen daarom, want waar de besproeiing voldoende is, zooals aan de Wolga of in de oasen van Turkestan, blijkt, dat het den bodem aan vruchtbaarheid niet ontbreekt. De groeitijd gedurende de lente duurt echter slechts drie maanden, daarna verdrogen de planten, want gedurende den heeten zomer valt geen droppel water, en daarna volgen bijna onmiddellijk de sneeuwbuien van den winter. De steppe is bedekt met grasplanten, bolgewassen, zoutplanten en andere kruiden, zelden treft men struiken aan. Op de beter besproeide streken gedijen cultuurgewassen uit warmer oorden, zooals katoen en rijst. Om eene genoegzame hoeveelheid water te verkrijgen, leidt men de rivieren naar de akkers. De ooftboomen moeten tegen de winterkoude worden gedekt. Vandaar ook, dat de wijnstok in Astrakan niet omhoog, maar langs den grond gelegd wordt.

Dieren. Wat de dieren betreft, is er veel verschil tusschen de groote laagvlakte om de Kaspische Zee en het Aralmeer en de gebergten van Achter-Azië. In de vlakte vindt men de saiga-antilope in groote kudden, weinig vogels, maar veel reptielen. Op het hoogland behoort de paardenfamilie te huis: verwilderde paarden, de dsjiggetai en de wilde ezel zwerven er in menigte rond. Als huisdier is de Bactrische kameel van groot gewicht, zonder hem was de Gobi (geen woestijn, maar grootendeels steppe) onbegaanbaar. De jak en de muskusos komen bovendien voor. Van de roofdieren treft men er nu en dan den Indischen tijger en den panter aan.

De menschen, welke dit gebied bewonen, behooren tot twee verschillende rassen. In het westen vindt men den Indo-Europeeschen taalstam van het Middellandsche ras. Daartoe behooren de Russen, de Iraniërs (Perzen, Koerden en Armeniërs), de Afghanen en Beloedsjen en de stammen in den Kaukasus. In het oosten huizen Mongolen van den Oeral-Altaïschen stam en Tibetanen. Vele van deze laatste zijn nomaden.

Hoe staat dit in verband met het gebied?

Alleen waar stroomend water den akkerbouw te hulp kwam, hebben zich steden en staten gevormd.

V. **Chineesch-Japansch gebied.** Dit gebied breidt zich uit over het laagland en het middelgebergte van China, het zuiden van Mandsjoerije en Korea en de Japansche eilanden.

Klimaat. De winterkoude is op het vastland betrekkelijk streng, maar de neerslag is beslist periodiek en valt in het warme jaargetijde. Op de eilanden is de temperatuur 's winters iets hooger. De moessons, die tot 40°—45° N.B. reiken, schenken in den voorzomer overvloedig vocht. Daarmee is de plantengroei natuurlijk zeer gebaat. Het gebied behoort dan ook tot de meest bebouwde gedeelten der aardoppervlakte. Ook vindt men er vele houtgewassen. Verschillende cerealiën (d. i. graansoorten, zoo genoemd naar Ceres, de Romeinsche godin van den landbouw) worden gekweekt en daaronder vooral rijst, het hoofdvoedsel van de zeer dichte bevolking. Voortreffelijke oranjeboomen, thee, katoen en de moerbeziënboom zijn de meest bekende overige cultuurplanten. In het zuiden overschrijden veel tropische soorten de grens, waaronder altijd-groene struiken, als camelia's en de theestruik. In het noorden vindt men overeenkomst met het Europeesch-Aziatisch woudgebied.

Van de dieren zijn de fazanten, goudvisschen en zijderupsen in China het belangrijkst. Op het voorkomen van de laatsten berust een groot deel der Chineesche industrie. Japan is het land van den reuzensalamander.

Dit typisch cultuurgebied wordt sinds overoude tijden bewoond door een eigenaardige bevolking bestaande uit Chineezen, Tibetanen, Koreanen en Japaneezen. In het noorden en noordwesten komt vermenging met de eigenlijke Mongolen voor. Zij hebben door hun afzondering van de westersche beschaving hunne eigenaardigheid volkomen bewaard, alleen de Japaneezen zijn tot het bewustzijn gekomen, dat de westersche vreemdelingen hunne leermeesters kunnen zijn.

VI. **Indisch-Moessongebied.** Dit gebied omvat Voor-Indië behalve het noordwestelijke gedeelte, Achter-Indië, het zuidelijke deel van China, den Indischen Archipel tot aan de Straat van Makasser en breidt zich verder over een groot gedeelte der Australische eilandenwereld uit.

Klimaat. Bijna overal heeft men streng periodieken regenval bij westenwind. Trots de groote uitgestrektheid van het gebied is de temperatuur er bijna het geheele jaar gelijk. Alleen op de Australische eilanden wordt zij door het zeeklimaat meer gematigd. In Hindostan laat zich een droog moessongebied onderscheiden met korten regentijd, in Achter-Indië een vochtig met langen regentijd en op de eilanden een stiltegordel met rijkelijken neerslag gedurende het gansche jaar.

We zijn hier te midden van den weelderigsten plantengroei, dien men zich maar kan denken en waarvan in § 369 en 381 eene nadere beschouwing is geleverd.

In de drogere deelen van Hindostan komen savannen voor, hier en daar ontmoet men de armoede der woestijn, maar dat zijn uitzonderingen. De savannen zijn met alanggras bedekt, hier en daar door groepen boomen afgewisseld. Palmen en bananen behooren tot de typische boomen. Van het lage zeestrand tot de toppen der bergen vindt men bijna alle cultuurplanten der aarde vertegenwoordigd.

Ook wat de dieren betreft zijn we in de rijkste streek der aarde. Groote roofdieren verschuilen zich in het tropische woud. Op de eilanden komen veel slangen voor. Beren, honden en katten (waaronder de tijger) en hyena's zijn in den strijd om het bestaan de eenige vijanden van de groote planteneters, die hier overvloed van voedsel vinden. De logge olifant, de rhinoceros en de tapir, verschillende herten, vleermuizen en apen, waaronder de om zijn kracht zoo gevreesde majas of orang-oetang zijn de voornaamste zoogdieren. Van de vogels herinneren we aan de talrijke duiven en hoenders (den pauw), aan de papegaaien, de salanganen, enz. Vreeselijke krokodillen, reuzenslangen, brilslangen en vliegende draken bevolken stroomen en wouden, terwijl prachtige vlinders en duizenden insecten na zonsondergang door de lucht gonzen. Maar waar zouden we eindigen, als we een eenigszins volledige lijst wilden geven!

Menschen. Oorspronkelijke bewoners zijn de Dravida's, waartoe ook de Singhalezen op Ceylon behooren. Thans behoort het meerendeel van de bevolking van Voor-Indië tot de Hindoe's, een Arischen stam, behoorende tot de Indo-Europeanen. In het oosten van het vastland wonen volken van het Mongoolsche ras. Op de eilanden en het schiereiland Malakka treden Maleiers op en hier en daar Papoea's, ofschoon deze laatste meer tot het Australisch gebied behooren.

VII. **Woestijngebied**. Dit strekt zich uit over Afrika tusschen den Atlas en den Niger, tusschen Barka en Soedan, verder over het midden van Arabië en het westelijkste deel van Voor-Indië.

Klimaat. Droogte en hitte zijn de kenmerken van het klimaat in deze streken. Waarschijnlijk valt hier minder regen, dan ergens ter wereld. De voortdurende noordenwind strijkt bijna altijd over den dorren bodem, die door zijn continentale ligging toch reeds al de nadeelen van den heeten atmospheer ondervindt. De dagelijksche temperatuurwisseling is groot.

Hier en daar komt het water uit bronnen te voorschijn, hetzij geleverd door de zeldzame regenbuien, hetzij door den neerslag van naburige streken of van de hoogere deelen.

Plantengroei bestaat alleen daar, waar de bodem nog eenigszins besproeid wordt. Van de bron hangt het bestaan der oase af. Boomen komen voor, daar de strengheid van den winter wegvalt, maar de wisseling van de temperatuur gedurende een etmaal ('s nachts daalt de thermometer door de heldere lucht soms tot onder 't vriespunt) moet natuurlijk den plantengroei belemmeren. Hier is het

vaderland van den dadelpalm. Langs de karavaanwegen en in de oasen heeft de mensch vele planten verbreid.

Van de dieren is de struisvogel de meest typische woestijnbewoner, verder komen verschillende muizen, gazellen, vossen, jakhalzen, hyena's, stekelvarkens, gieren, enz. voor.

Menschen. De oasen worden bewoond door Arabische en Moorsche volksstammen van het Middellandsche ras. Hun bestaan berust op veeteelt en cultuur van dadelwouden. Op hunne vlugge paarden of gezeten op den eenbultigen kameel doorkruisen zij de woestijn, nu eens de karavanen begeleidend, dan ze als roovers aanvallend.

VIII. **Midden-Afrikaansch gebied.** Dit strekt zich over geheel Afrika uit van den 20sten graad noorder- tot den 20sten graad zuiderbreedte, loopt langs de oostkust tot Natal voort en breidt zich ook over de zuidkust van het Arabische schiereiland uit.

Klimaat. De temperatuur is hoog. Op de hoogvlakte wordt zij door de hooge ligging getemperd, maar heerscht in den kuststrook in al hare kracht. De regen valt bij den hoogsten stand der zon en levert eene voldoende hoeveelheid water, die van het oosten naar het westen afneemt. De dagelijksche wisseling der temperatuur is groot, ofschoon hier niet zoo groote verschillen worden waargenomen als in de Sahara.

Plantengroei. Ofschoon tropische hitte hier vergezeld gaat van rijkelijken neerslag, heerscht toch de vorm der savannen het meest. De ongelijke verdeeling van den neerslag over de verschillende jaargetijden is nadeelig voor den boomgroei. De meeste boomen zijn bladwisselend: gedurende den drogen tijd verliezen zij hun loof. Toch komen ook altijd-groene voor. In dit gebied met zijn zenithregen, zijn dagelijksche temperatuurwisseling, zijn buitengewoon ongezond karakter komen eene groote menigte eigenaardige planten voor, die men in andere streken der aarde niet vindt. Zulke planten noemt men endemisch (inheemsch) of typisch. Zij zijn juist voor de streek, waar ze groeien geschikt en houden in dit eigenaardige gebied den strijd tegen vreemde indringers met het beste gevolg vol. Van den Atlantischen Oceaan tot den Indischen vindt men zulke typen van menschen, planten en dieren. Sinds overoude tijden staat Afrika in verbinding met het overige gedeelte der Oude Wereld, schijnbaar ondervindt het voortdringen van vreemde individuen te land of te water geen belemmeringen en toch is bijna niets veranderd; hoe geheel anders dan in Australië.

De savanne draagt hier reusachtige grassoorten, maar ook dorre grasvlakten en woestijnen komen hier en daar voor. Onder de boomen vormt de baobab een evenbeeld van het werelddeel, waar hij voorkomt (zie blz. 428). Verder vindt men er den koepelpalm en den oliepalm. Evenzoo endemisch zijn de euphorbia's (wolfsmelkboomen) met hunne vleezige, cactusachtige bladeren en hunne giftige eigenschappen. In vergelijking met Zuid-Amerika en Indië is de flora arm.

Dieren. We zijn hier in het gebied der dikhuidigen en der groote herkauwers. Olifanten, neushoorns, rivierpaarden, giraffen en het groote aantal antilopen drukken een stempel op deze streek. Verder is het 't land van de smalneuzige apen, zooals de gorilla en de chimpansee. Gestreepte paarden, waaronder de gnoe, vele steltloopers, waaronder de struisvogel, en de vernielende termieten behooren insgelijks tot de karakteristieke soorten. En te midden van deze rijke dierenwereld zwerven de leeuw, de luipaard en de hyena rond. Het rund vindt men allerwege getemd, behalve waar de tetsevlieg voorkomt of het klimaat te ongunstig is (Zie § 397).

Menschen. Even endemisch is de mensch. Hier heerscht het Aethiopische ras. Al komen in het noordoosten van dit gebied Senieten, in het zuiden Europeanen voor, op de meeste plaatsen langs de kust blijkt duidelijk, dat de Neger alleen voor dit klimaat geschikt is.

IX. **Kalahari-gebied.** Dit gebied heeft slechts een geringe uitgebreidheid. Het beslaat de Atlantische kust van Zuid-Afrika tusschen den 20sten en 29sten graad Z.B.

Klimaat. Het wordt gekenmerkt door regenloosheid, niet in dien zin, dat alle neerslag ontbreekt, maar deze tot een zeer geringe hoeveelheid, op zeer onregelmatige tijden vallend, wordt beperkt. De koude stroom langs de westkust is er de oorzaak van.

Hoe kan dit zoo zijn?

Plantengroei. Het grootste gedeelte is eene woestenij, echter komen ook steppen en zelfs savannen hier en daar voor en vindt men op enkele plaatsen boomgroei. Van akkerbouw is echter geen sprake. Knol- en bolgewassen, die diep in den uitgebranden bodem doordringen en daardoor tegen de verdrogende inwerking van het klimaat beschut zijn, doornachtige struiken, waarbij de doornvorm der bladeren de uitdamping te keer gaat, zijn geheel voor deze streek berekend. Onder de boomen is merkwaardig de welwitschia mirabilis, waarvan de houten stam maar weinige cM. boven de aarde uitsteekt en aldus een tafel vormt van 3—4 meter middellijn. Slechts twee bladeren brengt dit plantenwonder te voorschijn.

Typische dieren en menschen ontbreken in deze eenzame streek. Alleen Hottentotten en Bosjesmannen leiden er een nomadisch leven.

X. **Het Kaapgebied.** Dit neemt het zuidelijkste gedeelte van Afrika in en wordt in het noorden begrensd door de Oranjerivier.

Klimaat. Even als het zuiden van Europa heeft ook het zuiden van Afrika een subtropisch klimaat: winterregen kenmerkt het, alleen de kusten hebben ook in den zomer neerslag. In het oosten en tegen den zuidrand van 't gebergte valt tot 50 cM. regen, maar naar het noordwesten neemt de hoeveelheid af. Het centrale hoogland lijdt aan dorheid.

Plantengroei. Waarschijnlijk is dit gebied het rijkst aan verschillende planten-

soorten. Deze zijn grootendeels tot de lagere streken beperkt, daar boven 1200 meter de flora zeer arm is. Daarbij zijn de verbreidingsgebieden der afzonderlijke soorten zoo klein, dat de oostkust geheel andere planten heeft dan de westkust. Toch maakt de plantenwereld geen aangenamen indruk, daar de droogheid van het klimaat er natuurlijk geen gunstigen invloed op uitoefent. Ontelbare, bonte, sierlijke heidestruiken en de eigenaardige protaceën, welke het kreupelhout aan de zuidwestkust vormen, de doornige accacia's, welke op het Karroo tieren, vele wolfsmelksoorten en de bolgewassen, welke de dorre vlakte in den regentijd met zulk overvloedig en heerlijk groen tooien, geven aan de flora een zeer bijzonder karakter.

Deze zeer bijzondere flora heeft aanleiding gegeven tot de veronderstelling, dat er een tijd geweest is, dat Zuid-Afrika niet met het overige gedeelte van dit werelddeel verbonden was.

Dieren. We mogen er daarom met recht eene bijzondere fauna verwachten, doch in dit opzicht worden we geheel en al teleurgesteld. De dierenwereld vertoont niets endemisch. De weiden van het tafelland worden door dezelfde dieren bewoond, als we in Midden-Afrika aantreffen. Ze worden hoe langer hoe meer over de grenzen der Kaapkolonie teruggedreven.

Hetzelfde zien we gebeuren met den mensch. De oorspronkelijke bevolking, Bosjesmannen en Hottentotten, wijkt uit hun voorvaderlijk erfdeel meer en meer naar de dorre streken, die ten noorden van de Oranjerivier liggen.

XI. **Australisch gebied.** Behalve over het vastland van Australië en Tasmanië strekt zich dit gebied uit over de eilanden ten noorden daarvan, van de Fidsjieilanden tot aan Celebes en Lombok.

Klimaat. Naar het klimaat vormt dit gebied geen eenheid. In het noorden heerscht de mildheid van het moessongebied, in het oosten valt regen in alle jaargetijden in voldoende hoeveelheid; het zuidwesten is subtropisch, terwijl het midden zich door groote dagelijksche temperatuurwisseling, zeer onregelmatige verdeeling van den neerslag en daardoor ontstane droogte onderscheidt. Hevige stortbuien zetten in het binnenland vaak uitgestrekte vlakten onder water, maar weldra droogt het vocht op en van de uitgestrekte waterplas is slechts hier en daar een moeras, van den stouten stroom slechts een rij poelen te vinden.

Plantengroei. Altijd-groene weiden, woestenijen en scrubgebieden wisselen elkander af. Evenals het Kaapland is ook dit gebied rijk aan eigene soorten, en het verschil in klimaat spiegelt zich af in de flora, zoodat het zuidwesten en het zuidoosten in dit opzicht een groot verschil aanbieden. Aaneengeschakelde wouden vindt men weinig, wat men hier daaronder verstaat zijn savannen met verspreiden boomgroei. De reus onder de boomen der wereld bewoont dit afgelegen werelddeel: eucalypten met hunne blauwgroene, lederachtige, staande bladeren bereiken eene hoogte van 125 meter. Verder leveren bladlooze casuarinen en accacia's,

heideplanten, typische grassen en kruiden en boomvarens een aanblik op, die levendig aan den tertiairen tijd herinnert. Langs de noordkust vinden we palmen en andere tropische planten.

De dieren herinneren evenzeer aan den voortijd. Oorspronkelijk kwamen slechts buideldieren en vogelbekdieren in menigte voor. Daartusschen merkt men eenige vleermuizen en knaagdieren op. De Australische hond of dingo is waarschijnlijk geen oorspronkelijk bewoner. Van de vogels zijn zangvogels, die zich noch met zaad noch met gedierte, maar met honig voeden, lori's, emoe's, liervogels en zwarte zwanen de merkwaardigste. Maar de volkplanter heeft er heen gebracht, wat hem goed docht, zooals het schaap, het rund, enz. en daardoor verandert het geheele voorkomen van het landschap, zoodra de Europeaan er zijne voeten zet.

De mensch wijkt hier evenzeer voor den mensch. De oorspronkelijke bewoners zijn de Austraalnegers, maar deze worden hoe langer hoe meer verdrongen en vormen een ras, dat snel zijn totalen ondergang te gemoet gaat.

XII. **Noord-Amerikaansch woudgebied**. Dwars door Noord-Amerika strekt zich dit uit. Aan de kust van den Grooten Oceaan reikt het van Aljaska tot den 40sten breedtegraad, aan die van den Atlantischen Oeeaan van zuidelijk Labrador tot aan den mond van de Mississippi.

Klimaat. Het uiterste westen heeft een vochtig zeeklimaat. Overigens heerscht er vastlandsklimaat; in de Hudsonsbaailanden valt weinig neerslag; in het oosten vooral zuidwaarts meer, maar steeds is de regen vrij gelijkmatig over het geheele jaar verdeeld. Een subtropisch gebied ontbreekt aan de oostzijde van Noord-Amerika.

Plantengroei. In het noordelijk gedeelte vertoont dit gebied groote overeenkomst met het woudgebied uit de gematigde zone der Oude Wereld. Dezelfde plantengeslachten komen er voor, maar doorgaans andere soorten. Zoo heeft het zijn eigene dennen, beuken, eiken, berken en populieren. In het noorden en op de gebergten heerscht het naaldhout, zuidelijker treden de bladwisselende loofboomen in groote menigte op. In het zuiden ontmoeten we tropische vormen, vooral boomen met breede, glanzende bladeren en groote bloemen: de bij ons bekende tulpenboom (Liriodendron) en de Magnolia komen uit deze streken. Over 't algemeen is de flora armer en wordt door ingevoerde planten verdreven. Bovendien maakt de mensch zich van een groot gedeelte van den bodem meester, om in het noordoosten graan en maïs, in het zuidoosten katoen, suikerriet en tabak te verbouwen.

De dierenwereld biedt evenzeer groote overeenkomst met die van Europa aan, maar ook hier heeft Noord-Amerika weder eigene soorten; alleen de bever is geheel identiek met dien van de Oude Wereld. Echt Amerikaansche typen zijn de waschbeer, de buidelrat en de poema.

De mensch leefde oorspronkelijk van de jacht op de groote menigte dieren. Getemd heeft hij er geen enkele en de volken zijn dus jagersvolken gebleven. Het Amerikaansche ras bewoonde dit gebied uitsluitend tot de Europeanen voet aan wal zetten, naar het verre westen doordrongen en de oorspronkelijke bevolking in die streken terugdreven, welke de minste waarde hadden. De Roodhuiden zijn dan ook het uitsterven nabij.

XIII. **Noord-Amerikaansch steppengebied.** De prairieën strekken zich van de Mississippi uit tot aan den Grooten Oceaan ten zuiden van Californië, van de Missouri over een groot gedeelte van het Mejicaansche hoogland tot den 23sten graad N.B.

Klimaat. Langdurige droogte gedurende den heeten zomer, wanneer alles door de hitte verschroeit, een koude winter, die allen plantengroei belet, een vochtige lente, waarin alles voor korten tijd herleeft en het ontbreken van den herfst vormen de eigenaardigheden van het klimaat in dit gebied. Nachtvorsten heerschen bovendien bijna het geheele jaar.

Plantengroei. In het noordwesten vindt men eene onherbergzame zoutwoestijn; zuidelijker komen tropische planten voor, zooals agaven, yucca's en cactussen.

Het noordoosten van het gebied is bedekt door grassteppen. Boomgroei ontbreekt. Ook langs de rivieren vindt men geen wouden, voor zoo ver zij door diepe ravijnen (zoogenaamde cañons) stroomen.

Onder de dieren komen tallooze knaagdieren voor. Op de grassteppen leeft de bison, die echter weldra uitgeroeid zal zijn. Deze steppen leveren echter uitmuntend weiland op en kunnen dus in de toekomst van groot belang worden voor de veeteelt. De prairieën zijn het eigenlijk jachtgebied der Roodhuiden.

XIV. **Californisch kustgebied.** Dit bevat het noordelijkst gedeelte van Californië, strekt zich tot in het gebergte, maar niet tot over het schiereiland uit.

Het klimaat is subtropisch en betrekkelijk koel, vooral in den zomer.

De plantengroei heeft veel overeenkomst met die van Zuid-Europa: altijdgroene loofboomen komen veel voor, bijzonder eiken. Het is een woudgebied, getooid met de hoogste boomen der wereld. Hier is het vaderland van den mammoetsboom of reuzenden, waarvan de hoogte (130 meter) slechts door die van enkele Australische eucalypten overtroffen wordt. Verder komen er altijd-groene eiken en struikgewassen voor, die aan de flora van Zuid-Europa herinneren.

Aangaande de dieren en menschen van dit gebied valt niets bijzonders te vermelden.

XV. **Mejicaansch gebied.** Dit gebied breidt zich ten zuiden van den 23sten breedtegraad tot over de landengte van Panama tot 9° N.B. uit en bevat Midden-Amerika behalve het schiereiland Yucatan en het schiereiland ten zuiden van de Golf van Honduras.

Klimaat. In Mejico en Centraal-Amerika heerscht duidelijk regen tijdens den

hoogsten stand van de zon. Op het hoogland is de temperatuur dragelijker, daar heerscht eeuwigdurende lente. Naar hoogte en klimaat verdeelt men het gebied in drieën :

1° de vochtige, warme oostkust (23°—17° N.B.).

2° het hoogland (23°—9° N.B.).

3° de westkust (23°—9 N.B.).

Plantengroei. De eerste zone bevat alle plantenvormen der tropische zone. Van de dorre kuststreek het land ingaande, ontmoet men eerst savannen en daarna wouden. Vooral ananassen komen veel voor. Op het hoogland verkrijgt de plantengroei groote overeenkomst met dien van het zuidelijk gedeelte der prairieën en bevat wouden van eike- en naaldboomen. De flora van het hoogland daalt aan de oostkust niet zoo diep als aan de westkust, zoodat deze minder tropische vormen bevat dan gene.

De cultuur heeft zich een groot gebied toegeëigend, katoen, suiker, cacao en vanille zijn de belangrijkste producten.

Van de dieren is de axolotl merkwaardig.

De bewoners van dit gebied wisten zich reeds vroeg tot een hoogen trap van beschaving op te werken, daarvan getuigen de overblijfselen van groote bouwwerken en gedenkteekenen.

XVI. **Het West-Indisch gebied** omvat niet alleen den West-Indischen Archipel maar bovendien het schiereiland Yucatan.

Het klimaat is gelijkmatig warm, de regen valt in alle jaargetijden. Toch laat zich een maximum in den zomer onderscheiden. Het schiereiland is over 't algemeen dor.

De plantenwereld is zeer zelfstandig, vertoont wel eenige overeenkomst met die van Venezuela en Guyana, maar niet met die van Florida of eenig andere streek van Noord-Amerika. De oorzaak van die scherpe afscheiding is gelegen in de richting der zeestroomen. De helft van de soorten van West-Indië is inheemsch. Reeds Columbus verwonderde er zich over, dat hier palmen en naaldboomen met elkander vermengd waren. Het woud is zeer ontwikkeld. Van belang zijn de mahonieboomen, de koffie-, katoen-, suiker-, tabaks- en cacaoplantages.

Grootere dieren ontbreken op de eilandenwereld geheel. Behalve vleermuizen, zijn er insecteneters, buidelratten en knaagdieren. Groote schildpadden bevolken het strand.

De oorspronkelijke bewoners zijn door de volkplanters (Indo-Europeanen en Negers) bijna geheel uitgeroeid.

XVII. **Het Cis-aequatoriaal gebied van Zuid-Amerika** strekt zich van de Landengte van Panama uit, tot waar de wouden van het Amazonegebied aanvangen.

Het klimaat is ongelijk. Langs de kust waar de N.O. passaat de vochtige lucht

uit zee aanvoert, heeft men regen in alle jaargetijden; in het binnenland valt de neerslag bij den hoogsten stand van de zon.

Plantengroei. Dit verschil in klimaat spiegelt zich af in den plantengroei. Langs de kust en langs de rivieren heeft men namelijk heerlijk woud, waaruit slanke palmen hunne kruinen verheffen. Onder de boomen zijn merkwaardig de saprijke koeboom en de elpenbeenpalm, de cacao- en de campêcheboom.

Wat is in § 318 van de tropische wouden van Guyana gezegd?

Waar de regen periodiek valt, ontmoeten we savannen, zoowel in Guyana als aan den Orinoco. Deze laatste dragen meer bepaald den naam van llano's. De llano's ontstaan door de verdeeling van het jaar in een nat en droog seizoen en de verschroeiende hitte gedurende dit laatste. Zij vormen uitgestrekte grasvlakten met armoedigen boomgroei langs de rivieren, hier en daar afgebroken door vlakke, een weinig hooger liggende zand- en kalkbanken. In den drogen tijd verdwijnen bijna alle wateren en ligt de llano uitgedroogd, verschroeid en dood. Maar in het natte seizoen wordt alles leven, niet alleen de planten ontspruiten, maar ook de dieren doen zich weder hooren. Krokodillen en slangen kruipen uit den bodem, waarin zij het droge jaargetijde hebben doorgebracht, andere dieren keeren uit de wouden terug. In den laatsten tijd treft men er ook kudden verwilderde paarden en runderen aan.

De bewoners zijn Indianenstammen.

XVIII. **Aequatoriaal-Brazilië.** Dit gebied ook wel **selva** of **hylaea** (beide woorden beteekenen woud) genaamd, strekt zich aan beide zijden van de Amazone over ongeveer 6 breedtegraden uit.

Het klimaat is natuurlijk warm, maar daar de regen in alle jaargetijden in genoegzame hoeveelheid valt, werkt deze hitte voordeelig in plaats van nadeelig op den plantengroei.

Het tropische woud komt hier tot zijne schoonste en rijkste ontwikkeling. Het aantal soorten, de grootte der verschillende planten en boomen, de ondoordringbaarheid van het woud door het voorkomen van slingerplanten, alles duidt aan, dat men hier is in een gebied met een onuitputtelijke groeikracht. Vooral palmen komen voor. (Zie § 369 en 381).

Ook de dierenwereld is rijk vertegenwoordigd, vooral apen en tandelooze dieren treft men in menigte aan. Veel vleermuizen, roofdieren en slangen bevolken het gebied, maar aan rijkdom en verscheidenheid van vogels, zoetwatervisschen en insecten, vooral mieren, wordt het door geen streek der aarde overtroffen.

De bewoners behooren tot de lager ontwikkelde Roodhuiden.

XIX. **Trans-aequatoriaal-Brazilië.** Dit gebied breidt zich van de Selva uit tot waar het woudlooze gebied van de gematigde zone aanvangt, alzoo aan de oostkust tot ongeveer 30° Z.B.

Het klimaat onderscheidt zich in zooverre van dat van het vorige gebied, dat hier alleen aan de zeekust de neerslag in alle jaargetijden valt, terwijl in het binnenland regen heerscht bij den hoogsten stand van de zon.

De plantengroei is daardoor evenzeer verschillend. Langs de kust en op het gebergte heeft men wouden, in de binnenlanden tropische grasvlakten (campos), afgebroken door lichte wouden van bladwisselende boomen en andere vormen, b.v. wouden van araucariën in het westen, van waspalmen aan den voet van den Andes.

Uit de dierenwereld ontmoeten we de kolibri, welke wel over een groot gedeelte van Amerika voorkomt, maar zich bij voorkeur hier ophoudt, benevens andere kleine vogels en bonte vlinders. Miereneters en mieren, kleine apen, enz. vormen de verdere fauna.

Van de bewoners valt niets merkwaardigs te zeggen.

XX. **Gebied van den Tropischen Andes.** Dit gebied strekt zich uit langs de beide hellingen van de Andes van 10° N.B. tot 30° Z.B.

Het klimaat is zeer verschillend naar gelang men zich aan de oostzijde of aan de westzijde van het gebergte bevindt. Aan de zijde van den Grooten Oceaan heeft men in het noorden, dus in de nabijheid van den aequator, een gelijkmatig over het jaar verdeelden neerslag. Van ongeveer 5°—30° Z.B. komen we in de regenlooze streek, die ontstaat, doordien het gebergte den regen aanbrengenden wind uit het oosten keert en de koude stroom belet, dat de zeewind vocht aan het aardrijk verschaft (Hoe komt dat?).

Men heeft aan deze kust tot 500 meter hoogte een gebied, waar nagenoeg nooit regen valt en dat geen anderen vorm van neerslag kent dan den nevel, hier *garuas* genoemd. Maar ook hooger heerscht eene opvallende droogte. Het gebrek aan neerslag kenmerkt ook de eilanden, die voor de kust gelegen zijn. De oostelijke helling van het gebergte is daarentegen zeer regenrijk.

Natuurlijk is dit verschil in klimaat van invloed op den plantengroei. Onder den zuidelijken keerkring strekt zich de woestijn van Atacama over het gebergte tot aan de oostelijke helling uit. Maar niet alleen daar, ook langs de geheele westelijke Cordilleras komen tengevolge van het klimaat woestenijen voor en een flink woudgebied treft men er niet aan. Boven 3000 meter hoogte ligt de zoogenaamde Puna-streek, die de kammen der Cordilleras en de tusschengelegen hoogvlakten beslaat, eveneens boomloos is en alpinen plantengroei draagt.

Aan de oostzijde vinden we natuurlijk door de meerdere vochtigheid ook meer woud. Op eene hoogte tusschen 1000 en 2600 meter komen de altijd-groene Cinchonen of kinaboomen voor met hunne laurierachtige bladeren. Deze woudstreek heeft een eenigszins subtropisch karakter en gaat langzaam in het vochtige, warme Braziliaansche woudgebied over. Aan dit Andes-gebied hebben we den aardappel en de kina te danken.

Wat de dieren betreft zijn we hier in het gebied van de lama en den condor. Lama's waren in vroegeren tijd de eenige huisdieren van Amerika. Groote roofdieren, poema's en beren, strekken hunne strooptochten tot aan de sneeuwgrenzen uit. Op de eilanden vindt men grooten voorraad van vogelmest (guano), wat wel pleit voor de droogheid van de lucht. Deze guano wordt uitgevoerd.

Aangaande de bewoners zij opgemerkt, dat op de hoogvlakte om het Titicacameer zich eene oorspronkelijke cultuur ontwikkelde. De Inca-peruanen waren vooral om hun zachten aard bekend.

XXI. **Het Pampa's-gebied** breidt zich van de grenzen van Brazilië tot aan de zuidspits van Amerika en van het gebergte tot aan den Atlantischen Oceaan uit. Hoewel men onder den naam van pampa's eigenlijk alleen de boomlooze vlakten tusschen den Andes van Chili en den Atlantischen Oceaan verstaat, vertoont het oosten van Patagonië zooveel overeenkomst met dit gebied, dat men het er gevoeglijk bij kan inlijven.

Klimaat. De jaarlijksche temperatuursverandering is in het noorden zeer groot (zie kaart VI). De neerslag is niet overvloedig, valt plotseling in stortbuien en vloeit dan grootendeels oppervlakkig weg. Over 't algemeen is de lucht droog. De droge lucht bevordert sterke afkoeling gedurende den nacht en overvloedigen dauw, maar dauw en stortbuien maken zelfs den zeewind droog.

Plantengroei. Aan de Rio de La Plata vindt men uitgestrekte grasvlakten, maar de grassen zijn klein en slechts hier en daar merkt men lage struiken op, vooral op eenigen afstand van de kust. In Patagonië komt meer struikgewas voor. Op vele plaatsen, vooral in het noorden en aan den voet van het Andesgebergte, verandert de grasvlakte in eene woestenij. Zoutsteppen treft men hier en daar aan. In de woestenijen van Patagonië zijn doornachtige struiken vaak de eenige planten. Groote uitgestrektheden worden in dit gebied ingenomen door ingevoerde Europeesche planten, vooral door de in ons land ook wel gekweekte artischok (Cynara Scolymus, zie blz. 450) en de venkel (Foeniculum capilláceum).

Dieren. De oorspronkelijke fauna bevat eene menigte knaagdieren en verder herten, buideldieren, gordeldieren, tapirs, navelzwijnen en den Amerikaanschen struis. Daar een steppegbied steeds uitstekend geschikt is voor weide, wordt er veel veeteelt in de bewoonde streken uitgeoefend (Zie § 402). In het onbewoonde gedeelte zwerven een onnoemelijk aantal verwilderde paarden en runderen rond. Ook schapenteelt wordt uitgeoefend.

De Indianen van dit gebied zijn grootendeels nomaden. Enkele hebben zich vaste woonplaatsen verkozen en bij hen heeft de beschaving eenigen ingang gevonden.

XXII. **Het Antarctisch woudgebied.** Langs de westkust van Amerika, van zuidelijk Chili tot aan Vuurland, van 34° tot 56° Z.B., strekt zich dit gebied uit, dat eene scherpe tegenstelling vormt met het ten oosten van het gebergte gelegen deel.

Klimaat. In noordelijk Chili heerscht een subtropisch klimaat, maar zuidelijker wordt de neerslag rijker en valt hij in alle jaargetijden. De temperatuur is gelijkmatig, we zijn trouwens in een beslist zeeklimaat, de zomer is koel.

Hiermede staat natuurlijk de plantengroei in het nauwste verband. Altijd-groene boomen, al zijn het dan ook maar dwergbeuken, dringen hier verder dan ergens poolwaarts. De flora heeft groote overeenkomst met die van Europa. Twee derde der geslachten zijn Europeesch, ja men kent in den archipel van Vuurland omstreeks 50 soorten van vaatplanten, die volkomen identisch zijn met die uit ons werelddeel; verder komen Zuid-Amerikaansche en eenige Australische vormen voor. Door de vochtigheid van het klimaat ontstaan uitgestrekte venen.

De fauna levert geen bijzondere soorten, deels vinden we de knaagdieren van de pampas, deels de dieren van den Andes nog ver in het zuiden. Wilde lama's (guanaco's) en de darwinische struis komen veel voor. Aan de Straat van Magelhaens zwerven vele zwemvogels. De kleuren van vogels en insecten stemmen overeen met de donkere wouden, de eentonige flora, de altijd betrokken lucht: kleurenpracht en glans ontbreekt hun.

De oorspronkelijke bewoners zijn gedeeltelijk krijgers, gedeeltelijk nomaden. De zuidelijkste stam van het Amerikaansche ras is die der Pesjera's, die zonder woningen en bijna zonder kleeding de kusten van Vuurland bewonen in een pseudo-paradijstoestand.

XXIII. **Oceanische eilanden-gebieden.** Zooals we bij de verbreiding der organische wezens gezien hebben, kunnen eilanden door hunne geïsoleerde ligging aanmerkelijk in flora en fauna van het meest nabij gelegen vastland afwijken. Dan vormt zulk een eiland een op zich zelf staand gebied, dat vaak nog overeenkomst vertoont met een vroeger tijdperk. In de noordelijke zeeën treft men zulke eigenaardige eilandengebieden minder aan, om de eenvoudige reden, dat daar het vastland dichter in de nabijheid was en dus het eiland meer in verbinding daarmede bleef. Dezelfde oorzaak maakt, dat men ze in den Grooten Oceaan meer aantreft, dan in den Atlantischen. De belangrijkste zijn de volgende:

De Azoren, Madera en de Kaapverdische eilanden. Op deze eilanden treft men nog verscheidene endemische plantensoorten aan. Toch vindt men er ook eene menigte planten, die aan Zuid-Europa herinneren, vooral altijd-groene struiken, welke echter eerst tusschen 1200 en 1600 meter hoogte optreden. Veel verband is er met de flora van Afrika (euphorbia, dadelpalm en drakenbloedboom). Met de Amerikaansche fauna bestaat weinig verband. Hoe is dit te verklaren?

St. Helena was in vroeger tijd met bosch bedekt, maar met de invoering van de geit had een aartsvijand van den boomgroei het eiland betreden. De oorspronkelijke planten zijn bijna geheel verdrongen.

Madagaskar is het merkwaardigste van de eilandengebieden. Naast Indische en

Afrikaansche soorten komen eene menigte beslist endemische plant- en diervormen voor, en niet alleen bijzondere geslachten, maar zelfs geheel vreemde familiën.

Om van de minder bekende planten niet te spreken, bepalen we ons er bij op eene dierenfamilie te wijzen n.l. op die der lemurs, halfapen of spookdieren. Op de Mascarenen vond men den uitgestorven dodo, op de Seychellen den zeecocos.

De koraaleilanden van den Grooten Oceaan gaan we stilzwijgend voorbij. Wat ze hebben, is hun door de zeestroomen aangevoerd.

Belangrijker zijn de beide deelen van Nieuw-Zeeland. Door het vochtige klimaat heerscht er een weelderige plantengroei. Varens en mossen nemen in het heuvelland de plaats der grassen in. Het woud is samengesteld uit verschillende altijd-groene boomsoorten; varens, naaldhout en loofboomen wisselen elkander verder af. Op het gebergte komen altijd-groene dwergbeuken voor. Nieuw-Zeelandsch vlas en een eetbare varenwortel zijn de bekendste typische plantensoorten. Onder de endemische dieren moeten de uitgestorven reuzenvogel (Moa) en de kiwi genoemd worden.

De Gallapagos-eilanden vormen een gebied, waarvan bijna elk eiland eigene soorten te zien geeft. Toch is de flora zeer arm. Darwin kon op een ervan maar 10 plantensoorten verzamelen. Hoe weinig de vogels met den mensch verkeerd hebben, blijkt hieruit, dat ze zich met de hand laten grijpen.

§ **404. Oceanische zeegebieden.** Even als het vastland is ook de oceaan op verschillende plaatsen door verschillende levende wezens bewoond. Wel staan de wereldzeeën met elkaar in verbinding, maar de verdeeling der landmassa en de klimatologische toestand des oceaans bewerken toch groote verscheidenheid in dit opzicht. Echter staat de planten- ver achter bij de dierenwereld, daar eerstgenoemde bijna niet anders dan algen oplevert. De fauna des oceaans is zooveel te rijker.

In de Arctische Zee leven groote zeezoogdieren en vlooikreeften. Van belang zijn de Groenlandsche walvisch, de vinvisch, de narwal, de zeehond en de walrus. De vlooikreeften azen op dood vleesch; door hun onnoemelijk aantal kunnen ze in éénen nacht een zeehond tot op het geraamte verteren, maar dienen zelf ook weder den zoogdieren tot voedsel.

De Atlantische Oceaan vertoont groot onderscheid in hare verschillende deelen. Het noordelijk deel kan men het gebied van schelvisschen en haringen noemen. Onder het geslacht der eerste behoort ook de kabeljauw. Dolfijnen en zeehonden strekken hun gebied tot in de Middellandsche Zee uit. Daar is de fauna rijker aan soorten, maar het aantal individuen is geringer. De Zwarte Zee is arm aan dieren.

In het tropische gedeelte van den Atlantischen Oceaan vindt men behalve potvisschen en dolfijnen, de plantenetende sirenen (zeekoeien of lamantijnen). Stormzwaluwen en fregatvogels zwerven boven de golven. Bij de West-Indische eilanden komen groote schildpadden voor, alsmede rifbouwende koralen.

Tusschen de Canarische en West-Indische eilanden vindt men eene der grootste verzamelingen van drijvende zeetangsoorten (Sargasso).

De Indische Oceaan vertoont in fauna groote overeenkomst met het tropisch gedeelte van den Grooten Oceaan, maar wijkt aanmerkelijk van den Atlantischen af. Daardoor is het onderscheid tusschen de Roode en de Middellandsche Zee in dit opzicht nog al groot, ofschoon zij slechts door de smalle landengte van Suez worden gescheiden. Kenmerkend zijn de gezellig levende, giftige zeeslangen, die tot 2 meter lang worden, en de kegelslakken, waarvan de horens in vroegeren tijd soms wel *f* 3000 opbrachten. De doejong is het merkwaardigste zoogdier. Van het groote aantal visschen, week-, straal- en koraaldieren zijn nog de nautilus en de pareloester noemenswaard.

De Groote Oceaan wijkt zeer van den Atlantischen Oceaan af. Het duidelijkst blijkt dit uit het verschil, dat er ter weerszijden van de Landengte van Panama in de fauna der beide oceanen bestaat. We onderscheiden drie deelen.

In het noordelijk gedeelte komen zeehonden, zeeleeuwen en dergelijke zeezoogdieren voor. Onder de visschen treft men vooral de zoogenaamde schildwangen aan, met hun zonderling gevormde stekels en tot vliegorganen ontwikkelde vinnen. Ten zuiden van het schiereiland Aljaska en de Koerillen vindt men onderzeesche wouden van reuzenzeetangen.

Het tropische gedeelte sluit zich aan den Indischen Oceaan aan. Koraaldieren en holothuriën komen er veel voor. Zeehonden, sirenen en zeevogels ontbreken bijna geheel. De potvisch en de zuidelijke walvisch vertoonen zich somtijds.

Het zuidelijkste deel is arm aan dieren, maar levert zeehonden en potvisschen op. De stormvogel zwerft over de eindelooze zee. De beide eerste bewonen ook den Antarctischen Oceaan, de laatste wordt er vervangen door de talrijke scharen pinguïns. Deze dieren komen in zulk eene menigte voor, dat ze b.v. op de Falklands-eilanden dagelijks wel 25000 kilogram visch verteren. Daaruit besluit men tot den grooten rijkdom aan visch, die gevoed wordt door de ontzettende massa lagere dieren, welke de onderzeesche wouden van zeetang in deze streken bewonen.

DE MENSCH.

I. INDEELING.

§ **405. Indeeling van het menschelijk geslacht.** Door onmiskenbare overeenkomst naar het lichaam is de mensch een deel van het dierenrijk, maar zulk

een dier, dat zich door zijne geestesgaven ver boven de hoogst ontwikkelde van alle overige heeft weten te verheffen en dus aanspraak kan maken op eene bijzondere behandeling. De geheele natuurkundige aardrijkskunde en niet slechts deze maar alle wetenschappen ontleenen haar gewicht alleen daaraan, dat ze van belang zijn voor den mensch. Kunsten zijn alleen in eere, omdat ze hem genoegen verschaffen. En is hij door zijne hooge ontwikkeling de „heer der schepping", hij heeft zich zelf tot middelpunt ervan gemaakt.

Over de afkomst van den mensch loopen de meeningen weder uiteen. Enkelen nemen aan, dat de mensch als mensch is geschapen, anderen daarentegen beweren, dat niets ons verhindert aan te nemen, dat hij zich langzamerhand uit het hoogst staande dier heeft ontwikkeld. We staan hier dus weer voor een gelijke vraag, als we reeds tweemaal hebben ontmoet: is de tegenwoordige toestand van het aardrijk en zijn bewoners het gevolg van plotseling ingrijpende veranderingen, of heeft die toestand zich langzamerhand ontwikkeld?

Waar zijn we nog meer op die vraag gestuit?

Nu ook laten wij die vraag voor 't geen zij is, maar wijzen er toch op, dat eene ontwikkeling van het menschelijk geslacht onder de verschillende invloeden, die later zullen besproken worden, niet kan geloochend worden, al neemt men aan, dat de mensch afzonderlijk, dus opzettelijk is geschapen. We hebben reeds gezien, dat het bestaan van ons geslacht in het diluviale tijdperk aan geen twijfel onderhevig kan zijn. Maar wat men van dien diluvialen mensch heeft gevonden, toont zeer beslist aan, dat er een enorm groot verschil in ontwikkeling bestaat tusschen hem en den tegenwoordigen mensch. Buiten twijfel heeft het menschelijk geslacht zich dus langzamerhand ontwikkeld en daarom is het voor ons van belang de invloeden na te gaan, welke op die ontwikkeling hebben gewerkt.

Echter gaan we verdere vragen over den oorsprong en de eenheid van het menschelijk geslacht voorbij en beschouwen het dadelijk, zooals het thans op den aardbodem voorkomt. We ontmoeten dan niet weinig contrasten. Stel den zwarten Neger, die voor zijn, door hem zelf gesneden, afgodsbeeld knielt, tegenover den blanken zendeling, die duizend dooden trotseert om zijn ongeloovigen broeder te doen knielen voor den onzichtbaren God; den fijn beschaafden, wellevenden Franschman tegenover de ruwe, onbeschaafde volken uit de binnenlanden van Amerika; den ingetogen, achterhoudenden Maleier tegenover den luidruchtigen Papoea; den Mongool, die voor de natuurverschijnselen nederknielt en den geleerden Europeaan, die ze gadeslaat en ze haar geheimen ontwringt, en wat tal van contrasten zouden we nog meer kunnen aanvoeren! In beschaving en ontwikkeling, in vorm en kleur van lichaam tevens verschillen de menschen der aarde hemelsbreed. Daarom heeft men ze gebracht tot verschillende grootere of kleinere hoofdafdeelingen, die men rassen noemt.

Uiterst moeielijk blijkt het te zijn eenen vasten grondslag te vinden tot verdeeling, wat trouwens bij de groote verscheidenheid van individuen geen verwondering kan baren.

Blumenbach was de eerste, die eene wetenschappelijke verdeeling in rassen beproefde. Hij grondde zijne splitsing op de huidkleur, waarvan de verschillen natuurlijk het eerst in het oog vielen, en verkreeg 5 rassen, n.l. het Blanke ras of het Kaukasische, het Gele ras of het Mongoolsche, het Zwarte ras of het Aethiopische, het Roode ras of het Amerikaansche en het Bruine ras of het Maleische. Echter dient opgemerkt te worden, dat ook de vorm van den schedel bij deze indeeling gewicht in de schaal legde. Toch bracht, zooals weldra bleek, deze indeeling de meest verschillende volken tot een zelfde ras. Daarom heeft het niet aan pogingen ontbroken, om een andere verdeeling te ontwerpen. Ja, indien men betere kenmerken gemakkelijk had kunnen vinden, dan had waarschijnlijk niemand het gewaagd, ooit de huidkleur als grondslag te nemen. Er zijn echter geen kenmerken, die in alle opzichten voldoen en daarom was men genoodzaakt tot eene samenvoeging van verschillende zijn toevlucht te nemen niet alleen, maar bovendien den toestand van beschaving, de taal, enz. een aanmerkelijken invloed bij de indeeling toe te staan.

Reeds Camper maakte opmerkzaam op de groote verschillen, die de profiellijn van het gelaat bij de verschillende menschen vertoonde. Bij den Neger bedraagt de gelaatshoek meer dan 70°, bij den Europeaan 85° en bij de beelden der oude Grieken 100°. Maar de Zweedsche geleerde Retzius bracht de meting van den schedelvorm tot hooger volkomenheid. Hij mat de verhouding, die er tusschen de lengte en de breedte van den schedel bestond en stelde uit zijn metingen twee typen vast. Het eene type was de smalschedelige mensch, bij wien die verhouding was als 9 : 7; het andere de breedschedelige, bij wien de lengte tot de breedte stond als 8 : 7. In plaats van smalschedeligen zegt men ook wel langschedeligen of dolichocephalen (van dolichos = lang en cephalé = hoofd); in plaats van breedschedeligen ook wel kortschedeligen of brachycephalen (van brachys = kort). De natuur maakt geen sprongen en het is dus niet te verwonderen, dat hieraan nog de middelschedeligen of mesocephalen (van mésos = midden) aan toegevoegd werden.

Daarenboven lette Retzius op den stand der tanden. Bij vele volken toch staan deze rechtstandig op elkaar, maar bij andere zijn ze scheef in de kaken geplaatst en steken dus vooruit. Zoo ontstond eene verdeeling in rechttandigen of orthognaten (van orthos = recht en gnothos = kaak) en scheeftandigen of prognaten (van pro = voor).

Dit geeft ons dus eene verdeeling in zes groepen:

I. smalschedelige rechttandigen,

II. smalschedelige scheeftandigen,
III. middelschedelige rechttandigen,
IV. middelschedelige scheeftandigen,
V. breedschedelige rechttandigen,
VI. breedschedelige scheeftandigen.

Tot I behooren de Amerikanen en Dravida's; tot II de Papoea's, Hottentotten, Negers en Australiërs; tot III de Middellanders; tot IV de Maleiers; tot V de Mongolen en tot VI de Arctische volken (Eskimo's, enz.).

Häckel legt het grootste gewicht op de eigenschappen van het haar, en wel in de eerste plaats op de doorsnede. Bij sommige volken is die doorsnede een ellips, bij andere een cirkel. Daarnaar onderscheidt hij wolharigen, wier haar afgeplat, en gladharigen, wier haar rond in doorsnede is. Bij de eersten is het haar bij sommigen ongelijk over het hoofd verdeeld en vormt kleine bosjes, terwijl bij de overige de haartjes gelijkelijk over den schedel verspreid zijn. Hij kreeg daardoor een verdeeling van de wolharigen in bosjesharigen en gelijkharigen. Bij de tweeden heeft het haar bij sommigen een zeer onbuigzame natuur, het hangt sluik neer, terwijl het bij de overigen lokken vormt, zoodat de gladharigen verdeeld worden in sluikharigen en lokharigen. Daardoor krijgen wij eene verdeeling in vier groepen:

I. bosjesharige wolharigen,
II. gelijkharige wolharigen,
III. sluikharige gladharigen,
IV. lokharige gladharigen.

Tot I behooren de Papoea's, de Australiërs en de Hottentotten; tot II de Kaffers en de Negers; tot III de Maleiers, de Mongolen, de Arctische volken en de Amerikanen; en tot IV de Dravida's en de Middellanders.

In den laatsten tijd volgt men bijna algemeen eene indeeling in 9 rassen n.l.

1. **Middellanders,**
2. **Dravida's,**
3. **Negers,**
4. **Hottentotten en Bosjesmannen,**
5. **Mongolen,**
6. **Amerikanen,**
7. **Maleiers,**
8. **Papoea's** en
9. **Australiërs.**

Tot deze verdeeling heeft O. Peschel den grondslag gelegd, maar zij wijkt in zooverre van de zijne af, dat hij Mongolen, Amerikanen en Maleiers onder éénen naam samen vatte: op Mongolen gelijkende volken.

Voor we echter tot de beschouwing van de verschillende rassen overgaan, willen we ons nog eenigen tijd met het menschelijk geslacht in het algemeen bezighouden.

§ **406. Verscheidenheden in taal.** Onder taal verstaan we hier bepaaldelijk de woordentaal. Men kent ongeveer 800 verschillende talen, waarvan er minstens de helft in Amerika thuis behooren. Eerst in de laatste tijden heeft men zich op eene wetenschappelijke beoefening der meer onbeschaafde talen toegelegd. De vergelijkende taalstudie voerde tot het ontdekken van samenhang tusschen gelijkbeteekende woorden in verschillende talen, en daardoor kreeg men duidelijke vingerwijzingen, dat verscheidene talen dikwijls dochters waren van eene oorspronkelijke.

Tot voorbeeld van dezen samenhang strekke het volgende woord:

Nederlandsch	acht
Duitsch	acht
Grieksch	ogdo
Latijnsch	octo
Italiaansch	otto
Portugeesch	oito (vroeger uitgesproken oe-iet)
Fransch	huit (uitgesproken wiet).

Blijkbaar hebben we hier te doen met wijzigingen van een zelfde stamwoord.

Vergelijkt men nu de woorden van eenige talen, die daarvoor geschikt zijn, dan verkrijgt men enkele grondwoorden, die waarschijnlijk tot de taal behooren, waaruit die talen zich hebben ontwikkeld. Die tot vergelijking geschikte talen vormen dan een taalstam, de talen zelve zijn zustertalen. Men kent tegenwoordig 8 taalstammen:

1. de Indo-Europeaansche,
2. de Semietische,
3. de Chineesche,
4. de Tataarsch-Finsche,
5. de Maleische,
6. de Amerikaansche,
7. de Afrikaansche, welke de Negertalen bevat, en
8. de Zuid-Afrikaansche taalstam.

Hierbij dient niet vergeten te worden, dat de vergelijkende taalstudie in dezen zin nog in het begin van hare ontwikkeling is.

Was deze verdeeling gegrond op de overeenkomst der wortels, een andere verdeeling verkrijgen we, wanneer we tot grondslag leggen de wijze, waarop de betrekking tusschen de verschillende begrippen wordt aangeduid.

Uit dit oogpunt onderscheidt men:

1. Eenlettergrepige talen
2. Agglutineerende talen
3. Buigbare talen.

Bij de eenlettergrepige talen treft men niet anders aan dan wortelwoorden. Deze kunnen niet door buiging veranderd worden. De betrekking, waarin zulk een woord in de gedachte optreedt, wordt aangewezen door de plaats, die het in de rij van gesproken of geschreven woorden inneemt. Een geringe omzetting van de woordorde kan dus een groot verschil van beteekenis veroorzaken. De constructie van den zin vervangt dus verbuiging en vervoeging. Daarbij komt nog dat een enkel woord soms zeer verschillende beteekenissen bezit. Zoo beteekent het Chineesche woord zin: eerlijkheid, eerlijk, eerlijk zijn, eerlijk handelen, ja zelfs huwen. Welke beteekenis het in eenen bepaalden volzin dient te hebben, daarover moet de plaats van het woord of de beteekenis van den volzin beslissen. Omdat de wortelwoorden meest van eene lettergreep zijn, noemt men deze talen de eenlettergrepige. Bij haar staan we voor de taal in de kindsheid van haar ontwikkeling. Iets hooger staan die, waarbij duidelijk de zucht is op te merken om verschillende woorden tot een woord te verbinden. Maar deze verbondene woorden behouden nog elk op zich zelf hare beteekenis. Geheele zinnen worden op die wijze tot één woord verbonden. Zoo wordt van de woorden ni = ik, k = er, miktia = doodde, se = een, tololin = hoen bij de Oude Mejicanen het woord ni-k-miktia-se-tololin: ik doodde er een hoen gevormd. Deze talen noemt men agglutineerende. Wordt het tweede woord van eene samenstelling van twee woorden afgekort, toonloos gemaakt, dan kan daardoor een nieuw woord gevormd worden. Hierbij staan we op de grens tusschen deze en buigbare talen. Enkele onzer buigingsuitgangen toch zijn waarschijnlijk woorden, die hun toon en daardoor hun beteekenis als zelfstandig woord hebben verloren. Buigbare talen met hunne declinatie en conjugatie staan op den hoogsten trap van ontwikkeling. Toch wachte men zich voor de meening, dat eene eenlettergrepige taal de ontwikkeling van een volk beslist in den weg zou staan. Het tegendeel hebben de Chineezen bewezen.

Eenlettergrepige talen worden tegenwoordig nog door Chineezen en hunne zuidelijke naburen in Siam en Birma gesproken. De talen der Dravida's, der Australiërs en der Maleiers zijn agglutineerend. Al de volken van het Middellandsche ras, behalve eenige kleinere in het Kaukasisch gebergte, bedienen zich van de hoogst ontwikkelde soort.

Opmerkelijk mag het genoemd worden, dat terwijl buiging een kenmerk van volkomenheid is, in lateren tijd bij die ontwikkelde talen een streven is ontstaan om de uitgangen te verwaarloozen. Het Engelsche schijnt in dit opzicht het verst gevorderd te zijn.

Hoe is dat met onze taal gesteld? Geef voorbeelden, waar verwaarloozing der buigingsuitgangen zeker of waarschijnlijk is.

II. GODSDIENST.

§ **407. Algemeene opmerkingen.** De meest onontwikkelde volken hebben behoefte gevoeld om zich voor elk verschijnsel en elke gebeurtenis, waarvan de verklaring hunne verstandelijke vermogens te boven ging, een bepaalde oorzaak of schepper te denken. In zoo verre treft men bij alle volken het bewustzijn aan, dat de mensch niet de hoogste macht is in de natuur. Maar dit geeft ons nog geenszins het recht te zeggen: elk volk heeft een zekeren godsdienst, tenzij men onder dit laatste woord de meeste dwaze uitingen van menschelijk onvermogen tot het verklaren van onbegrijpelijke verschijnselen wil verstaan.

Tot voorbeeld diene het volgende: Een hoofdman van een Kafferstam in Zuid-Afrika had van een op de kust neergeworpen anker een stuk laten afslaan. De man, die het bevel van den hoofdman had ten uitvoer gebracht, stierf kort daarna. Zijn dood werd aan niets anders dan aan het anker geweten en dit werd nu een voorwerp van vereering. In Pegu velde men een reusachtigen boom. Bij zijn val doodde het gevaarte ongeveer 100 werklieden en dit was reden genoeg om den gevallen boom te vereeren. Dergelijke uitingen van menschelijk gevoel kan men bezwaarlijk godsdienst noemen. Iets anders is het, of uit de zucht van den mensch om het voor hem wonderbare, onnatuurlijke te verklaren langzamerhand het geloof aan de Godheid kan ontstaan en dit zal niemand ontkennen. Maar dan volgt daar ook aanstonds uit, dat we hier te doen hebben met een rij van verschillende vereeringen, die zeer uit elkander loopen.

Bij de meest onbeschaafde volken, wier verstand nog in een tijdperk van kindsheid verkeert, treffen we het besliste onvermogen aan om zich een onbezield voorwerp onbezield te denken. Als eene plant kwijnt, is haar ziel haar ontvlogen, als de rijst verrot, heeft haar ziel haar verlaten, enz. Wij kunnen ons daardoor te eerder voorstellen, dat onbezielden voorwerpen een goddelijke macht over den mensch wordt toegekend. Opmerkelijk maar evenzeer te begrijpen is het, dat gelijktijdigheid vaak wordt verward met causaal verband. Ook onze voorouders gingen aan die fout mank, als ze den ooievaar de lente lieten brengen, of de zwaluw den zomer, of de bonte kraai den winter, zooals spreekwijzen in onze taal nog aanduiden.

§ **408. Fetisjme.** Het is ontzettend moeielijk de godsdienstige begrippen van onontwikkelde volken nauwkeurig te beschrijven, en nog moeielijker dus om er verschillende graden van ontwikkeling bij aan te wijzen. Vroeger meende men algemeen, dat het Fetisjme de laagste trap van godsdienstige ontwikkeling was. De fetisjdienaar toch aanbad een zeker voorwerp, 't zij levend of levenloos, zijn hond, zijne kat of wat anders, dat op een bepaald oogenblik zijn bijzondere opmerkzaamheid had getrokken. Nu meende men vroeger, dat hij aan het voorwerp zelf

eene goddelijke waarde toekende. Dit is eene minder juiste voorstelling: het voorwerp is de woonplaats van de goddelijke macht, die den fetisjdienaar beheerscht. Door zich van die woonplaats meester te maken, meent hij macht over de godheid te verkrijgen. In dat geval heeft de fetisjdienaar toch nog begrip van eene goddelijke macht. Zijn fetisj, dat is de woonplaats van die macht, vereert of bestraft hij. Is die fetisj (van 't Portugeesche feitiço = toovermiddel) een dier, dan wordt dit geslagen, zoo het zijn meester kwalijk gaat en stemt dit den inwonenden geest niet beter, dan wordt het weggeworpen. Een levenloos voorwerp ontvangt in dit geval slaag en wordt ten laatste verbrijzeld; daarna zoekt de fetisjdienaar een nieuwen fetisj op. Zoo maken en breken zij hunne goden dagelijks. Voor hij eene of andere groote onderneming waagt, kiest de Neger van Guinea zich een fetisj, als hij geen beproefd goeden bezit. Gelukt de onderneming, dan is dit hem een blijk, dat hij den rechten fetisj heeft gevonden, gelukt zij niet, dan wordt het gekozen voorwerp eenvoudig weer op zij geschoven.

Niets anders dan fetisjen waren de draagbare huisgoden. Wie ze bezat, genoot van hunne kracht, al had hij ze ook gestolen.

We herinneren hier, dat met dezen dienst verwant is de steendienst (denk aan den zwarten steen der Mohammedanen in den tempel te Mekka), die zich tot de vereering van bergtoppen uitbreidde: de Olympus der Grieken, de Meroë der Hindoe's.

Verder vinden we ook, evenals bij onze voorvaderen, de vereering van wouden en boomen. Zoo hadden de Batavieren heilige wouden. De ruischende boom heeft dan ook iets geheimzinnigs. Ook dieren werden vereerd: zelfs Mozes verviel in een onbewaakt oogenblik tot dezen dienst. Ten slotte wijzen we nog op de vereering van stroomende wateren. In zooverre als aan bepaalde bronnen een genezende kracht eigen was, of ten onrechte werd toegeschreven, valt ons deze vereering niet moeielijk te verklaren.

Al deze goden stonden nog onder het bereik van den mensch en deze gebruikte zijne nabijheid dan ook dikwijls om lichamelijke strafoefening over hen te houden. De Perzische koning Xerxes liet zelfs het water in de Dardanellen geeselen.

Deze strafoefeningen vervallen, zoo spoedig de mensch zijn god zoekt buiten de oppervlakte der aarde. Van daar dat de natuurdienst een hoogeren trap voorstelt, dan de vereering van eigenhandig vervaardigde fetisjen, of van steenen, boomen, slangen, enz. Wij staan bij den overgang tot natuurdienst tevens aan het begin van den godsdienst als opvoedingsmiddel. De hulp van een hond, een beeld of iets dergelijks wordt ingeroepen, als men die meent noodig te hebben om een of ander plan, hetzij goed hetzij kwaad ten uitvoer te brengen. Maar de zon staat ver boven de menschelijke wereld. „Gelooft ge niet, dat deze God ziet, wat we doen, en ons bestraft, als we het kwade niet nalaten?" vroeg een Indiaan uit Amerika aan een blanke. Maar nog in andere opzichten staat de natuurdienst boven den overigen

fetisjdienst en wel ten eerste hierin, dat men niet willekeurig van God verandert en ten tweede, dat we er een hoogeren trap in zien van het zoeken naar het hoogste wezen. We zullen dit nader verklaren. Het kon den opmerkzamen beschouwer niet ontgaan, dat een steen, een dier, een plant onder zekere invloeden staan: de steen verweerde, het dier geraakte uitgeput en stierf, de plant verdorde en hield op te bestaan, er waren dus machten boven deze dingen. Men zocht hooger. De drang om het hoogste te vinden, maakte den mensch dus afkeerig van den steen, de plant of het dier en hij meende god gevonden te hebben in die natuurvoorwerpen, die voor hem volkomen onveranderlijk waren. Zon, maan en sterren traden nu als goden op. Deze natuurdienst heeft zich vooral over Noordelijk Azië en geheel Amerika verspreid. Daarbij trad ook de hemel als godheid op, getuige zelfs nog uitdrukkingen in onze taal als: de hemel behoede u, enz.

§ **409. Leven na dit leven.** Een bijzondere richting vertoont zich in het godsdienstig begrip der volken, wanneer zij gelooven aan een leven na dit leven. Bij de Amerikanen, Polynesiërs, Papoea's, Australiërs, de meeste Aziatische volken, Europeanen en enkele Afrikanen treft men dit geloof aan. Bij sommige is het begrip reiner, bij andere meer verward, maar altijd is de voorstelling van den hemel die van eene verblijfplaats, waar men het hoogste geluk geniet. Vonden de Batavieren hun grootste genot in het drinken van bier, zoo dachten ze zich ook een Walhalla, waar bier werd gedronken. Dat er tusschen de voorstelling van den hemel en de ontwikkeling van een volk verband moet bestaan, is trouwens gemakkelijk te begrijpen.

Het geloof aan het voortbestaan van het leven na dit leven gaf aanleiding tot het verzorgen der dooden. In Egypte werden de lijken gebalsemd en legde men bij de mummiën tarwekorrels neder, opdat het den doode bij zijn ontwaken niet aan voedsel zoude ontbreken. In de graven van de oude Babyloniërs vindt men dadelpitten. De bewoners van de Caraïbische Golf gaven hun lijken maïskorrels in de hand. Sterker nog vindt men deze bewijzen van een leven hier namaals b.v. in de landen aan de Congo, waar een zoon zijne oude moeder doodsloeg, omdat zij hem als geest meer van nut kon zijn, dan wanneer zij bleef leven.

Een minder prijzenswaardige richting neemt dit geloof echter daar, waar gestorvenen onder de goden worden opgenomen.

§ **410. Sjamanisme.** Bij het voortschrijden op den weg naar het zoeken van de oorzaak aller dingen zijn vele volken in den aanvang blijven steken, andere hebben zich op aanmerkelijke hoogte verheven en zijn toen tot stilstand gekomen, nog andere gaan onvermoeid voort: maar er zijn er ook die van een hoogeren trap lager zijn gezonken, bij wie namelijk de eens gevonden godheid weder onder de macht van den mensch terugzonk. Dit geval zullen we wat nader beschouwen.

Bij vele volken treft men een bijzonder soort van priesters aan, als deze naam

ten minste hierdoor niet ontheiligd wordt, die door de eene of andere daad de macht van de godheid kunnen dwingen om in de eene of andere richting te werken, altijd naar het geloof dier volken.

Een voorbeeld zal dit ophelderen. Wanneer bij de volken in Siberië of bij de inlandsche bevolking van Amerika iemand aan eene ziekte lijdt, wordt de priester geroepen. Deze zuigt aan dat deel van den lijder, waar deze pijn gevoelt en weldra brengt hij al zuigende een doorn, een steen, een kever of iets dergelijks te voorschijn. Dit voorwerp wordt voor den bewerker der ziekte gehouden. Ook het sterven wordt daar aan den invloed van booze machten toegeschreven, zoodat men eeuwig zou kunnen leven, als men maar niet onder den invloed van een boozen geest geraakte. Dit lijdt natuurlijk tot het zoeken naar zulke booze geesten en menig mensch is vermoord onder verdenking, dat hij eens anders dood door duivelsche kunsten had bewerkt.

Ook in ons vaderland? Denk aan de heksenprocessen.

Het zwaarst zuchten de Bantoevolken onder dit wangeloof. Zoo spoedig iemand gestorven is, wordt de ziener geraadpleegd en wijst deze een verdachte aan, dan houdt men godsgericht. Dit is natuurlijk op zeer verschillende wijzen ingericht, maar steeds ligt er het denkbeeld aan ten grondslag, dat de mensch daardoor de godheid tot openbaring van den schuldige dwingt.

De grondgedachte van elke sjamanistische handeling is over 't algemeen deze, dat de mensch met de onzichtbare machten in verkeer kan treden en ze kan dwingen, een of andere door hem gewilde handeling te verrichten. De middelen om de godheid tot volgzaamheid te dwingen zijn voornamelijk het *gebed*, het *offer* en de *boete*. Het eerste wordt het meest gebruikt als tooverformulier. Hoe vaker men het gebed uitspreekt, hoe krachtiger is zijne uitwerking (gebedenmolentjes der Mongoolsche stammen in Centraal-Azië). Bij den *offerdienst* treedt de godheid als ontvanger op en verwacht de gever zijn loon. Bij de Brahmanen wordt de kracht van het offer nog door symbolische handelingen versterkt. Het krachtigste toovermiddel is het sap van de somaplant. Door langdurige *boete* werkt men eveneens gebiedend op de godheid. Deze toch vreest van langdurige boete het ergste, zelfs eene verstoring van hemel en aarde en geeft, om dergelijke wanorde te voorkomen, den boeteling zijn zin.

Wanneer nu eenmaal een dergelijk geloof aan de macht van toovenarij bij het volk wortel heeft geschoten, is het uiterst moeielijk het daarvan te genezen, aangezien het bij faling van het middel de verkeerde uitkomst alleen wijt aan de uitvoering der ceremonie.

§ **411. Verschillende godsdiensten.** Na deze uitweiding over de verschillende trappen, waarop zich de mensch als godsdienstig wezen heeft geplaatst en waar we met opzet den hoogsten trap, waarbij een eenige, waarachtige, liet-

derijke God erkend wordt, buiten beschouwing hebben gelaten, willen we in het kort de voornaamste godsdienstvormen nagaan, die thans op aarde heerschende zijn: Men onderscheidt

Polytheïsme (van poly = veel en theos = god), waarbij meer dan één godheid aangebeden wordt, van

Monotheïsme (van monos = alleen), waarbij één god aangeroepen wordt. De belijders van het eerste noemt men doorgaans heidenen.

Tot het Polytheïsme behooren:

1. het Fetisjme (Zie § 408), dat vooral onder de Negers van Afrika voorkomt.

2. het Totemisme, dat in zooverre boven het voorgaande staat, als niet een enkel voorwerp, maar een geheele soort doorgaans van levende wezens vereerd wordt. Ook komt bij dezen dienst de vereering van hoogere wezens voor. Ook die van den bison, den beer, de slang, enz. behoort tot het Totemisme. De ooievaar en de zwaluw staan bij ons nog in bijzondere gunst.

3. het Sjamanisme in engere beteekenis, waarbij een middelaar, de sjamaan of priester, tusschen den mensch en de godheid staat. Dit komt vooral in Centraal-Azië en bij de Eskimo's voor. Het bestaan van dezen tusschenpersoon duidt aan, dat de goden meer buiten het bereik van den mensch liggen.

4. het Dualisme. Den mensch overkomt goed en kwaad ten minste naar zijne meening. Het kan ons geen verwondering baren, dat de onontwikkelde volken behoefte gevoelden om te gelooven, dat het goede uit een andere hand kwam, dan het kwade; vandaar bij verschillende volken der oudheid een goede en een booze godheid, eene van het licht en eene van de duisternis, zooals we aantreffen bij de oude Egyptenaren en de Perzen.

5. Brahmisme. Hieronder verstaat men den godsdienst der Ariërs, toen deze zich in de vlakte van den Indus en den Ganges hadden gevestigd. Langzamerhand heeft zich uit hunne oorspronkelijke godsvereering een stelselmatige godsdienstvorm ontwikkeld. In dit stelsel staat de priesterkaste als draagster van de goddelijke wetenschap tegenover het eigenlijke volk, dat weder zeer scherp in kasten is verdeeld. Uit het Brahmisme, dat meer en meer eene aaneenschakeling van ceremoniën, een leer van levensverachting en afscheiding van de wereld werd, ontstond

6. het Boedhisme, dat zaligheid aan allen voorspelde en naastenliefde in tegenoverstelling van kastenhaat predikte. In zooverre zou men het 't christendom onder de Heidensche godsdiensten kunnen noemen. Maar het tegenwoordige Boedhisme is zoodanig verbasterd en tot sjamanisme vervallen, dat het op dien schoonen naam weinig aanspraak meer mag maken.

Het Brahmisme wordt vooral in Voor-Indië beleden, het Boedhisme heeft zich over Achter-Indië en het Chineesche rijk uitgebreid.

Tot het Monotheïsme behooren:

1. de Israëlietische godsdienst, zooals die zich langzamerhand onder de nakomelingen van Israël heeft ontwikkeld, vooral door toedoen van Mozes. In den Israëlietischen staat was het hoogste gezag niet in handen van een of meer personen of van het geheele volk, maar berustte het bij Jehova. Deze was dus de onzichtbare koning. Zulk eene regeering noemt men eene theocratie. Vandaar dan ook dat de staatsregeling onmogelijk van den godsdienst was te scheiden. Zachtheid kenmerkt de wetten, vooral menschlievendheid jegens geringeren en verdrukten, slaven, weduwen en weezen wordt als deugd aangemerkt. Het geheele land behoorde Jehova, het volk bezat het slechts tijdelijk. De zoon erfde van den vader; de landerijen konden wel verpacht en verkocht worden, maar die verpachting en verkooping gold slechts tot aan het jubeljaar.

Het jubeljaar brak aan na 7×7 jaren, het was dus het vijftigste; zie daarover Leviticus XXV.

2. de Islam.

3. de Christelijke godsdienst.

We veronderstellen, dat de lezer met de beide laatste genoegzaam bekend is.

III. MAATSCHAPPELIJKE TOESTANDEN.

§ 412. Verdeeling. Groot is het verschil, dat er in den maatschappelijken toestand bij de verschillende volken der aarde bestaat. Ten opzichte daarvan kan men ze naar onderscheidene grondslagen verdeelen. We zouden den mensch kunnen beschouwen naar het standpunt, waarop hij zich plaatst tegenover natuurgenooten, of de verhouding tusschen zijn zelfzucht en zijne naastenliefde. Op den laagsten trap van beschaving leeft hij voor zich alleen, wat hem voordeelig is, komt hem goed voor: naastenliefde kent hij niet. Hoogstens is zijn leven niet in strijd met de belangen van zijn gezin, maar overigens bekommert hij zich niet om het welzijn van anderen, tenzij zijn belang dit medebrengt. Hooger staan die volken, waarbij de handelingen der verschillende personen het welzijn van het geheele volk beoogen. Maar somwijlen reikt de liefde dan ook niet verder dan het volk en beschouwt men alle overige aardbewoners als minder. Zoo deden de Chineezen en de eerste bewoners van Griekenland, die de bewoners der naburige streken eenvoudig als barbaren aanduidden. Het hoogste standpunt hebben die volken bereikt, welke doordrongen zijn van een algemeene menschenliefde, die zich opofferingen getroosten om hunne meerdere ontwikkeling ten bate van minder bedeelde volken te doen strekken. Wij geven er echter de voorkeur aan, de verschillende maatschappelijke toestanden te vergelijken en te dien opzichte kan men de volken van den aardbodem verdeelen in twee groote afdeelingen. De eerste afdeeling bevat die volken, welke zich geen blijvend eigendom trachten te verschaffen, maar zich slechts zoeken meester te maken van hetgeen zij oogenblikkelijk noodig hebben. Zij

zijn in hooge mate afhankelijk van de wisselvalligheden des levens. Men noemt ze volken zonder blijvend eigendom. Onder hen komen echter vele nuances voor, zoodat deze naam eigenlijk niet in de strengste beteekenis op allen van toepassing is. Naast hen staan die volken, welke er op bedacht zijn zich eigendom te verschaffen, en die we nu gevoeglijk volken met blijvend eigendom kunnen noemen.

§ 413. Volken zonder blijvend eigendom. Gaan we de eerstgenoemde wat nauwkeuriger na. Op den laagsten trap staan in den tegenwoordigen tijd de Peschera's in Patagonië en de bewoners van het binnenland van Australië. Zij leven in streken, die te weinig opleveren om den mensch behoorlijk te voeden; zij graven de wortels van planten op, vangen de schaaldieren en visschen, die aan het strand te vinden zijn, wanneer bij ebbe het water zich terugtrekt. Huisraad en woning zijn bij hen in een armzaligen toestand. Daar elk voor zich zelven alleen zorgt, is de verhouding tusschen de verschillende leden van een zelfden stam dikwijls alles behalve vriendschappelijk. Van samengaan met elkander is geen sprake, elk staat op zich zelf. Daar de werkzaamheden om zich voedsel te verschaffen allen tijd in beslag nemen, kan er van eene hoogere ontwikkeling evenmin sprake zijn.

Leeft een dergelijk onbeschaafd volk te midden van een milde natuur aan een zee, die rijkelijk voedsel oplevert, dan is zijn toestand aanmerkelijk gunstiger; de natuur brengt den mensch dan het voedsel bijna in den mond, terwijl het warme klimaat alle lichaamsbedekking overbodig maakt. In een zoodanig geval verkeeren velen van de bewoners der Polynesische eilanden. Maar de natuur levert hun te weinig hulpmiddelen om zich geestelijk te ontwikkelen en het klimaat maakt hen minder voor den arbeid geschikt; daardoor zijn ze op een lagen trap van beschaving blijven staan.

Men kan deze onbeschaafde volken natuurvolken noemen.

Iets hooger staan de visschersvolken. Wel levert de vischvangst ook ten deele het voedsel voor de natuurvolken, maar thans hebben we die volken op het oog, die uitsluitend hiervan leven. We vinden ze daar, waar de natuur uit zich zelf den mensch geen voedsel uit het plantenrijk aanbiedt, dus in de gematigde en in de koude luchtstreek. Ze zijn óf rivier- óf zeevisschers. Een voorbeeld van de eersten leveren ons de volken aan de oevers van de Siberische stroomen.

De vischvangt kan echter niet beoefend worden zonder de daarvoor benoodigde werktuigen. Bij de visschersvolken moet dus eenige industrie bestaan. Ook in een ander opzicht onderscheiden ze zich gunstig. Het bedrijf toch vordert koenheid, bedaardheid, overleg, lichaamskracht en geduld. Echter breidt de blik van den riviervisscher zich niet verder uit dan de rivier, waarin hij de visch vangt, en dus moet de verstandelijke ontwikkeling beperkt blijven.

Anders is dit gesteld met den zeevisscher. Zijn blik strekt zich verder uit

dan het land, waar hij woont. Hij heeft de lucht, den wind, den stroom, den hemel, de sterren tot een voorwerp van beschouwing gemaakt en daardoor kan hij dikwijls op een tamelijk hoogen trap van beschaving staan. De industrie, voor zoo ver die betrekking heeft op de vischvangst, heeft bij hem een hoogen trap van volmaking bereikt.

Denk slechts aan den Eskimo. De Groenlandsche yak is altijd nog een onnavolgbaar meesterstuk van bouwkunst, ook voor den Engelschen scheepsbouwmeester. Land- of liever zeekaarten worden door de Eskimo's geteekend. De Eskimo is dan ook vaak de hulp van den noordpoolvaarder. Hij heeft het te midden van de sneeuw- en ijswereld tot eene ontwikkeling gebracht, die wellicht een thans meer beschaafd volk niet zou bereikt hebben, wanneer het in dergelijke ongunstige omstandigheden geplaatst ware geweest.

In de derde plaats rekenen we tot de volken zonder blijvend eigendom de jagersvolken. Natuurlijk komen ze alleen voor op uitgestrekte velden, waar wild in genoegzame hoeveelheid aangetroffen wordt. We vinden ze dan ook bijna alleen in Noord-Amerika: in Azië leefden dieren, die getemd konden worden, in Australië ontbreken de steppendieren, terwijl in Afrika de natuur den mensch overvloedig voedsel voor minder arbeid aanbood. Het jagersleven toch eischt moed, behendigheid, volharding, opmerkzaamheid en onvermoeiden arbeid. Daarbij kent de jager zoowel den overvloed als het nijpende gebrek. Aangezien deze volken een groot gebied voor hun bestaan noodig hebben, is niets hun verderfelijker dan uitbreiding van de beschaafde wereld. Daardoor gaan de jagerstammen van Noord-Amerika zeker ten gronde.

§ 414. Volken met blijvend eigendom. De tweede afdeeling wordt gevormd door de volken met blijvend eigendom. Dit moet men niet in letterlijke beteekenis opvatten. Ook de visschers- en jagersvolken en zelfs de natuurvolken hebben eigendommen, maar van beperkter aard. Het eigenlijk onderscheid is hierin gelegen, dat de volken van deze tweede afdeeling leven van hetgeen hun eigendom opbrengt, terwijl die der eerste van het eigendom zelf teerden. Als de jager een bison heeft geschoten, als de visscher een goede vangst heeft gehad, teert hij daarop zoolang het hem goeddunkt; maar de herder verzorgt zijne kudde en leeft van de opbrengst ervan: hij bezit dus een productief eigendom. Zulke eigendommen kunnen verschillend zijn, als kudden, landerijen, bergwerken, enz. Door dit productieve eigendom ontstaat verschil in stand. Aanvankelijk staat de rijke tegenover den arme. Aangezien de eerste zijne bezittingen en tevens zijn invloed voor zich en zijn nakomelingen tracht te bewaren, worden er wetten op den eigendom en het erfrecht gemaakt. Uit den rijkeren stand ontstaat de adel; het bestaan van eene wet sluit de noodzakelijkheid van eene overheid, eene regeering in zich en zoo vloeien uit het productieve eigendom de meeste onzer maatschappelijke instellingen voort.

Deze afdeeling omvat de nomaden of herdersvolken en de landbouwvolken. Bij de nomaden bestaat het eigendom uit de kudde. Oorspron-

kelijk vond men ze in Noord- en Midden-Azië, Oost-Europa en Afrika. Later zijn ze in Noord-Amerika (in de prairieën) en in Zuid-Amerika (de Gaucho's aan de Rio de la Plata, na de invoering der Europeesche runderen) ontstaan. Het grootste belang hebben deze volken bij eene goede weide, die voldoende voedsel voor hun vee oplevert. Hoe grooter de kudde is, hoe minder kans er bestaat om zulk eene weide te vinden; daarom leven de herdersvolken doorgaans in vele kleine stammen verdeeld, waarvan elk zijns weegs gaat. De eene is daarbij als het ware de natuurlijke vijand van den anderen; onderlinge oorlogen om het bezit van een geschikte weide komen dan ook vaak voor, en zeer zwak is bij vele nomaden het gevoel, dat zij eigenlijk één volk uitmaken.

Naar gelang van de kudde bestaat er groot onderscheid tusschen de verschillende nomaden, men zou kunnen zeggen, dat het karakter van het vee zich in het volk afspiegelt. Bij de Lappen en Tongoezen bestaat de rijkdom uit rendieren, bij de Kirgiezen grootendeels uit schapen; beiden zijn vredelievende volken. Maar als de kudde gevormd wordt door het strijdbare paard of den snelvoetigen kameel, zooals bij Mongolen en Arabieren, dan wordt het herdersvolk vaak de roofzieke kwelgeest van zijne naburen, dan vereenigt een krachtig stamhoofd vaak de verschillende stammen onder zijn ijzeren vuist en als een donderende lawine stort zich de „zoon der woestijn" over de nabijgelegen cultuurlanden.

Zoo hebben zich de aanvoerders der Gaucho's tot dictatoren der Staten aan de Rio de la Plata verheven. Ook jagersvolken in Noord-Amerika zijn na de invoering van het paard rooversvolken geworden.

Tusschen deze rondtrekkende nomaden en de volken die van den landbouw leven ligt een groote klove. De overgang tusschen beide wordt gevormd door de rondtrekkende landbouwers. Zij zaaien, blijven op dezelfde plaats, totdat de oogsttijd daar is, en verlaten het gebruikte veld na de vruchten van hun arbeid binnengehaald te hebben. Dergelijken roofbouw treft men tegenwoordig nog aan in de tropische gewesten. Ook onze Germaansche voorouders hebben op dusdanige wijze den akkerbouw beoefend, zij toch bearbeidden telkens nieuwe akkers.

> Op Java werd zulk een roofbouw nog bedreven op de Javaansche gaga of de Soendaneesche hoemah, totdat een ontginningsordonnantie daaraan in 1874 paal en perk stelde.
>
> Wij moeten opmerken, dat de landbouw niet altijd samengaat met een hoogeren maatschappelijken toestand. Dit hangt voornamelijk af van den arbeid, dien de akkerbouw vereischt. We hebben trouwens reeds gemeld, dat in tropische landstreken de bevolking dikwijls tot de natuurvolken moet gerekend worden, ook al voedt ze zich met voortbrengselen uit het plantenrijk. Vaak bestaat daar de geheele werkzaamheid van den landbouwer uit zaaien en oogsten.

Eerst dan wanneer de akkerbouwende bevolking zoo dicht wordt, dat de roofbouw niet meer toegepast kan worden, begint de landbouwer tot een hoogeren maatschappelijken toestand te geraken. Hij moet middelen aanwenden om den grond tot vernieuwde vruchtbaarheid te dwingen. Deze middelen zijn bewerking

en bemesting van den grond. Dikwijls bood de natuur de behulpzame hand. Voor de bewerking van den bodem schonk zij den mensch een helper in het rund en het paard. Voor de bemesting zorgde zij op sommige plaatsen, doordat daar de rivieren op bepaalde tijden van het jaar buiten hare oevers traden en haar vruchtbaar slib op den gebruikten akker achterlieten. In dit laatste geval moest de akkerbouwer dikwijls zijn bouwgrond tegen het water beschermen. Vaak echter gaf de natuur de benoodigde hoeveelheid besproeiingswater niet op den gewenschten tijd, dan was de mensch er op bedacht, den overvloed van het eene jaargetijde te bewaren tot het andere.

Wanneer nu dergelijke maatregelen noodig waren om den grond tot voortdurende bebouwing geschikt te maken, dan is het gemakkelijk te begrijpen, dat de eenmaal in cultuur genomen akker niet dan in hooge noodzakelijkheid werd verlaten. In plaats van in verschillende stammen rond te zwerven, kozen de volken, welke op deze hoogte stonden, zich blijvende woonplaatsen.

We hebben gezien, dat visschersvolken en jagersvolken behoefte hadden aan eenige industrie. Bij de herdersvolken ontbreekt deze evenmin, maar eerst bij de landbouwvolken komt zij tot een hoogere ontwikkeling. Aanvankelijk voorzag elk individu in dit opzicht in zijn eigen behoefte, en dit gebeurt in den tegenwoordigen tijd in minder bevolkte streken nog wel. De Zweedsche boer, die ver van de middelpunten van het menschelijk verkeer af woont, bouwt zijn eigen huis, smeedt zijn eigen gereedschappen, enz. Maar langzamerhand had er verdeeling van den arbeid plaats. De menschelijke bezigheden werden om zoo te zeggen onder de individuen verdeeld: de een bemoeide zich uitsluitend met den landbouw, de ander met de bewerking van het hout, een derde met die van het ijzer; deze legde zich toe op het vervaardigen van kleederen, gene weer op iets anders. De verdeeling van den arbeid gaf het voordeel, dat de producten, die elk mensch voortbracht meer volkomen werden, aangezien hij meer tijd en zorg aan zijne werkzaamheden kon besteden en hij zich door oefening eene zekere handigheid verwierf. Daarenboven gaf de verdeeling van den arbeid aanleiding tot handel. Aanvankelijk bestond deze handel in het verwisselen van de producten, die men door zijnen arbeid gewonnen had, tegen de zoodanige, die men òf voor zijn onderhoud òf bij zijn verderen arbeid behoefde.

De boer betaalde den timmerman met de opbrengst van zijn land. In de Transvaal wordt de rondreizende onderwijzer nog heden ten dage gedeeltelijk met kost en inwoning betaald, even als in Zweden en Noorwegen. Bij onbeschaafde volken, waar het algemeene ruilmiddel, het geld, ontbreekt, is deze ruilhandel nog steeds in gebruik. Onze factorieën aan de kust van Afrika wisselen de producten der Europeesche nijverheid tegen olifantbeen. Zooals uit dit laatste voorbeeld blijkt, diende later de handel ook om in het bezit te geraken van voorwerpen, die verwijderde gewesten opleverden. Maar eer het zoo ver was, waren de verschillende volken reeds met elkander in aanraking en reikte hun blik ver buiten de streek, die zij bewoonden.

Deze behoefte om zich datgene, wat men niet of niet zoo goed in de onmiddellijke nabijheid kon verkrijgen, uit andere landen te verschaffen, is een der machtigste drijfveeren, die de volken tot onderling verkeer aanzet. Dit verkeer kan niet anders dan gunstig op de intellectueele ontwikkeling der beide handeldrijvende volken werken.

§ 415. Middelpunten van beschaving. We hebben gezien, hoe de natuur den mensch bij zijn landbouwbedrijf vaak de behulpzame hand bood. De grond, die de vruchten moest leveren, de warmte en de vochtigheid, die den wasdom moesten bevorderen, waren hierop van grooten invloed. Niet overal is de aarde geschikt om den mensch tot een landbouwer te maken. Alleen daar, waar de omstandigheden het gunstigst waren, heeft hij zich eene vaste woonplaats gekozen en het tot een hoogeren trap van ontwikkeling weten te brengen. Van die plaatsen uit heeft die hoogere beschaving zich over andere volken verbreid en daarom noemen we ze middelpunten van beschaving.

In de eerste plaats noemen we hier China. Door drie groote rivieren besproeid (Hoangho, Jantsekiang en Sikiang), wordt het door gebergten van het overige, woeste en onherbergzame gedeelte van Azië afgesloten. De rivieren leverden den vruchtbaren grond, het gebergte keerde schadelijke winden en bracht de noodige mineralen voort, terwijl de vlakte eene fauna en eene flora herbergen, toereikend om de menschelijke behoeften te bevredigen, maar tevens niet zoo overvloedig, dat er door verloop van tijd geen nieuwe behoeften ontstonden.

Als tweede middelpunt noemen we Indie en wel bepaaldelijk de vlakte van Hindostan. Daar werd het klimaat van het noorden door den Himalaya gekeerd; Ganges en Bramapoetra voerden vruchtbaarmakende slib aan; de moesson bracht er regen.

In de vruchtbare vlakte van Mesopotamië ontmoeten we een derde middelpunt. Deze vlakte is als een wig tusschen de gebergten van Koerdistan en de Syrische woestijn ingeschoven. Daar werden voor het eerst groote steden gebouwd; daar ontwikkelde zich aanvankelijk onder de Hamietische en later onder de Semietische bevolking een beschaving, die den volken van het westen ten goede kwam en later door deze nog tot hooger volkomenheid werd gebracht. Onder den invloed van de beschaving in Mesopotamië verhieven zich oostwaarts daarvan het volk der Iraniërs en westwaarts de Semieten van Voor-Azië tot hoogen trap van ontwikkeling.

Het vierde middelpunt is Egypte.

Zie voor de vruchtbaarheid van dit land § 266.

Als vijfde middelpunt van beschaving beschouwen we de zeekusten en de eilanden van Klein-Azië met de daartegenover liggende kusten, eilanden en schiereilanden van Europa, namelijk Griekenland en Italië. Tusschen dit en de vorige is echter een groot ver-

schil; in China, Hindostan, Mesopotamie en Egypte woonden volken, die zich zonder invloed van buiten tot zulk eene hoogte hadden opgewerkt. In zuid-oostelijk Europa daarentegen hadden van uit de beide laatste middelpunten al invloeden gewerkt, toen de rijkbegaafde Hellenen en de Italiaansche stammen er zich neerzetten. Maar daarvoor hebben deze de beschaving tot eene hoogte gebracht zoo als nergens ter wereld was gezien. Van de Romaansche familie hebben later de Germaansche en de Slavische de taak overgenomen en op den gelegden grondslag voortgewerkt aan de ontwikkeling der menschheid.

Wenden we ons nu naar de Nieuwe Wereld dan vinden we alleen in Midden-Amerika en in Peru plaatsen, waar bodem en klimaat zoodanig samenwerken, dat de mensch zich tot een hoogen trap van beschaving ontwikkelen kon. Toch zijn de gegevens daar minder gunstig: de huisdieren ontbreken bijna, ijzer komt niet voor, het aantal cultuurplanten is uiterst gering en de middelpunten liggen aanmerkelijk verder van elkander dan in de Oude Wereld het geval is.

Afstand Mejico-Cusco 630, Babylon-Athene 170 geogr. mijlen.

Als middelpunten kan men in Amerika vier plaatsen aangeven:

1. de hoogvlakte van Mejico, waar de Tolteken en later de Asteken woonden,
2. het schiereiland Yucatan met de Maya's,
3. de hoogvlakte van Bogota met de Muysca's en
4. Peru met de Inca-peruanen.

Zooals we uit de ligging van deze middelpunten in de Oude zoowel als in de Nieuwe Wereld zien, heeft de natuur steeds de meest geschikte plaatsen als 't ware aangewezen. Daaruit moet men echter niet de gevolgtrekking maken, dat een geschikte bodem, een gunstig klimaat, voldoende voedingsgewassen en het voorkomen van huisdieren noodzakelijk tot een hoogeren trap van beschaving moeten leiden. Het komt er bovendien op aan, dat op de geschikte plaats een geschikt volk woont.

§ **416. Ligging der steden.** Wanneer een volk eenmaal een vaste woonplaats heeft aangenomen, ontstaan er steden, dat zijn punten, waar een gedeelte der bevolking, namelijk dat deel, dat niet onmiddellijk van de opbrengst van den akker of van de kudde leeft, in nauwer kring te zamen woont. In de Hongaarsche vlakte hebben zich nog tegenwoordig de grondbezitters, de koop- en de ambachtslieden in de op groote dorpen gelijkende steden naast elkander nedergezet, terwijl op de landgoederen slechts de hutten voor de veldarbeiders gevonden worden. Dit samenwonen geschiedt daar en dit zal zeker overal wel het geval geweest zijn, tot meerdere veiligheid, aangezien men zich in oorlogstijd en tegen roovers gemakkelijker in grooten getale dan afzonderlijk kan verdedigen. Soms lag het in den aard van het blijvende eigendom zelf, dat een volk genoodzaakt was, zich in een stad te verzamelen, b.v. als dat eigendom een bergwerk was.

Maar van groote beteekenis kan eene stad alleen worden, wanneer zij een geschikt

punt aanbiedt voor den handel. Groote handelssteden hebben zich aanvankelijk ontwikkeld als middelpunten van verkeer voor eene kleinere landstreek. Als later de gezichtskring van de bewoners zich uitbreidt en hun energie nieuwe handelswegen opent, kunnen er twee gevallen plaats hebben òf de stad blijft na die uitbreiding nog een middelpunt, òf zij ligt daarvoor ongeschikt en de handel moet zich natuurlijk concentreeren in een nieuw punt, waar dan een grootere stad ontstaat, die weldra het vroegere middelpunt overvleugelt. Daar de verkeerswegen bepaald zijn door zeeën, rivieren, bergpassen, enz. zou men in dit opzicht kunnen zeggen, dat door den orographischen bouw van de aardoppervlakte reeds van den aanvang af de plaatsen zijn aangeduid, waar te eeniger tijd een stad zal verrijzen.

Gaan we nu nog na, aan welke oorzaken eene stad zijn ontstaan kan te danken hebben.

A. Sommige steden zijn verrezen op de plaats, waar de grond een of andere delfstof opleverde; naar deze delfstof onderscheidt men dan:

1. Zoutsteden: Halle, Hallein, Berchtesgraden, Salsburg, Wielicska, Zie § 297.

2. Bergwerksteden, zoowel die, waar metalen (vooral ijzer) worden gevonden, als die waar steenkool of petroleum aangetroffen wordt. Zij liggen vaak gegroepeerd in een gebied, zooals Jekaterinenburg en Perm in den Ertsrijken Oeral; Bergen, Luik, Essen, Ruhrort aan de noordelijke grens van het leisteenplateau van den Rijn. Verder heeft men in Groot-Brittanje Glasgow, Birmingham, Manchester, Sheffield; in Frankrijk St. Etienne; in Amerika Pitsburg, San Francisco; in Azië de steden aan den Altaï en Nertsjinsk.

Natuurlijk ontstaan aan gunstige punten dan de uit- en de invoerhavens van zoodanige bergdistricten, we noemen daarvan Liverpool, Gefle, enz.

3. Badplaatsen. De eigenschappen van het water door de bronnen geleverd, trok een menigte personen daarheen. We noemen: Ems, Soden, Wiesbaden, Kreuznach, Karlsbad, Teplitz, Mariënbad, Neuenahr (aan de Ahr in de Rijnprovincie), Nauheim (N.N.W. van Hanau). Bovendien een groot aantal zeebadplaatsen als Brighton, Ostende, Scheveningen (den Haag), enz.

B. Natuurlijk was het voor de verdediging van een land van groot belang, dat de wegen, waarlangs de gemeenschap met de omliggende volken plaats had, in tijd van nood konden afgesloten worden voor den vijand. Van daar dat op enkele punten van zulke wegen, liefst waar er twee bij elkander kwamen, vestingen ontstonden. Zulke versterkingen noemt men strategische punten. Dergelijke zijn: Coblenz, Metz, Mainz, Olmütz, Grenoble, Turin, Straatsburg, Belfort, Besançon, Pforzheim, Bern, Franzensfeste, Belgrado, Presburg, Gran, Waitzen, Sjoemla, Sofia, enz.

Ga eens na, welke wegen door deze vestingen worden beheerscht. Ook aan de verbinding van twee zeeën komen dergelijke strategische punten voor: Elsenaar, Gibraltar, Perim. Niet altijd behoeft zulk een punt een stad te zijn: dikwijls dienen ook enkele forten tot dekking van den weg. Een voorbeeld daarvan levert ons het fort Bard. Dit fort gelegen aan de Dora Baltea, waar zij zich beneden Aosta naar 't zuiden buigt, speelde bij Napoleons tocht over den grooten St. Bernard een voornamen rol. Ook het oude slot Tirol, in de omgeving van Meran was de sleutel van het latere graafschap. Van gewicht is ook Kuffstein aan de Inn, enz. Bij ons te lande krijgen de strategische punten eerst waarde, wanneer de streek van Muiden tot Geertruidenberg gemunderd is. De door Pain et Vin in 1672 verlaten schans behoorde er toe. In vroeger tijd beheerschte Koevorden den weg tusschen de Drentsche en de Overijselsche hooge venen oostwaarts.

C. Tot groote middelpunten hebben zich vooral die plaatsen ontwikkeld, welke aan een geschikt punt op een natuurlijken verkeersweg waren gelegen. Als zoodanige geschikte punten noemen we:

1. Het vereenigingsgebied van eenige rivieren. De rivieren, die dan in zulk een gebied samenkomen, vormen de wegen, waarlangs men zich van uit de ontstane stad gemakkelijk in verschilende richtingen kan bewegen. Als voorbeeld nemen we Parijs. In het gebied, waar deze stad gelegen is, komen de Seine, de Marne en de Oise te zamen. Daardoor worden wegen naar vier verschillende richtingen gevormd. De Oise wijst op het noorden van Frankrijk, waar tusschen de Ardennen en het bergland van Artois een laagte gelegenheid gaf om in de Zuidelijke Nederlanden te dringen. De Marne leidt den weg naar het oosten over Metz naar Duitschland. De Seine op gaat men naar het zuidoosten in de richting van de Bourgondische hoogvlakte en het Rhône-dal; deze rivier af komt men in den Atlantischen Oceaan. We laten aan den lezer zelf over om de meer of mindere gunstige ligging van de volgende groote steden na te gaan: Rome, Weenen (Denk om den barnsteenweg), Lyon (Denk om de Bourgondische Poort), Namen, Coblenz, Passau, Mannheim, Frankfort $^{a}/_{d}$ Main, Toulouse, Warschau, enz.

In China vinden we een dergelijk punt in de vlakte van den Jantsekiang. Daar komen in de omstreken van Hanjang, Hankou en Woetsjang de Hankiang uit het noordoosten, de Juen-, de Sian- (beide loopen in het Tunlingmeer uit) en de Kiakiang (Pojangmeer) uit het zuiden. Bij Canton komen Sikiang (Weststroom), Pekiang (Noordstroom) en Tungkiang (Ooststroom) bij elkander. In Amerika vinden we eveneens voorbeelden genoeg, denk slechts aan St. Louis aan den samenloop van Missouri, Mississippi en Ohio. Waar de Rio Negro en de Madera zich in den Amazonestroom storten, ligt Barra of Manaos; waar de Tapajos in de hoofdrivier valt, ontstond Santarem.

Waar een paar tweelingsstroomen zich vereenigen, moet dus wel een stad ontstaan, en deze zal zich meer ontwikkelen, naarmate de beide stroomen grooter verschil in richting hebben en dus toegang verschaffen tot streken, die verder van elkander verwijderd liggen; voorbeelden zijn Calcutta, Bagdad, Basra, Mohammera, enz.

2. Plaatsen, waar de rivier gemakkelijk over te trekken is. Altijd blijft een rivier eene belemmering voor het verkeer der beide oevers onderling. Om deze weg te nemen, slaat men er bruggen over of bedient men zich van vaartuigen. 't Ligt in den aard der zaak, dat het laatste middel het oudste is bij volken, die zich op het water durfden wagen. In Afrika echter, waar de rivieren van krokedillen wemelden, vertrouwde de bewoner zich niet op het vloeibare element, maar gaf de voorkeur aan het leggen van een brug.

Wanneer de behoefte aan een brug zich deed gevoelen, koos men tot het leggen daarvan natuurlijk de meest geschikte plaats, bijv. daar, waar zich een eilandje in de rivier bevindt. Parijs is gebouwd op zulk een punt. Het eilandje met zijne huizen en gebouwen was door de armen der rivier, als een slotgracht, omgeven. Daardoor verschafte het een tweede voordeel: de bewoners konden er zich gemakkelijk tegen den aanval van vijanden verdedigen. Even zoo ontstond Berlijn op het eilandje Collin of Cöln in de Spree.

Men denke hierbij niet, dat ook de stad Keulen (Duitsch Cöln) aan een dergelijk eilandje haar oorsprong te danken heeft. Integendeel de naam Keulen komt van het Romeinsche Colonia (Agrippina), dat eenvoudig kolonie of legerplaats beteekent. Collin of Cöln noemden de oorspronkelijke bevolking van Brandenburg heuvels aan of in de rivier. We merken verder aangaande de ligging van Berlijn nog op, dat hier, wel is waar, geen aantal rivieren zich vereenigen, maar dat toch door den eigenaardigen loop van den Havel waterwegen in vele richtingen werden gevormd. Tegenwoordig zijn nog zoowel Stettin als Hamburg havens van de keizerstad. Men zou kunnen zeggen: Berlijn ligt in het kruispunt van Elbe en Oder.

Om het land der Saksers tegen invallen van Denen en Slaven te vrijwaren, bouwde Karel de Groote in 811 een sterkte op de plaats, waar de Elbe zich in meerdere takken verdeelt en gaf daardoor aanleiding tot het ontstaan van Hamburg.

Vele rivieren hebben in het laagland moerassige oevers. Dit maakte natuurlijk den overgang zeer moeielijk. Strekte zich hier of daar toevalligerwijze de hooge vastere grond tot het water uit, dan werd van dat vooruitstekende punt gebruik gemaakt om den stroom over te steken. Zoo vinden we Mohacz op de uitloopers van het Mecsek-gebergte aan den moerassigen Donau, Maagdenburg op een vasten grondslag te midden van de zandige Elbe-oevers. Ook in ons land vinden we steden aan den eenen hoogen rivieroever: Arnhem, Nijmegen.

Waar men eene doorwaadbare plaats vindt, kan men eveneens gemakkelijk over den stroom komen. Daaraan schijnt Frankfort a/d Main haar oorsprong te danken te hebben, ten minste als het waar is, dat de naam wijst op den overtocht van Chlodewig, den koning der Franken, in zijn strijd tegen de Alemannen, waarbij het Frankische leger daar de rivier doorwaadde.

De latere bloei van de stad is het gevolg van de kruising van vele wegen. Ga na welke.

Was eenmaal ergens een brug gelegd, dan concentreerde zich natuurlijk het verkeer

om dat punt. Zoo ligt Londen ter plaatse, waar de laatste brug over de Theems was geslagen.

3. Een scherpen hoek, door een rivier gevormd. Als voorbeelden daarvan noemen we in de eerste plaats Bazel, waar de Rijn zich plotseling naar het noorden wendt. Verder trokken ook Frankfort a/d Main (in plaats van Mainz, dat in hare ontwikkeling door omstandigheden werd belemmerd), Orleans, dat lang de mededingster van Parijs is geweest, Kasan en andere daar voordeel van. 't Is gemakkelijk in te zien, dat door een zoodanige verandering in richting der rivier een verkeersweg ontstaat naar een landstreek van geheel ander karakter.

4. Een punt, waar de rivier zich in verschillende takken verdeelt. Dit geeft hetzelfde voordeel als onder C. 1. is aangewezen. Kairo, Dordrecht, Arnhem zijn voorbeelden. Er ontstaan wegen in minstens drie richtingen.

5. Een verwijding van het dal van de rivier. Somwijlen loopt er langs de rivier een belangrijke verkeersweg, maar biedt het dal over een grootere of kleinere lengte geen plaats aan voor het bouwen van een stad. Bevindt zich nu lager eene dalverwijding, dan zullen zich daar de bewoners nederzetten, die stad zal het middelpunt worden van de streek. Zoo liggen de steden Dresden, Trier en Stuttgart in verbreedingen van het rivierbed.

D. Doorgaans vindt men steden aan de kruispunten van natuurlijke wegen. Onder C. hebben we daarvan reeds eenige voorbeelden ontmoet. (Weenen, Bazel, Frankfort a/d Main, Berlijn, enz.) Thans noemen we bepaaldelijk Konstantinopel als voorbeeld.

Hier kruisen de wegen van Europa naar Azië en die van den Archipel naar de Dnjepr elkander. De eerste loopt van Belgrado langs de Morawa over het Plateau van Sofia, door de Porta Trajana naar de Maritza voorbij Adrianopel naar de Turksche hoofdstad, om van Scutari over het hoogland van Klein-Azië naar 't oosten te gaan. De tweede wendde zich van de Bosporus naar den mond van de Dnjepr. In de middeleeuwen onderhielden de Noormannen hier gemeenschap tusschen de Oostzee en de Zwarte Zee. De handelsweg, doorgaans de Noormannenweg genoemd, ging uit van Groot-Nowgorod aan het Ilmenmeer, een der hoofdkantoren van de Hansa. Van hier liep hij langs de Lowat opwaarts en voor een klein gedeelte afwaarts langs de Duna, om zoo aan de Beresina te komen, die den weg naar de Dnjepr leidde.

Even zoo liggen Kopenhagen, Messina, Calais, Dover, Ingolstadt, Frankfort a/d Main, Innsbrück aan zulke kruispunten.

In Kopenhagen kruisen de wegen van Duitschland naar het noorden en van de Oost- naar de Noordzee elkander; in Messina die van Sicilië naar Italië en van het oostelijk bekken naar het westelijk bekken van de Middellandsche Zee. Te Frankfort a/d Main komen te zamen, de weg door de Wetterau uit het noorden, die langs de Main uit Thüringen, Bohemen en Saksen, die van de Noordzee langs den Rijn opwaarts, die van Bazel langs den Rijn afwaarts, die uit Frankrijk over Kaiserslautern en Mainz.

In vele gevallen worden dergelijke kruispunten van strategisch gewicht, b.v. Innsbrück.

E. Toen de volken zich op zee dorsten wagen, werden vele producten eerst te land naar de eene of andere haven en daarna ter zee naar de plaats van bestemming vervoerd, om vandaar uit in de meeste gevallen nog verder getransporteerd te worden. Op de plaats, waar de land- of rivierhandel in zeehandel overging, ontstond doorgaans eene groote koopstad. Zulke steden vindt men veelal bij den mond van groote rivieren, die dan den weg landwaarts vormen. Doorgaans liggen ze niet onmiddelijk aan den mond, maar hooger den stroom op. Dit kon in vroeger tijd te gemakkelijker, omdat de zeeschepen nog niet den grooten diepgang hadden van tegenwoordig en het bood dit voordeel, dat de inwoners niet zoo licht door vijanden konden aangevallen worden. Als voorbeelden noemen we: Londen, Bordeaux, Nantes, Rouaan, Parijs, Antwerpen, Dordrecht, Rotterdam, Bremen, Hamburg, Lubeck, Stettin, Danzig, Koningsbergen, Groot-Nowgorod, Shanghai, Canton, Bangkok, Calcutta, enz. Nu echter de schepen grooter worden, de rivieren meer en meer verzanden, het gevaar voor vijandelijke aanvallen (zeeroovers) vermindert, moeten al deze steden zich van voorhavens voorzien, tenzij ze haren toegangsweg weten te verbeteren. Zoodanige voorhavens zijn: Pauillac, Paimboeuf, St. Nazaire, Havre, Bremerhaven, Travemünde, Weichselmünde, Pillau, enz. Onmiddellijk aan zee liggen Astrakan, Stockholm, Archangel, Barcelona, enz.

Het komt ook voor, dat de stad, die den handel langs de rivier tot zich getrokken heeft, niet aan den mond ervan gelegen is, maar ter zijde. Deze buitengewone ligging is een noodzakelijk gevolg van den vorm der kust. Zoo ligt Marseille oostwaarts van de Rhône, omdat de kust aan den mond der rivier te moerassig was; Cadix ligt ten zuiden van den mond van de Guadalquivir, omdat de duinkust daar groote moeielijkheden aanbood, terwijl het schiereiland Leon een natuurlijke haven vormde.

Van Marseille ging sinds overoude tijden een weg langs de Rhône, de Saône, door de Bourgondische Poort naar den Rijn bij Bazel. Dit was dus de derde weg, die Midden- met Zuid-Europa verbond.

Soms leidt niet de rivier den handel naar een bepaald punt aan de kust, maar geschiedt dit door een weg in het gebergte. Zoo ligt Genua tegenover de Bocchettapas, die de Middellandsche Zee met de Povlakte verbindt.

Wat dunkt u van Salonica?

Dikwijls levert de binnenste hoek van eene golf een geschikt punt om de waren, die te land of langs de rivier zijn aangevoerd in de zeeschepen te laden of omgekeerd. Dit voordeel is het deel van Riga, Venetië, Triëst, Christiania, Tarente, Athene, Basra, Tientsin, enz.

F. Op den overgang van bergland in vlakland vindt men doorgaans eene stad. Vooral is dit het geval, indien het eene bergwerken bevat en het andere eene landbouwstreek is. Dan is er groot verschil in producten en dit is, zooals we gezien hebben, een eerste vereischte voor den handel. Maakt het vlakke land een bocht in het bergland, dan zal deze inham het natuurlijk middelpunt van de omliggende bergstreek worden. Leipzig en Weenen zijn hiervan uitstekende voorbeelden. Ten noorden van Stokholm heeft men bergwerken, ten zuiden bebouwde akkers, bovendien ligt genoemde stad in het punt, waar de weg langs het Mälarmeer de Oostzee bereikt, zij heeft daardoor wegen naar het noorden, oosten (Finsche Golf), zuiden en westen.

G. Sinds de mensch een hoogen trap van beschaving bereikt heeft, zijn er andere wegen, kunstwegen ontstaan, waarvan de spoorwegen voor den wereldhandel van zeer veel belang zijn. Groote havens zijn daarom door spoorwegen met landstreken verbonden, die óf producten opleverden óf er noodig hadden. Zoo staan onze havens Vlissingen, Rotterdam en Amsterdam door spoorbanen met Midden-Europa in verbinding. Dit vervoermiddel brengt een sneller verkeer tot stand tusschen de haven en haar achterland, d. i. het land, waarvan zij de uitvoerhaven is. Aan de kruispunten van spoorwegen liggen groote steden, of liever, want de stad was er voor de spoorwegen er waren: voorname steden heeft men tot middelpunten van spoorbanen gemaakt.

Zoek in Europa en vooral in ons vaderland zulke middelpunten van spoorbanen. Kent ge ook steden met twee voorhavens? Wat weet ge van de ligging van Bogota (denk aan de Rio Meta en de Magdalena)?

Nooit heeft eene stad haren bloei aan een enkele liggingsvoorwaarde te danken, altijd werken er eenige samen. Vandaar dan ook, dat dezelfde plaats soms onder meer dan één rubriek verschijnt. Ook dient opgemerkt te worden, dat nog niet altijd op de gunstige plaats eene groote stad ontstaat. Dit zou het geval zijn, als de ontwikkeling van de bewoners geen groot gewicht in de schaal legde. Die moet namelijk zoo hoog zijn, dat zij partij van de gunstige ligging van hun woonplaats weten te trekken. De Turken zijn oorspronkelijk een herdersvolk. De loop der omstandigheden heeft hen in het bezit gesteld van Konstantinopel, maar toch hebben de Turken niet den handel tusschen Europa en Azië in handen. Ware Konstantinopel niet reeds voor lang eene handelsstad geweest, de Turken zouden het niet tot handelsmiddelpunt verheven hebben.

Aanvankelijk was elke groote handelsstad eenvoudig de marktplaats van haar omgeving; daarna heeft de energie van de bewoners het handelsgebied al meer en meer uitgebreid.

Op zee zijn de handelswegen niet zoo bepaald aangegeven als op het vastland, zoodat de weg daar gemakkelijker dan hier kan verlegd worden. Toch kennen we

allen voorbeelden, dat ook de route te land werd gewijzigd. Voor de omzeiling van de Kaap de Goede Hoop waren Venetië, Genua, Augsburg de plaatsen, waarlangs Midden-Europa de Indische waren verkreeg; na die omzeiling verhief zich Lissabon als stapelplaats. Het middelpunt van Duitschland's macht lag vroeger in het zuidwesten thans in het noorden. Kiew was eens de machtigste stad in het Slavenland, daarna Wladimir, toen Moskau en nu St. Petersburg. Naarmate de handel zich hier meer alzijdig uitbreidde, werd het middelpunt verplaatst. Daardoor kan men niet zeggen, dat de plaatsen, waar het verkeer het grootste zal zijn, beslist in den bouw van de aardoppervlakte zijn afgeteekend, dat hangt van omstandigheden af.

Om een plaats in beperkten kring een middelpunt van verkeer, eene *marktplaats*, te doen zijn, moeten de volgende voorwaarden vervuld worden:

1. Er moeten veel producten zijn, dus de plaats moet in eene vruchtbare streek liggen.
2. Er moet verscheidenheid van voortbrengselen wezen. Deze wordt bevorderd door verscheidenheid van grondsoorten in de omgeving.
3. Er moeten goedkoope en snelle vervoermiddelen tusschen de stad en hare omgeving bestaan.

Toets hieraan de volgende plaatsen in ons vaderland: Groningen, Zwolle, Utrecht, Arnhem, 's Hertogenbosch, Purmerend, Alkmaar, Haarlem, enz.

§ **417. Staatkundige toestand.** De staatkundige toestand, waaronder een volk leeft, is doorgaans een gevolg van zijn karakter en zijne geschiedenis. Daardoor treft men veel verschil in dezen toestand aan. De twee uitersten vindt men vertegenwoordigd in de *onbeperkte monarchie* en de *democratische republiek*.

In de eerste berust de souvereiniteit, d. i. de oppermacht in den staat, geheel bij één persoon, den monarch, die, naargelang het hem goed voorkomt, wetten geeft en intrekt, of naar luim en gril regeert. In de tweede benoemt het geheele volk voor eenigen tijd de personen, door wie het naar bepaalde wetten geregeerd wenscht te worden. De personen oefenen dan van de oppermacht elk een bepaald omschreven gedeelte uit of wel zij zijn de leden van een regeeringslichaam, een staatsraad.

Tusschen deze beide uitersten heeft men vele overgangsvormen. We noemen de *beperkte of constitutioneele monarchie* en de *aristocratische republiek*.

In de eerste wordt de wetgevende macht door den monarch en de afgevaardigden van het volk gedeeld en is de verhouding tusschen deze beiden nauwkeurig in eene wet, de *grondwet* of *constitutie*, omschreven. In de laatste berust de souvereiniteit niet bij het geheele volk, maar bij enkele bevoorrechte familiën, die uitsluitend de leden van de regeerende raden of de regeeringspersonen verkiezen.

IV. MENSCHENRASSEN (Zie kaart XVIII).

§ 418. Het Middellandsche Ras. In § 405 hebben we de negen rassen opgenoemd, waarin men tegenwoordig het menschdom gewoonlijk verdeelt. We beginnen met het Middellandsche. De kenmerken zijn de volgende: De Middellanders zijn middelschedelig en rechttandig; de haargroei is tamelijk ontwikkeld behalve in Noord-Afrika; het haar is rond in doorsnede en valt in lokken langs het hoofd; de huidkleur is blank, maar gaat naar het zuiden eerst in lichtbruin, later (bij de Nubiërs) in zwart over; de neus heeft een hoogen rug, de lippen zijn fijn en de gelaatstrekken hebben een edele uitdrukking. Het verbreidingsgebied is op de kaart met een licht-roode harceering aangegeven.

Fig. 78.



Een Middellander.

Men verdeelt dit ras doorgaans in drie afdeelingen: de Hamieten, de Semieten en de Indo-Europeanen.

De **Hamieten**, op de kaart door 3 aangeduid, bewonen het noordelijkste gedeelte van Afrika tot aan de zuidgrens van de Sahara en strekken zich langs de oostkust tot aan den evenaar uit. In Egypte hebben ze zich tot een hoogen trap van beschaving weten op te werken.

Zie wat er over dit middelpunt van beschaving in § 266 is gezegd.

Vooral in landmeetkunde en sterrekunde hadden zij het tot groote hoogte gebracht. Zij bezaten ook een middel om de gedachten schriftelijk uit te drukken (hiëroglyphen).

Tot de Hamieten behooren de Fellah's in Egypte, de Tiboe's in het oosten, de Toeariks in het midden en de Mooren in het westen van de Sahara; verder de Galla's en Somalie, ten zuiden van de Golf van Aden.

De **Semieten**, op de kaart door 2 aangeduid, bewonen Azië tusschen de Perzische Golf, de Roode en de Middellandsche Zee benevens de noordkust van Afrika; afgezonderd vindt men een Semietische enclave in Abessynië. Alles duidt aan, dat ze reeds vroeg verkeerd hebben met de vorige afdeeling. Even als deze zijn ze de leermeesters van de wereld geweest. Zij verdeelden het jaar in maanden en den cirkelomtrek in 360°. Ze hadden 100 cijfers, maar toch gaven ze waarschijnlijk aan deze eene betrekkelijke waarde naar de plaats, die ze innamen. Goud in staven werd als ruilmiddel gebruikt. Het middelpunt van hun cultuur was Mesopotamie (Zie § 415). Hun goden waren verpersoonlijkte eigenschappen (El = de sterke, Bel of Baäl = de heerscher, enz.) Toen het volk de beteekenis der godennamen uit het oog verloor, verviel het tot afgoderij. Tot de Semieten behooren de Arabieren, de Phenicièrs, de Israëlieten, de Abessyniërs, enz.

De **Indo-Europeanen**, op de kaart door 1 aangeduid, zijn de zuiverste Middellanders en bewoonden oorspronkelijk Azië van de Golf van Bengalen tot aan de Zwarte Zee benevens het grootste gedeelte van Europa. Daar zij de krachtigste zijn van alle volken hebben ze zich over de geheele aarde verspreid. Dwars door Siberië legden ze een rij volkplantingen aan voor de bergwerken van den Altaï en de oostelijke gebergten. De ontdekking van de Nieuwe Wereld opende hun een nieuw verbreidingsgebied en de overdreven verhalen van de fabelachtige schatten daar aanwezig lokten er velen heen. Verder vinden we ze op de zuidpunt van Afrika en in Australië, terwijl ze zich als handelaars bijna op alle kusten hebben nedergezet.

Reeds de naam duidt aan dat deze afdeeling weder in tweeën gesplitst wordt: een Aziatische en een Europeesche groep.

A. **De Aziatische groep**. Hiertoe behooren drie familiën en wel:

1. De Hindoes, die thans voornamelijk de vlakte van Hindostan bewonen, waarvan in § 415 reeds gesproken is. Zij houden streng vast aan de grootendeels verouderde begrippen, waaronder de scherpe afscheiding der standen zeker een der voornaamste is. Daardoor staat de ontwikkeling tegenwoordig stil. Met de Hindoes zijn de Zigeuners verwant.

2. De Perzen of Iraniërs wonen tegenwoordig op het hoogland van Iran. In vroegeren tijd bloeiden vooral de provinciën Bactria en Sogdania, daar lag het zwaartepunt van de Perzische macht in de oudheid. Ze hebben koloniën in het Tarimbekken en in Voor-Indië. Hun godsdienst was een dienst der reinheid. Thans belijden ze den Mohammedaanschen godsdienst, maar erkennen alleen den *koran* en niet de overlevering of *sunna*, zoodat ze als *schiiten* vijandig tegenover de overige Mohamedanen, de *sunniten*, staan. Met de eigenlijke Perzen zijn de Afghanen, de Beloetsjen en de Koerden verwant.

3. De Armeniërs wonen in het bronnengebied van den Euphraat en de Koer. Eens vormden ze een zelfstandig rijk, maar thans behooren ze gedeeltelijk tot Rusland, gedeeltelijk tot Turkije. Ze zijn christenen van de Grieksche kerk en erkennen als hun hoofd den patriarch van Etschemiadzin, een klooster bij Eriwan. Landbouw, veeteelt en nijverheid bloeit onder hen, maar tevens zijn ze eenvoudige en eerlijke handelaars. Van Londen tot Singapore vindt men Armenische handelshuizen.

B. **De Europeesche groep**. Deze groep heeft zich voornamelijk in Europa gevestigd en ontwikkeld. De volken, die er toe behooren zijn uit Azië afkomstig. Twee wegen leiden uit dit werelddeel naar het onze: de eilandenbrug tusschen Klein-Azië en het Turksche Schiereiland en de poort tusschen het Oeralisch gebergte en de Kaspische Zee.

Langs den eersten weg kwamen:

1. De Grieksche familie. Deze wordt nog vertegenwoordigd door de Nieuw-Grieken, de afstammelingen van Hellenen, Epiroten en Macedoniërs der Oude Geschiedenis. Men vindt ze tegenwoordig op de eilanden van den Archipel, in Turkije

langs de kusten van den Archipel, de Zee van Marmora en de Bosporus, in Griekenland (ook Thessalië en Epirus), op Candia en langs de kusten van Klein-Azië.

2. De Thracische familie, waartoe de Thraciërs, de Geten, de Illyriërs en de Pannoniërs behoorden. Tegenwoordig vindt men van deze familie niet meer dan de Albaneezen, die van Montenegro tot Griekenland de kust van de Adriatische Zee bewonen. De noordelijke zijn slechts in naam afhankelijk van den Sultan.

3. De Romaansche familie. Deze volken hebben zich van uit Italië, waar ze in vele stammen verdeeld leefden, over een groot gebied verspreid. Hun noordgrens gaat van Calais over Brussel, Luik, Metz naar de Jura tot Neuchâtel, vandaar langs de Alpen tot Innsbrück en verder naar Triest. De familie wordt verdeeld in verschillende taalstammen: de Spaansche, Portugeesche, Provençaalsche (in Zuid-Frankrijk en de Spaansche Middellandsche-zeekust tot Alicante), Fransche, Waalsche (in België), Rheto-Romaansche, Italiaansche en Walachijsche.

Tot de Rheto-Romanen rekent men: de Rheto-Romanen in het dal van den Rijn van den St. Gothard tot Chur, in het dal van den Achter-Rijn en van de Inn, de Ladiner aan beide zijden van de Etsch boven Trient en de Friauler in het gebied van de Tagliamento.

De Walachen bewonen een cirkel, die begrensd wordt door eene lijn van Bazias over Themesvar, Grosz-Wardein, Czernowitz, langs de Dujestr tot beneden Kisjenew, van daar naar den Donau bij Galatz en deze rivier op tot Bazias. In Zevenburgen heeft men midden in hun gebied Duitsche en Magyaarsche enclaven. Deze Walachen zijn de afstammelingen van de geromaniseerde Daciërs, hun gebied komt tegenwoordig nog vrij wel overeen met de Romeinsche provincie Dacië.

De Franschen zijn geromaniseerde Galliërs.

De Romaansche volken hebben hun taal aan de Romeinen ontleend.

Door de poort ten zuiden van den Oeral zijn in Europa gekomen:

1. De Kelten of Galliërs. Eens was deze familie ver over Europa verbreid. Tegenwoordig vindt men er nog afstammelingen van in Bretagne, in Wales, in Ierland en Schotland.

2. De Slavische familie breidde zich vroeger verder westwaarts uit dan tegenwoordig. Ten tijde van Karel den Grooten woonde zij tot de Elbe, het Fichtelgebergte en het Bohemerwoud toe. Later is ze door de Germaansche familie teruggedrongen en heeft haar gebied in het zuidoosten van ons werelddeel vergroot. Aan de Spree heeft zich een gedeelte tot op den huidigen dag weten staande te houden. Men onderscheidt Noord-Slaven, West-Slaven en Zuid-Slaven.

Tot de Noord-Slaven behooren de Russen en Ruthenen, welke laatste in Oost-Galicië, op de Oost-Beskiden en in de Karpatendalen voorkomen. Door de Polen steeds onderdrukt, zijn de Ruthenen het onbeschaafdste Slavenvolk.

Tot de West-Slaven rekent men de Polen langs de Weichsel en het bovengedeelte van de Warthe, van de Karpaten tot Danzig; de Wenden of Sorben aan de Spree van Bautzen tot Güben; de Czechen in het centrum van Bohemenen in Moravië; de Slovaken oostwaarts van hen tot de Hernad, tusschen Donau en Karpaten.

De Zuid-Slaven zijn van de overige gescheiden door Duitschers, Hongaren en Walachen. Tot hen behooren de Slovenen in de oostelijke Alpendalen, ten zuiden van de Drau tot aan de Tagliamento; de Serviërs, die Kroatië, Slavonië, Dalmatië, Servië en Montenegro bewonen en hun gebied tusschen Essek en Bazias zelfs aan de andere zijde van den Donau uitstrekken, en de Boelgaren, die geslaviseerde Mongolen zijn en het gebied tusschen den Donau en de Aegeïsche Zee en tusschen den Skardagh en de Zwarte Zee bewonen.

Verwant met de Slaven schijnen de Letten en Lithauers te zijn, waarvan de eersten in Koerland en Lijfland en de anderen aan de oevers van de Njemen gevonden worden.

3. De Germaansche familie, welke ten westen van de Slaven en ten noorden van de Romanen woont. Men vindt vele koloniën van deze familie tusschen de andere volken in. Men onderscheidt:

de Scandinaviërs, die op IJsland en de Faröer het zuiverst voorkomen, in Scandinavië, aan de kusten van Finland en in Denemarken. Hiertoe behoorden de vroegere Picten in Schotland.

de Duitschers of Teutonen, waartoe de Neder-Duitschers (Friezen en Saksers), de Middel-Duitschers (Franken, Thüringers en Opper-Saksers) en de Hoog-Duitschers (Alemannen, Bourgondiërs, Zwaben en Beieren) behooren.

Van welke van deze stammen zijn de Engelschen nakomelingen? Van welke de Nederlanders?

De Europeesche Afdeeling van de Indo-Europeesche groep heeft het in beschaving het verst gebracht. Toch zijn de daartoebehoorende volken niet zelfstandig tot dien trap opgeklommen: zij zijn de leerlingen van Semieten en Hamieten, maar het geleerde hebben zij tot hooge mate van ontwikkeling gebracht. Hunne woonplaats bezat eene rijke geleding, kwam op drie plaatsen (Gibraltar, Carthago, Griekenland) in aanraking met andere werelddeelen; 't klimaat en de bodem bevorderden de ontwikkeling.

Dat een beschaafd volk somtijds van een minder beschaafd nog iets kan leeren, blijkt ons uit de volgende feiten. De voor hun tijd zeer ontwikkelde Romeinen leerden van de oude Brittanniërs het gebruik van de mest, van de Kelten dat van de zeep en de kunst van verzilveren en vertinnen van vaatwerken; de Noormannen werden eerst laat bekend met het gebruik van 't zeil.

Zelfs de Nieuwe Wereld heeft het hare bijgedragen om de bewoners van ons werelddeel te ontwikkelen. De Europeesche bevolking heeft uitstekend partij getrokken van de schoone waterwegen, die hare woonplaats met het overige land der aarde verbonden.

Ten opzichte van de familien merken we op, dat aanvankelijk de Grieksche familie, daarna de Romaansche en eindelijk de Germaansche de draagster van deze hooge beschaving was.

De Romaansche en de Germaansche familie hebben vele volkplantingen buiten

hun eigenlijk gebied gesticht, de eerste voornamelijk in Zuid- en Midden-Amerika; de laatste in Noord-Amerika, Afrika, Azië en Australië.

Ga al deze koloniën na. In de dalen van den Kaukasus wonen nog eenige stammen, die ongetwijfeld tot het Middellandsche ras behooren, maar die men niet in de bovenstaande verdeeling kan plaatsen. Tusschen de beide wegen, die uit het hart van Azië naar Europa leiden, hoog de woeste Kaukasus een uitstekende schuilplaats aan voor teruggedrongen volken. Dit is waarschijnlijk de oorzaak, dat men er zooveel verscheidenheid aantreft. Sommigen brengen deze stammen tot een afzonderlijk ras, dat ze dan het Kaukasische noemen.

§ **419. De Dravida's**, op de kaart met II aangeduid, hebben veel overeenkomst met de Middellanders. Hunne kleur is echter veel donkerder en wat hun taal betreft, zijn ze geheel zelfstandig. Oorspronkelijk bewoonden ze geheel Voor-Indië van Beloedsjistan tot Ceylon. Thans zijn ze door de Ariërs (Iraniërs en Hindoes) teruggedrongen naar het oosten van Beloedsjistan en het zuiden van Voor-Indië, terwijl ze ook nog op Ceylon hier en daar voorkomen. Een noemenswaardigen trap van beschaving hebben zij niet bereikt.

§ **420. De Negers**, op de kaart met donkerrooden tint en III aangeduid, vormen hoofdzakelijk de bevolking van Afrika, ten zuiden van de Sahara. Zij zijn smalschedelig en scheeftandig. Hun haar is elliptisch in doorsnede en sterk gekroesd. Het is bij de meeste Negers gelijk over 't hoofd verdeeld, maar in het zuiden van het gebied komen in dit opzicht veel afwijkingen voor. De haargroei is op het hoofd sterk ontwikkeld. De lippen zijn dik, de neus is plat. De huidkleur is zwartachtig.

Fig. 79.



Een Neger.

Men onderscheidt:

1°. Soedannegers, die ongeveer van den zuidrand der Sahara tot aan den aequator wonen;

2°. Fellata's, die van den Senegal zuidoostwaarts tusschen de vorige inwonen. Zij vormen meer staten dan de eerste en hun gelaatstrekken en kleur schijnen op vermenging met het Middellandsche ras te wijzen. Zij onderscheiden zich gunstig van de Soedannegers door ernst, geslepenheid en eerbied voor eens anders eigendom, minder gunstig door hun boosaardigheid. Zij zijn zeer geschikt voor den handel.

3°. Zuidelijk van den aequator vinden we de Bantoenegers. Deze hebben dikwijls haar, dat niet gelijk over het hoofd is verspreid. Vooral is dit het geval bij de Kaffers, een krijgshaftig herdersvolk met uitstekend verstand begaafd en thans ten zuiden van de Zambezi wonende.

De woonplaats van het Negerras vormt in vele opzichten een afgesloten geheel,

waarvan onbegaanbaarheid een der hoofdkenmerken is. Wel staat Afrika op drie punten (Gibraltar, Carthago en Roode Zee) met de overige deelen der Oude Wereld in verbinding, maar de Sahara scheidt den noordelijken rand van het verdere gedeelte af. Ook de Afrikaansche rivieren hebben niet tot hooge cultuur geleid; want, ofschoon scheepvaart hier en daar voorkomt, was de bevolking over 't algemeen afkeerig van het water: een eenigszins breede rivier was genoeg om een veroveraar in zijne overwinningen te stuiten. Bruggen van groote lengte vindt men meer dan veren. Dat er geen zeevaart ontstond kan ons weinig verwonderen, als men nagaat, dat golven bij dit werelddeel zeldzaamheden zijn.

Onder de Negers zelf heeft zich geen middelpunt van beschaving ontwikkeld. Maar daarom moet men hen niet ongeschikt voor ontwikkeling houden: wat zij geworden zijn, hebben ze bijna geheel aan zich zelf te danken. Wij zeggen bijna geheel, want er is een feit, dat op invloed van buiten wijst. De eenige streek, waar gemeenschap met ontwikkelde naburen kon plaats hebben, was het noordoosten, waar zich aan den Nijl een hooge cultuur had ontwikkeld. Van hier uit schijnt zich ook werkelijk eene meerdere beschaving verbreid te hebben, daar de ontwikkeling der stammen over 't algemeen afneemt, naarmate men zich verder van den Nijl verwijdert. Aan dezen invloed van buiten moet men het toeschrijven, dat de ontwikkeling in geheel Afrika zeer gelijkmatig is, overal kent men bijvoorbeeld de bewerking van het ijzer. Echter pleit het niet voor aanleg tot verstandelijke ontwikkeling, dat geen enkele stam zich daarna iets boven die algemeene gelijkvormigheid heeft kunnen verheffen.

Slavenhandel is met de Mohammedaansche cultuur onder de Negers ingevoerd. Later werden ook Negers naar Amerika gevoerd. Na hun vrijlating hebben deze Amerikaansche Negers zich in Noord-Amerika weten staande te houden, zoodat hun ras ook kan aangemerkt worden als een, dat koloniën bezit. Op de kaart is een zoodanige kolonie met III in de Vereenigde Staten aangeduid.

Waar de Middellander zich in het gebied van een minder beschaafd volk nederzet, wordt dit doorgaans teruggedrongen. Het klimaat van Afrika is voor hem echter minder geschikt. Daaardoor houdt het Negerras zich tegen indringers staande en wordt het aantal Negers steeds grooter, terwijl Dravida's, Australiërs, Hottentotten en Amerikanen langzaam maar zeker uitsterven.

§ **421. De Bosjesmannen en Hottentotten,** op de kaart met blauwen tint en IV aangeduid. Zij zijn smalschedelig en scheeftandig. Het haar, waarvan de doorsnede een ellips vormt, staat in bosjes en is kort. De neus is klein; in tegenstelling met de Mongolen hebben zij geen scheef geplaatste oogen.

Op jongeren leeftijd hebben de menschen van dit ras een gevuld lichaam, maar spoedig begint de huid rimpels te vertoonen.

De Hottentotten waren oorspronkelijk herders. Daar de Europeesche kolonisten ook een herdersleven leidden, dreven zij hen hoe langer hoe verder terug. De Hot-

tentotten verdrongen toen de Bosjesmannen, oorspronkelijk jagers, naar de woestijn en het gebergte.

Dit ras staat niet in alle opzichten even laag. Over 't algemeen deelt het in de gelijkmatige beschaving, die het Negerras eigen is, maar de taal der Hottentotten is veel hooger ontwikkeld. Daardoor leeren zij gemakkelijk vreemde talen.

§ **422. Het Mongoolsche ras,** op de kaart aangeduid door eene blauwe harceering en het cijfer V. De Mongolen zijn kortschedelig en rechttandig. De jukbogen springen sterk vooruit. Het haar is rond in doorsnede en hangt sluik langs

Fig. 80.



Een Hottentot.

Fig. 81.



Een Mongool.

het hoofd neer. Over 't algemeen is de haargroei dun. De kleur der huid is geel, nu eens donkerder dan weer lichter. De neus is plat en klein; de oogen zijn eenigszins scheef geplaatst en wel den buitenhoek naar boven.

Dit ras verdeelen we in de volgende afdeelingen.

1°. Z u i d o o s t-A z i a t e n. Hiertoe behooren de Chineezen, de Indo-Chineezen en de Tibetanen. Zij onderscheiden zich door hun eenlettergrepige taal (Zie § 406). Van alle Mongolen hebben de C h i n e e z e n zich het meest ontwikkeld. Ja langen tijd waren zij de bewoners van ons werelddeel ver vooruit.

Zie wat over China gezegd is in § 415.

Anderhalve eeuw voor Chr. vonden ze de porcelein-fabricatie uit, zes eeuwen na Chr. de drukkunst. Den magneet kenden ze sinds 121 n. Chr.; papieren geld was bij hen in omloop sinds 119 v. Chr. Toen Europa nog door volken bewoond werd, wier geschiedenis wij in het geheel niet kennen, hadden zij reeds een minister van Openbare Werken, een geordende politie, een verboden jachttijd, een wet tot dierenbescherming en eene verordening op het hard rijden in de straten. Ofschoon ze dus reeds vroeg eene hooge beschaving deelachtig waren, zijn ze op eene zekere hoogte blijven staan. Dit is misschien het gevolg van hunne geïsoleerdheid: de Semieten, de Hamieten en de Grieken kwamen telkens met nieuwe volken in aanraking. De Romeinen zelfs

bleven op zekere hoogte staan, toen bracht de Groote Volksverhuizing nieuw bloed en nieuwe kracht in de landen van 't zuiden. Maar de Chineezen hebben van buiten zulken toevoer niet gehad; in het westen de woestijn, in het noorden en zuiden een gebergte, in het oosten een havenarme kust, waren zij afgesloten van de overige volken der aarde. Hun eigenaardige cultuur zit hun dan ook zoo in merg en been, dat latere veroveraars (Mandsjoes) er zelfs niet het geringste aan konden veranderen. Over 't algemeen schatten ze alleen hoog, wat practisch nut heeft: in hunne litteratuur vindt men veel moraal, weinig bespiegeling, veel aardrijkskunde en geschiedenis, weinig wiskunde, ofschoon zij goede rekenaars zijn. Examens leiden tot de hoogste staatsambten, kastenwezen ontbreekt: ieder kan mandarijn worden.

De regeering van China is theocratisch, de keizer is de zoon des hemels, maar hij neemt de stem des volks tot richtsnoer bij zijne regeeringsdaden. Om der wille van 't geloof wordt niemand vervolgd.

Door de overbevolking van het Chineesche rijk zoeken vele Chineezen buiten het vaderland hun brood. Vooral in onze bezittingen op de noordkust van Java, in het oosten van Sumatra, op Riouw en de westkust van Borneo komen ze voor. In den laatsten tijd trekken ze ook in menigte naar de westelijke Staten van Noord-Amerika en naar de goudvelden van Victoria en Queensland.

De overige Zuidoost-Aziaten zijn niet zoo beschaafd. De Indo-Chineezen bewonen Achter-Indië, de Tibetanen Tibet. Onder de laatste heeft zich het Boedhisme eigenaardig ontwikkeld. Goddelijke wezens nemen volgens hun geloof steeds eene menschelijke gedaante aan. De voornaamste van deze goden is de Dalai Lama, die in Lhassa resideert.

2. Japanneezen en Koreanen. De oorsprong der Japanneezen ligt in het duister; waarschijnlijk zijn ze ontstaan uit eene vermenging van de Chineezen en de Ainos, een volk, dat tegenwoordig nog op Jesso en Sachalin voorkomt. Ook zij huldigen de stelling kennis is macht, evenals de Chineezen met wie ze veel overeenkomst hebben. Evenwel hebben zij hun land voor westersche beschaving wijd opengezet. Na 1871 vormt Japan een constitutioneele monarchie; den 14den Augustus 1884 is de staatsgodsdienst afgeschaft, en vervielen alle voordeelen, vroeger aan Sjintoïsme en Boedhisme toegekend. Zoo geven de Japanneezen het oude standpunt van afsluiting prijs en daardoor beginnen zij te deelen in de voordeelen der Europeesche beschaving.

3. De Noord-Aziaten. Hiertoe rekenen we in de eerste plaats de Mongolen in de Gobi, Dsjoengarije en de Russische gebieden om 't Baikalmeer. Het zijn herdersvolken, wier kudden uit kameelen, paarden en schapen bestaan. Zij zijn gastvrij, goedhartig en oprecht. Daardoor zijn ze tegen de sluwe Chineezen niet bestand. Zij zijn uitstekende ruiters, die onder Dsjengiskan en Timurlenk de grootste wereldrijken gesticht hebben. Verder vinden we de Tongoezen en de Mandsjoes van het Baikalmeer tot de IJszee en de Zee van Ochotsk. Samojeden

wonen aan de beide zijden van den Woesten Oeral en Ostjaken tusschen Midden-Ob en Jenissei.

In Europa komt van dezen Noord-Aziatischen tak van het Mongoolsche Ras een gedeelte der groep van de Tsjoedisch-Turksche volken voor, waarvan er zich eenige door het aannemen der westersche beschaving ver boven hunne rasgenooten hebben weten te verheffen. Men verdeelt deze groep in:

A. *Tsjoeden of Finnen.*
   - *a.* Baltische tak, waartoe behooren de Finnen in Finland, de Lappen en Quänen (in de binnenlanden van Scandinavië), de Lijven en Esthen, ten zuiden van de Finsche Golf.
   - *b.* Oegrische tak, waartoe de Magyaren of Hongaren behooren, die zich een onafhankelijk volksbestaan hebben verschaft en wier litteratuur zich in de laatste 50 jaar zeer ontwikkelde.
   - *c.* Permische tak, in 't gebied van Wytschegda en Petsjora.
   - *d.* Boelgaarsche tak, in de nabijheid van Kasan. Het hoofdvolk is geslaviseerd. (Zie § 418).

B. *Turken* van den Hellespont tot de Lena, waartoe o. a. behooren:
   - *a.* de Osmanen, in Klein-Azië en het Turksche schiereiland, waar ze hoe langer hoe meer teruggedrongen worden: „de halve maan gaat onder". In Klein-Azië zijn 't vlijtige landbouwers.
   - *b.* de Tataren in het gebied van de Koer, om Tasjkend en Samarkand.
   - *c.* de Kirgiezen van de Kaspische Zee tot Dsjoengarije en van de Pamir tot Tobolsk, het rijkste herdersvolk van Azië.
   - *d.* de Jakoeten aan de Lena, met paarden- en runderteelt en zelfs akkerbouw, in een streek, die zeer ongunstig is. Voor 't uiterlijk zijn ze Christenen. Zij zijn 't eenige volk in Noord-Azië, dat niet achteruitgaat.

4. De Beringsvolken. Hiertoe behooren in Azië de uitstervende jagersvolken in het noordoosten (Kamsjatdalen, Tsjoektsjen); in Amerika de Eskimo's. De laatste leven in ijs en en sneeuwhutten, half onder half boven den grond, ze zijn koene zeevaarders (Zie § 413) en kleeden zich met de huiden van pelsdieren. Van de robbenvangst is hun bestaan afhankelijk.

Fig. 82.



Een Amerikaan.

§ **423. Het Amerikaansche Ras**, op de kaart door geen tint en het cijfer VI aangeduid. Zij hebben veel overeenkomst met de Mongolen, met welk ras Peschel ze samenneemt. Ze zijn breedschedelig en rechttandig; het zwarte, stijve haar is rond in doorsnede en hangt sluik neer; de neus heeft bij sommige stammen een hoogen rug. De kleur

is lichtbruin, nimmer koperrood. Van het noorden tot het zuiden treft men bij veel verschil in toestand, nog steeds zooveel overeenkomst bij de verschillende volken aan, dat men niet beter doet dan ze onder één ras saâm te vatten. Soms gaat men nog verder en brengt ze allen tot de Mongolen. Dan zouden ze uit Azië naar de Nieuwe Wereld zijn overgestoken. De Beringsstraat is zoo smal, dat men van sommige punten uit Azië de Amerikaansche kust kan zien en was dus geen beletsel; de koude evenmin, want er zijn naakte wilden, die dergelijk koud klimaat doorstaan. Daar de Amerikaansche bodem van de Noordelijke IJszee tot Vuurland groote verschillen vertoont en de Amerikaansche beschaving oorspronkelijk schijnt, treffen we hier niet die gelijkvormigheid aan, welke we in Afrika hebben ontmoet. Hier staan de ruwste wilden —

denk aan de Pesjera's —

naast de hoog beschaafde Inca-peruanen.

De Arabische cijfers op de kaart duiden de volgende afdeelingen aan:

1. De Noord-Amerikaansche jagersvolken.

2. De Thlinkithen.

3. De Asteken-Tolteken, die het tot een hoogen trap van beschaving gebracht hebben. Zij hadden bruggen en kunststraten, een postdienst, een kalender van $365\frac{1}{4}$ dag, landkaarten en schrijfteekens, terwijl stofgoud een ruilmiddel was. Daar dronkenschap den ondergang van de Tolteken had verhaast, bestond onder de Asteken een wet daartegen.

4. De Caraïben, een krijgshaftig, zeevarend volk.

5. De Inca-peruanen, die ook een hooge beschaving bereikten. Zij hadden de lama getemd, legden bruggen, kunststraten en lanen aan, bouwden gewelven, gebruikten cacaoboonen als ruilmiddel, maakten plannen van steden en bedienden zich van een beeldschrift.

6. De Brazilianen en

7. de Patagoniërs. In Zuid-Amerika neemt de beschaving van het noordwesten naar het zuiden en oosten snel af. De Botocoeden aan den Atlantischen Oceaan en de Patagoniers staan het laagst.

§ **424. De Maleiers,** op de kaart aangeduid met blauwe, gekruiste harceering en VII. Ze zijn eerder middel-, dan breed- of smalschedelig, eenigszins scheeftandig en hebben weinig vooruitstekende jukbogen. Het haar is rond in doorsnede en hangt sluik neer, de haargroei is echter schraal. De tint is donker, blauw- en geelachtig, soms zeer licht. Zij zijn achterhoudend en ingetogen van aard en bewonen een zeer uitgestrekt gebied n.l. van Madagaskar tot het Oostereiland toe. Door hunne gelijkenis met de Mongolen rekent Peschel ze tot de op Mongolen gelijkende volken. Scheiden we de Hova's, de beheerschers van Madagaskar, af, dan blijven ons nog over:

1. de Aziatische Maleiers op het zuidelijk deel van Malakka en in Oost Indië noordwaarts tot Formosa. De oostgrens gaat tusschen Rotti en Timor door, slingert zich ten zuiden van Soemba tusschen Flores en Soembawa door, loopt dwars over Boeroe en laat Batjan ten westen, Ternate, Tidore, enz. ten oosten liggen. Zij worden verdeeld in verschillende stammen en hadden voor de komst van de Europeanen in Insulinde reeds vele welgeordende staten gesticht. Zij zijn deels zeevaarders, deels handelaars, deels landbouwers.

Zie voor den weinigen arbeid, noodig om in hun onderhoud te voorzien, § 369.

Men treft zeer verschillende beschaving onder hen aan, de Bataks op Sumatra bezitten zelfs een schrift. Van uit Zuid-Oost-Azië hebben ze zich, begunstigd door de regelmatige winden, ver over de eilanden verbreid. Voorname stammen zijn: de eigenlijke Maleiers op Sumatra en Malakka, die van zeehandel en zeeroof, akkerbouw en visscherij leven. Vooral in de Padangsche Bovenlanden woont een nijvere bevolking. Van de bevolking van Sumatra staan de Orang Koeboe, waarschijnlijk verdreven Bataks het laagst; deze leven in de binnenlanden van het eiland, vermijden elke aanraking met anderen en drijven door nood gedrongen slechts een handel, waarbij niet wordt gesproken. De Javanen, Soendaneezen en meer krijgshaftige Madoereezen zijn doorgaans landbouwers; op hen hebben de Hindoes veel invloed uitgeoefend. Op Bali heerscht nog de Brahmaansche godsdienst. De Dajaks op Borneo zijn koppensnellers en staan, wat zedelijkheid aangaat, zeer laag. Op de Philippijnen leven de Tagalen, die den Christelijken godsdienst beleiden, even als de Alfoeren in de Minahassa.

De ingetogenheid en achterhoudendheid is bij vele van deze stammen door de onderdrukking, die zij van hunne vorsten of van vreemden ondervonden overgegaan in valschheid. Van daar dat ze doorgaans als sluw en weinig te vertrouwen worden afgeschilderd.

2. De Micronesiërs komen voor ten oosten van de vorigen en ten noorden van de Papoea's. Waarschijnlijk zijn ze ontstaan uit eene vermenging van dit laatste ras en de Polynesiërs, met welke zij in taal, zeden en maatschappelijke instellingen veel overeenkomst hebben. Zij bewonen de Carolinen, de Marianen, den Pelew-, den Marshall- en den Gilbert-archipel.

3. De Polynesiërs bewonen de Australische eilandenwereld ten oosten van Micronesiërs en Papoea's. Reeds in vroegere tijden bestond verkeer tot aan Tahiti en de regelmatige winden maakten de verspreiding gemakkelijk. Wanneer ze zich echter van hunne Aziatische rasgenooten hebben afgescheiden, kan niet met zekerheid worden nagegaan. Wel zijn onder hen nog eene menigte legenden in omloop, die verhalen van de reizen bevatten. Nieuw-Zeeland schijnt omstreeks 1400 n. Chr. door hen bevolkt te zijn. Ze zijn ervaren zeevaarders. De beoefening der kunst is na hunne verspreiding achteruitgegaan; daarvoor pleiten de overblijfselen van steenen gebouwen, die men zelfs op het Ooster-eiland aantreft, terwijl thans slechts houten

gebouwen voorkomen. Toch leggen zij in het bouwen hunner huizen en booten, in het vervaardigen van gereedschappen en kleederen eene hooge mate van kunstvaardigheid aan den dag. In den laatsten tijd heeft het verkeer met meer beschaafde volken een grooten invloed uitgeoefend: de Christelijke godsdienst ontmoet betrekkelijk weinig tegenstand. Die op Nieuw-Zeeland dragen den naam van Maori's.

§ 425. **De Papoea's,** op de kaart aangeduid door VIII. Men noemt ze ook wel Melanesiërs. Ze zijn smalschedelig, scheeftandig met tamelijk vooruitspringende kaken en jukbogen. Ze onderscheiden zich in bijna alle opzichten van de Maleiers: hun neus heeft een hoogen rug en een eenigszins naar beneden gerichten top; hun zwart, stijf, lang haar is elleptisch in doorsnede, vormt een verwarde kroon en is ongelijkmatig over het hoofd verspreid. Maar niet alleen uiterlijk ook in karakter staat de Maleier tegenover den Papoea; was de eerste achterhoudend en teruggetrokken, de laatste is luidruchtig, uitgelaten en brutaal. De Papoea's bewoonden oorspronkelijk een grooter gebied, de Maleiers hebben hen op vele plaatsen teruggedrongen, vandaar dat men tusschen deze laatsten in nog overblijfselen van het Papoeasche ras vindt. De westelijkste posten zijn de Andamanen. Tegenwoordig bewoont dit ras de eilanden van Nieuw-Guinea tot aan de Fidsji-eilanden. De Papoea heeft aanleg voor kunst, wat blijkt uit de versierselen van gesneden hout op zijn huisraad en zijne vaartuigen; oorspronkelijk was hij waarschijnlijk een goed zeevaarder, maar hij is door den Maleier overvleugeld. Hij leeft grootendeels van akkerbouw en boomcultuur. Hij spreekt netjes, heeft een hoog ontwikkeld nationaliteitsgevoel en vereert zijne afgestorvenen.

Fig. 83.



Een Australiër.

Over 't algemeen bouwen de Papoea's hunne woningen op palen. Op vele eilanden komt menschenetterij voor.

§ 426. **De Australiërs,** op de kaart aangeduid door eene dubbele roode harceering en IX. Ze zijn smalschedelig met sterk vooruitspringende kaken en jukbogen. De haargroei is zeer ontwikkeld. Het zwarte hoofdhaar is elleptisch in doorsnede, ongelijkmatig over het hoofd verdeeld en vormt een verwarde kroon, echter niet zoo vol als bij de Papoea's. De huidkleur is donker, soms zwart. De neus is vaak gebogen. Zij bewonen thans alleen de binnenlanden van Nieuw-Holland, aangezien zij op Tasmanië zijn uitgestorven. Dit ras staat over het algemeen het laagst in ontwikkeling, behalve wat de taal betreft: zij hebben 10 naamvallen, 3 getallen (één-, twee- en meervoud). Ook kennen ze 8 namen voor hoofdwindstreken. Ze zijn uitstekende redenaars en leeren gemakkelijk vreemde talen. Hiermede scherp in tegenstelling is hun armzalige leefwijze: zonder vaste woon-

plaatsen zwerven ze het land door, leven van plantenwortels, eieren en visch en kennen geen andere woning dan de loofhut.

Deze lage maatschappelijke ontwikkeling is waarschijnlijk voor een groot deel het gevolg van het land, dat zij bewonen. Even als Australië levende fossielen uit het dieren- en plantenrijk draagt, is de mensch er daar een uit de voorwereld. Zijn afgelegen woonplaats bood hem niets tot verdere ontwikkeling aan, geen kust, die tot scheepvaart uitlokte, geen hoefdier, waaruit hij eene kudde kon samenstellen, geen roofdier, waartegen hij kon kampen om zijn meesterschap over de dierenwereld te vestigen: Australië bevat geen enkele factor tot ontwikkeling. Zoo bleven zijn bewoners zwervende jagers. Alleen aan de Torresstraat strekte het zich tot in het gebied van Papoea's en Maleiers uit en de invloed van deze volken heeft gewerkt, wat blijkt uit het feit, dat van genoemde straat de beschaving naar zuid en west afneemt.

Waar hebben we nog meer zoo iets gezien?

Intusschen hebben zij de werpplank en den tomahak uitgevonden; de eerste is een instrument om aan een speer vaster richting en grooter snelheid te geven, de tweede een gebogen stuk hout, dat weggeworpen zijnde, bij den stoot tot den werper terugkeert.

DE MENSCH IN BETREKKING TOT DE AARDE.

§ **427. Verdeeling.** Meermalen hebben we in de vorige bladzijden op de betrekking gewezen, die er bestond tusschen den mensch, de overige organische wezens en de anorganische natuur. Deze betrekking in het algemeen aan te toonen is voornamelijk het doel van de Natuurkundige Aardrijkskunde. Men ontdekt het verband tusschen verschillende feiten door vergelijking van verschillende toestanden. Daarom beweegt zich de Vergelijkende Aardrijkskunde ook voor een groot deel op het gebied der Natuurkundige.

We zullen ten slotte nog de invloeden nagaan, die op den mensch worden uitgeoefend door de verschillende omstandigheden, waaronder hij tengevolge van de veelvuldige verscheidenheid der aarddeelen kan geplaatst zijn.

Wij verdeelen onze beschouwing in:

1. den invloed van het klimaat,
2. den invloed van den hydrospheer,
3. den invloed van den lithospheer,
4. den invloed van de organische wereld.

§ **428. Invloed van het klimaat op den mensch.** In het algemeen is het klimaat een der factoren voor de al of niet bewoonbaarheid van eene streek. Het oefent invloed uit door zijne temperatuur en zijne vochtigheid.

Bij den invloed der temperatuur dringt zich van zelf de vraag aan ons op:

zijn er streken, waarin de mensch door de koude beslist niet zou kunnen leven? Deze vraag moet ontkennend beantwoord worden, ook al rekent men de middelen niet, die het menschelijk geslacht ten dienste staan, om zich tegen groote koude te beveiligen. In het zuiden van Amerika leven de Vuurlanders bijna geheel naakt. Zelfs zuigelingen hebben geen last van de sneeuwvlokken, die op hunne naakte huid ontdooien. Kleine Eskimo-kinderen slapen zonder deken of bed tot aan de borst naakt. Darwin verhaalt, hoe hij en zijne metgezellen, warm gedost, nog in de onmiddellijke nabijheid van het vuur koud waren, terwijl de naakte wilden het daar van de warmte onmogelijk konden uithouden. Wel een bewijs, dat het menschelijk lichaam aan de koude kan wennen. Evenmin is het ergens op aarde voor den mensch te warm.

Aanhoudend hooge temperatuur werkt echter verslappend op den geest. In de tropische gewesten vinden we niet de meest beschaafde volken; van de in § 415 genoemde middelpunten van beschaving ligt dan ook alleen het Amerikaansche tusschen de keerkringen. Maar dit ligt niet in de tropische luchtstreek, want op de hoogvlakten aldaar heerscht eeuwigdurende lente. De lust tot arbeid wordt door de groote hitte gering en in warme streken werkt de mensch daardoor zoo min mogelijk. De plantenwereld stijft hem in zijne traagheid (Zie § 369). Bij gematigde temperatuur is aanhoudende werkzaamheid mogelijk; in de koude luchtstreek is zij evenzeer mogelijk, maar daar verzetten zich andere omstandigheden tegen den arbeid.

> Men doet verkeerd met te meenen, dat het in de tropische luchtstreek altijd warmer is dan bij ons. Integendeel op een heeten zomerdag kan de temperatuur bij ons wel eens hooger stijgen. Maar dan heeft men bij ons eene weldadige afwisseling, die in de warme landen ontbreekt.

Ook op het lichaam werkt aanhoudende warmte verslappend. Daardoor laat de bewoner der tropische luchtstreek de armen slap bij het lichaam neerhangen, daarom draagt hij doorgaans de goederen op het hoofd, daarom wordt in de dansen der tropische streken minder op snelheid van beweging dan op buigzaamheid van het lichaam gelet.

Door de meer of mindere snelle afwisseling van koude en warmte in de temperatuur is de eene streek gezonder dan de andere. Sommige ziekten vooral borstaandoeningen komen veel in de koude en gematigde zone voor, leverziekten zijn meer aan de heete zone eigen. Dyssenterie, zenuwziekten en typhus schijnen ook in een warm klimaat thuis te behooren.

Door de warmte geven moerassige streken in de tropische gewesten vaak schadelijke uitwasemingen en zijn tengevolge daarvan ongeschikt om als woonplaats voor den mensch te dienen. De gele koorts is aan de moerassige kuststreken van Midden-Amerika gebonden, de cholera heerscht bijna voortdurend in de delta van den Ganges.

De vochtigheid hebben we reeds in § 12 op zien treden, als een zuiveraarster van den atmospheer. Vochtige lucht bevat minder zuurstof dan droge. Aangezien nu de zuurstof de inwendige, langzame verbranding bewerkt, is de mensch opgewekter,

levendiger naarmate de atmospheer meer zuurstof bevat. In een vochtig klimaat zijn de bewoners dus rustiger, kalmer van aard, minder opvliegend maar ook trager dan in een droog. Tengevolge van zijn ernst munt de bewoner van het noorden uit door huiselijkheid en spaarzaamheid: de Engelschman leeft in zijn huis, de Fransch-man er buiten.

Niet alleen heeft neerslag invloed op het karakter van den mensch, maar ook op zijn middelen van bestaan. Daarvan hangt in de eerste plaats de meerdere of mindere bewoonbaarheid eener streek af. Toen de volken nog op lageren trap van beschaving stonden, werd de landbouw daar het eerst beoefend, waar de regenlooze zomer vergunde de verbouwde en geoogste producten op het land zelve te verwerken, dus in de subtropische zone. Over het algemeen echter is de landbouw thans daar het meest ontwikkeld, waar de regen in genoegzame hoeveelheid gedurende den groeitijd valt, dus in den gordel van den regen in alle jaargetijden. We hebben gezien dat woestijnen, steppen en wouden zoo niet geheel dan toch voor een goed deel het gevolg waren van den minderen of meerderen neerslag. De middelen van bestaan in deze drie vormen van het plantenkleed zijn zeer verschillend en daardoor de menschen, welke er leven, eveneens. Vergelijk bijvoorbeeld den Bedouin uit de Arabische woestijn en den Toearik der Sahara met den Kirgies uit de steppen van Azië, met den Noord-Amerikaanschen jager of met den vlijtigen, landbouwenden Jakoet uit Siberië.

Hoe ruwer het klimaat is, hoe ruwer de bevolking, hoe meer gehard, hoe strijd-lustiger; hoe zachter het klimaat des te weekhartiger de bewoner; hoe droger klimaat hoe vroolijker, levenslustiger de mensch. Verandering van klimaat is in het algemeen schade-lijk en moet tot groote voorzichtigheid in de keuze van dranken en spijzen aansporen.

§ **429. Invloed van den hydrospheer.** De zee vormt voor hooger beschaafde volken het verbindende element en brengt ze dus met elkander in aan-raking. Door dat verkeer ontstaat een verruiming van den gezichtskring, daardoor maakt men kennis met andere zeden en gewoonten en nieuwe producten, daardoor verkrijgt men nieuwe begrippen. Maar al voert ook het vloeibare element de volken niet ver van hun vaderland, dan nog is zijn invloed groot. Het lokt de bewoners der kust tot vischvangst uit. De visscher gaat oplettend het water na, uit de kleur leidt hij de diepte van het vaarwater af. Te midden van het eentonig golfgeklots keert hij vaak tot zich zelven in, daardoor ligt er een zekere ernst over zijn ge-heele wezen. Als straks de storm opsteekt, hanteert hij onversaagd het roer en staat onverschrokken, terwijl zijn schuit door de woedende golven nu her-, dan derwaarts wordt geslingerd. Ernstig van aard trekt de sterrenhemel hem aan, hij gevoelt zijne kleinheid tegenover den eindeloozen oceaan, daardoor is hij godvruchtig. Ernst, bedaardheid, standvastigheid, onversaagdheid en godsvrucht zijn de kenmerken van den zeeman.

De visscherij was de eerste trap van de scheepvaart. Eerst zeilden de koopvaarders langs de kusten naar andere landen, later waagden zij zich buiten het gezicht van het land. De tocht van Columbus was nog een ongehoord stuk in de geschiedenis, ten tijde toen Afrika's zuidpunt reeds was ontdekt.

Keeren we van den oceaan en hare deelen naar de wateren van het vastland We hebben reeds gezien, in welke mate het verloop der rivieren van invloed is geweest op de ligging van de steden. Dit komt hierdoor, dat de rivieren de wegen waren, waarlangs de beweging tusschen de verschillende volken plaats had. De eerste kruistocht ging van Regensberg uit den Donau af. Daarenboven wezen de rivieren opwaarts doorgaans naar plaatsen, waar men een gebergte kon overtrekken.

Wanneer echter een volk zich niet op het water durft wagen, dan verliest de hydrospheer zijn verbindende kracht. Dit is bijvoorbeeld het geval in de binnenlanden van Afrika, waar de stroomen bewoond worden door reusachtige krokodillen, die den bewoner schrik inboezemen. Liever dan zich in een schuitje te wagen, bouwt men daar bruggen. Daardoor werd men niet met het water vertrouwd. Bovendien vertrouwt een onbeschaafd volk zich niet op zee, als het tegenover zijn kust geen andere kust kan zien. Zoo bleven de westkust van Afrika, en de zuidkust van Australië van zeevaarders verstoken: daar vormde de oceaan een onoverkomelijke grens voor de bewoners; sommigen mochten wel eens verlangen haar te overschrijden, niemand geloofde aan de mogelijkheid ervan.

Ga eens de handelswegen na die uit ons werelddeel naar andere leiden. Wijs kruispunten daarin aan. Wat is het voordeel van Engeland? Hebben wind en stroom ook invloed op de handelsbeweging?

§ **430. Invloed van den lithospheer op den mensch.** Wij hebben bij de Negers en de Australiërs gelegenheid gehad op te merken, dat de horizontale vorm van den lithospheer van invloed was op de beschaving. Het eerste ras ontleende veel van zijne beschaving aan de omstandigheid, dat het noordoosten van Afrika zoo dicht aan Azië naderde; bij het tweede was de invloed over de Torresstraat door Papoea's uitgeoefend niet te miskennen. Ook hebben we bij Europa als een voordeel aangemerkt, dat dit werelddeel op drie plaatsen (welke?) zoo nauw met de cultuurstreken in het zuidwesten van Azië en het noorden van Afrika verbonden was. De vierde verbinding, met Azië door de volkenpoort ten noorden van de Kaspische Zee, was evenzeer van veel belang, daardoor toch kwamen de krachtvolle volken, die nieuw bloed, leven en beweging brachten in de meer beschaafde, maar ook meer verwijfde volken. Bovendien had Europa vele eilanden en schiereilanden, die zijn bewoners tot scheepvaart uitnoodigden; Afrika, Australië en Zuid-Amerika zijn in dit opzicht zeer arm.

Vergelijk, wat in § 161 aangaande de kustontwikkeling is gezegd.

Van invloed op de ontwikkeling van de bewoners schijnt ook de uitgestrektheid

te zijn, die de werelddeelen in de richting der parallellen bezitten. We komen daarop in § 432 terug.

Even zoo is de verticale vorm een factor in de opvoeding van het menschelijk geslacht. Zelfs oefent hij invloed uit op het karakter: de Zwitsersche alpenjager is een geheel ander mensch, dan de bewoner der vlakte. Hij is een gezond en krachtig gebouwd man, zijn borst is ruimer, want de lucht in het hooggebergte bevat minder zuurstof, dan die in de vlakte. Hij is vlug in zijne bewegingen, onverschrokken en in hooge mate voorzichtig. Daar de dood hem uit de spelonken tegengrijnst, is hij godsdienstig van aard. Gehecht aan de bergen van zijn vaderland, krijgt hij spoedig heimwee, als hij naar eene vlakke streek verplaatst wordt.

Het gebergte werkt in de eerste plaats scheidend. Nog heden ten dage vormen de Alpen in Europa eene grens tusschen de drie voornaamste daar wonende familiën: de Romaansche, de Germaansche en de Slavische. Duidelijk zien we dien scheidenden invloed in de vele kleine landstreken, waarin Griekenland oorspronkelijk verdeeld was. Daardoor vormen de gebergten, even als de rivieren en de oceaan, natuurlijke grenzen. De vlakte daarentegen geeft den bewoner dadelijk den indruk van één groot geheel, waarin hij zich gemakkelijk kan bewegen, aangezien het terrein weinig moeielijkheden aanbied; daardoor leiden de groote laagvlakten tot centralisatie: denk slechts aan het Russische Rijk, Pruisen, Hongarije, Brazilië en de Vereenigde Staten van Noord-Amerika.

Gebergten waren vaak klimaatscheidingen. We hebben reeds gezien, welken invloed de noordelijke randbergen op de vlakte van Hindostan en van China uitoefenden. Even als daar, beschut de bergwand ook de fjorden van Noorwegen tegen de koude noordenwinden.

Hoe hooger de mensch stijgt, hoe meer wordt hij meester over de natuur en vernietigt de hinderpalen, die zoowel de verticale als de horizontale vorm hem in den weg leggen.

Denk aan Suez, Panama, Col de Frejus, St. Gothard, Arlberg, IJmuiden, Sleeswijk-Holstein, enz.

Maar niet alleen de vorm, ook de inhoud van den lithospheer was van belang voor den mensch, aangezien hij de daarin bevatte stoffen tot zijn nut of tot zijn vermaak wist aan te wenden. We hebben bij de ligging der steden dien invloed reeds opgemerkt. Soms zelfs was het voorkomen van kostbare delfstoffen van zeer ingrijpenden invloed. Het zilver lokte de Phenicièrs naar Spanje, het goud de Spanjaarden naar Mejico en Peru. Dat Midden- en Zuid-Amerika dus eene Romaansche bevolking hebben is een gevolg van het goud, dat de bodem daar bevatte. Steenkolen gaven aanleiding tot industrie, even als ijzer. Vóór de uitvinding van den stoom, lag het zwaartepunt van Engelands macht in het landbouwende zuidoosten, daarna heeft het zich langzaam maar zeker naar het noordwesten verplaatst.

Verder komt vooral de bovenste laag van den lithospheer in aanmerking. Van de vruchtbaarheid van den bodem toch hangt het in de eerste plaats af, of eene landstreek eene min of meer dichte bevolking kan voeden. Zoo staan dan ook de middelen van bestaan der bewoners niet alleen met de ligging maar ook met de grondsoorten in nauw verband: op klei groeit een ander product dan op zand, en van dit laatste trekt de bewoner weer ander nut dan van veen, enz.

Waren dus de hydrospheer en de verticale en de horizontale vorm van den lithospheer de factoren, die het verkeer vergemakkelijkten of bemoeilijkten, de mineralen en de grondsoorten beslissen, of er de noodige producten voor den handel aanwezig zijn.

Welke landen hebben hun opkomst aan het goud te danken; welken invloed weet ge van het barnsteen op den handel in der Romeinen tijd? Waarom noemt men een gedeelte van Nederland Drentsch-Californië?

§ 431. Invloed van de planten op den mensch. De invloed, dien de organische wereld op den mensch heeft uitgeoefend, is zeer groot; wij onderscheiden hem weder in drieën en wel:

1e invloed van de planten op den mensch,

2e invloed van de dieren op den mensch,

3e invloed van den eenen mensch op den anderen.

In § 428 hebben we gezien, dat de temperatuur de aarde nergens beslist onbewoonbaar maakt. Toch weten we, dat in de koude luchtstreek op vele plaatsen geen menschen voorkomen, dit is een gevolg van het ontbreken van den plantengroei aldaar: de mensch is in zijn bestaan grootendeels van de planten afhankelijk. Daarom zijn er buiten genoemde luchtstreek nog wel meer plaatsen, die voor den mensch ongeschikt zijn als woonplaats, namelijk de woestijnen, gedeeltelijk de steppen, soms zelfs de wouden. Waar in de woestijn oasen voorkomen, vindt men ook bewoners, de steppe is bewoond, zoo lang zij voedsel aanbiedt voor de kudden der herdersvolken, het dichte tropische woud, waardoor de reiziger zich met den bijl in de hand een weg moet banen, werkt slechts aanvankelijk de uitbreiding van den geculti-veerden bodem tegen. Maakt het gemis aan plantengroei de aardoppervlakte onbewoonbaar, overvloed er van werkt de ontwikkeling van het menschelijk geslacht tegen.

Ga na wat over dien overvloed in § 369 is opgemerkt.

Alleen daar waar de planten eerst onder zorgvuldige behandeling en bij onvermoeide werkzaamheid van den landman voldoende voedsel verschaffen, zijn de factoren aanwezig voor hoogere ontwikkeling des menschdoms.

In welke luchtstreek is dit het geval?

Vandaar, dat de granen van bijzonder gewicht zijn. In Mesopotamië en Egypte bouwde men tarwe, in China en Hindostan rijst. Zonder de palmen zouden vele streken in de heete luchtstreek niet te bewonen zijn.

Ga het nut van de familie der palmen nog eens na.

Zonder graan vindt men geen landbouw op grooten schaal, dus geen volken, die den landbouw beoefenen. We hebben dan ook gezien, dat in Australië oorspronkelijk geen landbouwers gevonden werden. In § 414 is opgemerkt, dat de akkerbouw noodzakelijk een einde moest maken aan het heen-en-weder-trekken der volken.

Op den handel en daardoor op de verbreiding der volken en der beschaving is de plantentenwereld van grooten invloed geweest. We weten allen, hoe in oude tijden en daarna in de Middeleeuwen de Indische producten naar het westen werden gevoerd. Om den zeeweg naar het rijke Indië te vinden, ondernamen de Portugeezen zeer veel ontdekkingsreizen. Met dat doel uitgevaren vond Bartholemeus Diaz de Stormkaap, Columbus een nieuw werelddeel en Cabral Brazilië. Specerijen lokken de Europeesche zeevaarders naar Indië, tabak naar Amerika, hout naar Brazilië en Midden-Amerika, ja men kan beslist zeggen: vóór een zeevaarder naar een vreemd land gaat, heeft hij zich de vraag gesteld: „welke producten levert dat land op?" en doorgaans zijn de medegebrachte producten voortbrengselen van het plantenrijk.

§ 432. Invloed van de dieren op den mensch. Aanvankelijk stond de mensch vijandig tegenover de grootere dieren. Zij hadden dikwijls dezelfde levensbehoeften als hij, hun dood was dus zijn doel. Daardoor ontstond een strijd, waarin de mensch wat lichaamskrachten betrof doorgaans de zwakste was. Maar hij had zijn verstand tot zijn dienst en weldra bekampte hij zijn vijanden met wapenen, door hem uitgedacht. Zoo was de strijd tegen het wilde gedierte een van de prikkels, die hem tot oefening aanzetten en eindelijk heeft hij gezegevierd. Hoe grooter en sterker zijn tegenpartij was, hoe moeilijker was de overwinning, hoe krachtiger maakte hem de strijd. Is het dus waar, dat de Oude Wereld sterkere dieren herbergt, omdat zij zich meer in de richting der parallellen uitstrekt, dan is deze uitbreiding ook van invloed op den mensch geweest. Niet alleen als mededinger voerde hij echter strijd, dikwijls was het vervolgde dier een niet te versmaden buit, hetzij om zijn vleesch, hetzij om zijn huid of om andere redenen. Dan ging die strijd over in jacht en dikwijls bracht deze de volken ver buiten hun oorspronkelijk gebied. Zoo werden de Russen door de pelsdieren steeds verder naar het oosten gelokt en is de verovering van Siberië alleen een gevolg van het voordeel, dat de jacht op de pelsdieren opleverde. De zeeotter was het voorname doel bij de in-bezit-neming van de kusten der Zee van Ochotsk. Zoo joegen de oude Peruanen de lama na op de hoogvlakte en vestigden daar een machtig rijk. Evenzoo was Midden-Afrika tot voor korten tijd een jachtgebied, dat door tal van jagers bezocht werd: het ivoor van de slagtanden van den olifant was het voornaamste doel. Ivoor vond men ook in Siberië, waar in vroeger tijd veel met den olifant verwante dieren, b.v. de mammoet, voorkwamen.

Evenzoo leverde de hoofdgroep der visschen voor den mensch een begeerlijken buit. Visch toch is een voedingsmiddel zelfs van minder beschaafde volken. Visch-

vangst lokte de bewoners van het land op den oceaan. Voor ons vaderland was voornamelijk de haringvangst van veel beteekenis. Echter is voor de verbreiding van den mensch, voor de uitbreiding van zijne kennis van den aardbodem, de walvischvangst van meer belang. Het tooneel toch van deze visscherij lag in minder bewoonde streken. Oorspronkelijk waren het alleen de walvischvaarders, die eenige kennis der poolgewesten hadden, zoowel in de Noordelijke als in de Zuidelijke IJszee. Tot verre tochten geeft ook de tripangvisscherij aanleiding. Het bestaan van eene kolonie van Eskimo's is doorgaans van het voorkomen van zeehonden afhankelijk.

Kent ge plaatsen, die door de walvischvangst ontstaan zijn? Waar is het tooneel van de tripangvangst? Wegens de gelijkheid in gevolgen is hier deze vangst onder de visscherij genomen, ofschoon de tripang geen visch is, maar tot de groep van de holothuriën behoort.

Van nog meer gewicht voor den mensch zijn die dieren, welke hem tot vriend en dienstknecht zijn geworden. Daartoe behooren die, welke zijne kudde vormen en hem dus door melk, vleesch en huid tot voedsel en kleeding dienen, en in de tweede plaats die, welke hem bij zijnen arbeid diensten bewijzen, hetzij die dienst bestaat in het verrichten van veldarbeid, hetzij het dier gebruikt wordt tot rij- en lastdier. Zonder kudde kan geen herdersvolk bestaan, zonder ploegvee geen landbouwer. Zoo zijn de Kirgiezen in hun bestaan afhankelijk van hun runderen en schapen, de Mongolen van hunne paarden; zoo leeft en sterft de Laplander en de Samojeed met zijn rendier; zoo is de woestijn niet meer in staat de volken te scheiden, sinds de kameel er is ingevoerd; zoo zouden de akkerlanden in de gematigde luchtstreek niet die uitgebreidheid kunnen hebben, als er geen ploegvee was om ze te bewerken. De Eskimo gebruikt den hond, dien trouwen metgezel van den mensch, om zijn slede over de eindelooze sneeuwvlakte te trekken. Zelfs werden door het paard de Mongolen en de Arabieren wereldveroveraars.

De invloed van het karakter der kudde op den mensch, die haar bezit, is niet te miskennen: spiegelt de onstuimige, fiere inborst van den Bedouin zich niet even goed in dien van zijn ros af, als het meer melancholische karakter van den Kirgies in dat van zijn schaap en zijn rund!

De gang van den invloed der organische wezens is dus deze: toen de natuur geen overvloedig voedsel meer aanbood (hetzij plantaardig, hetzij dierlijk), maakte de mensch jacht op de dieren en werd dus jager, daarna leerde hij de dieren temmen en werd herder en eindelijk verbouwde hij verschillende gewassen en werd dus landbouwer. Landbouw is dus een hooge trap van beschaving.

§ 433. Invloed van den mensch op den mensch. Ofschoon het door niemand betwijfeld wordt, dat de invloed van de menschen op elkander zeer groot is, kan men toch moeielijk in een paar trekken dien invloed aanwijzen. In het dagelijksch leven vindt men er vele bewijzen van. In de Natuurkundige Aardrijkskunde moeten we ons meer bepalen tot den invloed, dien volken op volken

hebben uitgeoefend. Bij het beschouwen der middelpunten van beschaving hebben we de opmerking gemaakt, dat die van de Oude Wereld dichter bij elkander waren gelegen, dan die van de Nieuwe Wereld.

Vergelijk eens den afstand tusschen Mesopatamië en Egypte met dien tusschen Mejico en Peru.

Daardoor konden de beschaafde volken der Oude Wereld gemakkelijker met elkander in aanraking komen en van elkanders uitvindingen profiteeren. De oudste geschiedenis van Griekenland en Italië leert ons duidelijk, van welk gewicht de nabijheid van ontwikkelde volken voor een land is.

Denk om Cecrops, Pelops en Cadmus. Weet ge ook iets van den invloed van de kruistochten?

Door het verkeer neemt dus de eene mensch de beschaving van den anderen over. Zoo hebben de Romeinen hunne meerdere ontwikkeling over een groot gedeelte van Europa verbreid, zoo brengt tegenwoordig het Middellandsche ras zijne beschaving naar de andere werelddeelen.

Ga nog eens na, of ge in Afrika en Australië ook den invloed van het eene volk op het andere kunt bespeuren.

Somtijds werkt de eene mensch ook meer physisch op den anderen. Toen de Germaansche volkstammen het Romeinsche rijk sloopten, stonden de overwonnen Romeinen in beschaving verre boven hun overwinnaars. Maar deze waren minder verwijfd, brachten daardoor nieuw leven in de verwijfde Romeinsche maatschappij en waren dientengevolge geschikt om die beschaving tot hooger ontwikkeling te brengen.

Die werelddeelen, welke de meeste punten van gemeenschap met de andere hadden, trokken het meest van dezen invloed partij. Daarin ligt dan ook het groote voordeel van Europa.

Welke voordeelen biedt ons werelddeel aan voor het verkeer met andere werelddeelen, welke voor het verkeer der volken onderling? Is de ligging van ons vaderland ook gunstig te noemen?

REGISTER.

De cijfers geven de bladzijden aan.

Ach 236.
Aardappel 453.
Aardbevingen 265.
" Oorsprong der 268.
" Periode van 266.
" Verbreiding der 271.
Aardbevingscentrum 270.
" -golven 146, 149.
Aarde, Deelen der 3.
" Geschiedenis der 366.
Aardkern 3, 244.
Aardkorst, Lagen der 371.
Aardpiramiden 327.
Aardrijkskunde, Begrip der 1.
" Verdeeling der 2.
Aardwarmte, Inwendige 244.
Aardijs, Eeuwigdurend 243.
Abhebbad 213.
Abies 403, alba 417.
Ablatie aan de oppervlakte 301.
" aan het einde 303.
Absolute hoogte 207.
" vochtigheid 93.
Absorbeerend vermogen der aardoppervlakte 18.
Acer 409.
Achenmeer 241.
Achter-Aziatisch Hoogland 210.
Aconcagua 211.
Adelsberger grot 286.
Adriatische Zee 123.
Aeolische formatie 351.
Aequator, Thermische 34, 36, 37.
Aequatoriaal-Afrika, Regen in 105.
Aequatoriaal-Brazilië 480.
Aequatoriaal-grens 398.
Aequatoriaal klimaat 32.
Aequatoriaal-regen 110.
Aequatorialstroom
" in den Atl. Oceaan 163, 164.
" in den Gr. Oc. 143, in den Ind. Oc. 143.
Aequatoriale Tegenstroom
" in den Atl. Oc. 164.
" in den Gr. Oc. 170.
" in den Ind. Oc. 170.
Aequatoriale winden 53, 97.
Aequatoriale zijde der cyclonen 53.
Aestuarium 338.
Aethiopische ras 475.
Afdammingsmeren 240.
Afdammingsterrassen 330.
Afgescheiden eilanden 202.
Afghanen 511.
Afneming van den lithospheer 317.
Afrika 6, 7, 104, 199.
" Verticale bouw 211.
Afsmelting der gletschers 301, 303.
Afwijking in temperatuursvermindering 27.
" in windrichting 48.
Agaven 429, 458.
Aggerkanaal 183.
Agglutineerende talen 489.
Agram, Aardbeving van 266.
Agulhasstroom 171.
Ahaggar, Plateau van 337.
Ahorn 443.
Akaba 213.
Albaneezen 512.
Albufera's 103.
Albaner gebergte 259.
Alfoeren 520.
Alibert-gebergte, Temperatuur 28.
Alleghanie's 223, 235.
Allier 226.
Alluvium 387, 389.
Aloë 418.
Alpen, Afdammingsmeren in de 241.
" Gemidd. pashoogte 218, 317.
" Bouw der 219.
" Dalen in de 221.
" Plantenlagen in de 434.
Alpenanemone 419.
Alpenroos 419.
Alpine plantengroei 439.
" woudgrens 435.
Altaï 437.
Altijd-groene loofboomen 429, 443.
Amazone 186, 443.
Amba's 227.
Amerika 6.
" Bergen in 211.
" Regenhoeveelheid in 106, 107.
" Verticale bouw 211.
Amerikaansche Ras 518.
Ammoniakgehalte der lucht 12.
Ammonieten 379.
Amsterdam 432.
Anaconda 464.
Andamanen 521.
Andes, Pashoogte 218.
Andes, Gebied v. d. Tropischen 481.
Aniggokfjord 191.
Anomalie, Thermische 39.
Anorganische zeebezinksels 133.
Antarctische boomgrens 431.
Antarctische Oceaan 484.

Antaretischen Oceaan, Dieren in den 485.
Antarctisch woudgebied 482.
Anthraciet 357, 393.
Anthropozoïsche Periode 386.
Anticyclonen 52.
Anticyclonen-gebieden 57, 64.
Antiklinale kammen en dalen 217.
Antillenstroom 165.
Antiparos 286.
Antipassaat 60.
Antisana, Temperatuur te 25, 40
Apen 385.
Apenbroodboom 428.
Apennijnen 220, 259.
Aquitanische bekken 383.
Arabah, Wadi 213.
Arabieren 499.
Arak 451.
Aral-Kaspische laagland 212.
Aralmeer 238.
Ararat 251.
Araucaria 431.
Arbeid, Verdeeling van den 500.
Archaeïsche Periode 372.
Archipel 201.
" Maleische. 201, 422.
Arcona 190.
Arctisch gebied 469.
Arctische boomgrens 431.
Arctische fauna 465.
Arctische Zee 121, 122.
" Dieren der 484.
Arecapalm 427.
Arenas Gordes 194.
Argostoli 289.
Arica, Aardbeving van 132.
Ariërs 514.
Armeniërs 511.
Arrowroot 453.
Artefacten 287.
Artischockendistel 450, 482.
Asar 327.
Asch 248.
Aschkegel 249.
Aschregen 252.
Asphalt 393.
Assal 213.
Asteken 502, 519.
Atacama, Woestijn van 107, 108, 448.
Atlantisch Cyclonegebied 57.
Atlantische Oceaan, Bodem 132.
" Diepte 122.
" Dierenwereld 484.
" Grootte 122.
" Kunstm. grenzen 8.
" Neerslag 103.
" Temperatuur 142, 168.
Atlantische Oceaan. Type van de vloedgolf 159.
" Zeestroomen 164.
Atlas 210.
Atmospheer, Hoogte en vorm 11.
" Samenstelling 12.
" Ongelijke verwarming 44.
Atol 362.
Atrio 258.
Audsjila 213.
Aueros 389.
Australië, Grootte 6.
" Dieren 422.
" Regen in 106.
" Verticale vorm 212.
Australiërs 497, 521.
Australisch-Aziatisch Middellandsche Zee 122, 133.
Australisch moessongebied 71.
Australisch gebied 476.
Australnegers 477.
Auvergne 248, 260.
Axolotl 479.
Azië, Grootte 6.
" Verticale vorm 209.
Aziatische Maleiers 520.
Azoïsche Periode 372.
Azoren 483.
Badplaatsen 503.
Baer, Wet van van 345.
Baikalmeer 237, 238.
Bali 520.
Balkasjmeer 353.
Bamboes 428, 429.
Bananen 427.
Banianen 427.
Banken in de rivieren 320.
Bantoenegers 514.
Baobab 428.
Barabasteppen 445.
Bard 504.
Barometerstand, Herleiding v. d. 55
Barometrische hoogtemeting 207.
" slingeringen 43.
Barospheer 3.
Barranco 250.
Barrière-rif 362.
Basalt 391.
Bataks 520.
Bataten 453.
Batholieten 258.
Bayou's 347.
Bedekking van den zeebodem 133.
Bell-Rock, Vuurtoren van 181.
Beloetsjen 511.
Beneden-Italie 269.
Benedenloop der rivieren 321, 323, 345.
Benguelastroom 169.
Bergen 209.
Bergketen 209.
Bergketen, Bouw van een 219.
Bergklimaat 25.
Bergland 209.
Bergmassa 209, 225.
Bergoever der Wolga 232, 345.
Bergstorting 278.
Bergtoppen 276.
Bergwerksteden 503.
Bergwind 87.
Beringsstraat, breedte 5, 519.
Beringsvolken 518.
Beringszee, Boomgroei aan de 431.
Berk 431.
Berlijn 505.
Bermudas 201, 363.
Beschaving, Middelpunten van 501
Betelnoot 427.
Betelpruim 427.
Betrekkelijke hoogte 207.
Beuk 418.
Beweging der duinen 198.
" der gletschers 295.
Bewolking 100.
Bezinking 317.
Bifurcatie 235.
Binnendelta 338.
Binnenlandsch ijs 306.
Binnenlandsche laagvlakte 230.
Binnenzeeën 121.
Bison 466, 478.
Bindwisselende boomen 430.
Blauwe Grot van Capri 183
Blumenbach 487.
Bloklava 253.
Blokkenvelden 277.
Boa constrictor 464.
Bocca Grande 263.
Boeche di Cattaro 191.
Bocchettapas 89.
Bochorno 88.
Bochten der isothermen 30.
Bödeli 319.
Bodem, Invloed van den — op de planten 419.
Bodemtemperatuur 242.
Boedhisme 495.
Boelgaren 513, 518.
Bogota 502, 508.
Boheemsche bergmassa 225.
Bolsena, Kratermeer van 259.
Bomben 248.
Bonte zandsteen 393.
Boogvorm der kust 189.
Boomgrens in de vlakte 431.
" in het gebergte 435.
Bora 88.
Borstaandoeningen 223.

Bosporus 191.
Bosjesharigen 488.
Bosjesmannen 475, 476, 515.
Botocoeden 519.
Botzen, Aardpiramiden te 327.
Bourget, Lac de 242.
Bovenloop der rivieren 321, 323, 344.
Bracciano, Kratermeer van 259.
Brachycephalen 487.
Brahmisme 495.
Branding 148, 181.
Brazilianen 519.
Brazilië, Aequatoriaal 480.
" Trans-aequatoriaal 480.
Braziliaansche stroom 169.
Brecciën 392.
Breedschedeligen 487.
Breedte der Oceanen 9.
Brem 418.
Brennerpas 334.
Bretagne, Fjorden in 191.
Breva 87.
Brest, Hoogte van den vloed te 160.
Briënzer meer 319.
Bristol, Vloed in 't Kanaal van 160.
Brittannië, Fjorden in 191.
Broekenbloem 419.
Bronnen, Bestanddeelen der 284.
" Heete 229,
" Hongerbronnen 281.
" in Zee 288.
" Periodieke 281.
" Temperatuur der 282.
" Vulkanische 262.
" Warme 283.
" Waterrijkdom der 281.
Broodboom 427.
Brooke's dieplood 128.
Bruggen, Natuurlijke 289.
Bruinkool 357, 393.
Buideldieren 379, 380.
Buigbare talen 489.
Buitendelta 338.
Buks 430, 458.
Buys-Ballot, Wet van 50.
Cacao 454.
Cactus 417, 418, 429.
Cadix 507.
Calabrië, Aardbeving van 266.
Calamus draco 425.
Calcutta-orkaan 73.
Caldera 250.
Californisch kustgebied 478.
Californische reuzenden 421.
Cambridgegolf 192.
Campanula excisa 420.
Camper 487.
Campos 481.
Canadasche fijnstraal 420.
Canadasche meren 237, 238.
Canali in Istrië 191.
Canarische eilanden 450.
Cannes, Onderzeesche bron te 288.
Canons 327, 331.
Caraïben 519.
Caraïbische Zee 122.
Carolinen 362, 363.
Cascaden 331.
Casiquiare 235.
Cassis, Onderzeesche bron te 288.
Castilië, Hoogland van 225.
Cassave 453.
Casuarinen 418.
Catastrophisten 367.
Celebes 476.
Cemino 259.
Centraal-Amerika 441.
Centrale aardbevingen 267.
Centraal-Frankrijk, Hoogland van 225, 372.
Centrum van aardbevingen 265, 270.
" van koude 35.
" van luchtdruk 56.
" der wervelstormen 74.
" van zanduitstraling 273.
Charybdis 179.
Chatangadal 431.
Chimborazo 211.
Chemische verweering 274.
China 377, 501, 504.
Chineesch-Japansch gebied 472.
" Löss-gebied 354, 355.
Chineezen 516.
Chloor-coëfficiënt 136.
Cholera 523.
Christelijke godsdienst 496.
Ciërzo 88.
Circumterrane Oceaan 9.
Cis-aequat. gebied van Zuid-Amerika 479.
Cod 184.
Colorado 327.
Comomeer 238, 241.
Condensatie van den waterdamp 95.
Conglomeraten 392.
Continentaal-golf 124.
Continentaal ijs 144.
Continentaal-zee 130.
Continentale eilanden 202, 422.
Continentale laagvlakte 229.
" stroomen 233.
" stroomgebieden 235, 351, 353.
Continenten, Gem. hoogte der 214.
" Ontstaan der 215.
Constante zeestroomen 176, 177.
Coseguina 252.
Crau, La 318.
Crecks 313.
Cultuurgewassen 450.
Cycladen 203.
Cyclonen 53, 54, 73.
Cycloneugebieden 57, 64.
Czechen 512.
Dadelpalm 426, 470.
Dagelijksche slingering der temperatuur 21.
Dagelijksche slingering van den luchtdruk 43.
Dagelijksche slingering van ebbe en vloed 157.
Dajaks 520.
Dalai Lama 517.
Dalen 221, 333.
Dalgletscher 294.
Dalmatië, Niveauveranderingen 186.
Dalvorming 324.
Dalwegen 334.
Dalwind 86.
Damrif 361.
Darwin 363, 400.
Davos 26.
Denemarken, Woudwisseling in 423.
Deining 148.
Delta's 337, 347.
Depressie 48.
" in de landmassa 212.
" Ontstaan der — op hooger breedte 59.
Devonische formatie 375, 376.
Diathermaniteit van de lucht 13.
Dichtheid der aarde 3.
Diepte der zee 122, 131.
" der meren 238.
Dieren, Horizontale verbreiding 464.
" Invloed der — op elkander 462.
" Invloed der — op den mensch 528.
Dierenwereld, Tropische 464.
" Aretische 465.
Diluviale rivierterrassen 328.
Diluvium 308, 371, 388, 466.
Dingo 477.
Dinosauriërs 380.
Dodo 484.
Dolichocephalen 487.
Dolinen 289.
Dollart 183.
Donau 314.
Donauvlakten 231.
Donetz, Kolengebied aan de 377.
Doode getijden 154.
" rivierarmen 322.
" Zee 213, 239.
Doorbraaksdalen 224.

Doorschijnendheid van het zeewater 137.
Doortocht, Noordoostelijke 145.
" Noordwestelijke 145.
Douglasden 444.
Dove, Draaiingswet van 81.
Draaiing van den wind 81.
Drakenboom 428.
Dranse 223.
Drau, Temperatuur in het dal der 28.
Dravida's 514.
Driftstroomen 176, 177.
Drijfijs 144.
Dromedaris 467.
Drontheimfjord 191.
Druipsteen 286.
Dsjiggetai 471.
Dualisme 495.
Dubbeleilanden 201.
Duinen 195.
Duinen in de Sahara 447.
Duitschers 513.
Durance 318.
Dwarsdalen 222.
Dwarsspleten in gletschers 297.
Dwergpalm 470.
Dwergamandel 397.
Dyas 377.
Dyssentrie 523.
Ebbe 150.
Ebrodal, Winden in het 88.
Ebrodelta 339.
Edelweis 435.
Eenlettergrepige talen 489.
Eenzaadlobbige planten 419.
Eeuwige sneeuw 291.
Eeuwigdurend aardijs 243.
Egypte 501.
Eifel 248, 257.
Eigendom, Volken zonder blijvend 497.
" Volken met blijvend 498.
Eik 443.
Eilanden 6, 201, 421.
Eindmoraine 309.
Eisack 223.
Elbe, Vaste stoffen in de 317.
Elbroes 210.
Eliasberg 211.
Eltonmeer 239.
Engelsch-Fransch bekken 383.
Eoceen formatie 384.
Eogeen formatie 384.
Epicentrum 270.
Epiroten 511.
Epomeo 260.
Erica cinerea 430.
Erigion canadensis 420.
Erozie 324, 334, 336.
Erozie-terrassen 328.
Erratische blokken 309.
Ertsaders 290.
Ertsgebergte 220, 258, 373.
Eruptieve gesteenten 369, 391.
Eskimo's 469, 498, 518.
Eskimohond 465.
Espartogras 458.
Esthen 518.
Etangs 193.
Etewoud 442.
Etna 250, 260.
Etsch 233.
Etschemiadzin 511.
Eucalypten 417, 476.
Euganeën 351.
Euphorbia 418, 474.
Euripos 14.
Europa, Grens 7, 130.
" Grootte 6.
" Hoofdwaterscheiding 235.
" Hoogte 214.
" Plantenkleed 418.
" Verticale vorm 209.
Evolutietheorie 367, 400.
Ezel 468.
Falaises 180.
Falklandstroom 169.
Fauna der eilanden 421.
Fellata's 514.
Ferrel 149.
Fetisjme 491, 495.
Ficus indica 427.
Fidsji-eilanden 362.
Finland 238.
Finnen 518.
Firn 293.
Firngletschers 294.
Firnmeren 293.
Firnvelden 293.
Fiske-fjord 191.
Fiumaren 313.
Fjorden 190.
Flora 414.
" der eilanden 421.
Florida 195, 361.
Floridastroom 165.
Foelie 456.
Föhn 90.
Foucault 49.
Formatie's, Geologische 370, 371.
Fossielen 367, 373.
Frankfort a/d Main 505, 506.
Friauler 512.
Friesche Haf 194.
Fumarolen 262.
Fundybaai, Vloedhoogte in de 160.
Galapagos-eil. 172, 424, 484.
Galicië 191.
Galliers 512.
Ganges 312, 317.
Gardameer 238.
Garuas 481.
Gasbronnen 359.
Gasteiner-klam 326.
Gaucrisankar 210.
Gaucho's 466, 499.
Gebergten 216, 218, 219, 220.
Geiten 441, 467.
Geisers 263.
Gele koorts 523.
Gele Zee 138.
Geleidingsvermogen 19.
Gelijkharigen 488.
Gematigde warmtezone 38.
" plantenzone 424.
Gember 456.
Genève, Meer van 237.
Genua 407.
Geographie 1, 2.
Geoïde 124.
Geoïsothermen 244.
Geologie 366.
Geothermische gradiënt 244.
Germaansche familie 513.
" laagvlakte 229, 346.
Gerst 452.
Gesteenten 320, 341.
Geten 512.
Getijden 150.
Gezelschapseil. 362.
Gezondheidsbronnen 284.
Giant's Causeway 183, 384.
Gibraltar, Stroomen in de Straat van 178.
Gilberts-arch 363.
Gips 392.
Giraffe 441.
Gladharigen 488.
Gletschers 291.
" Voorwereldlijke 308, 310.
Gletscherbeek 294, -bedding 300, -melk 300, -ijs 293, 298, -molen 298, -spleten 297, -oppervlakte 303, -poort 294, -sporen 301, -tafel 303.
Gletscherpuin, Gebieden van 350.
Glimmerlei 392.
Glimmerlei-formatie 373.
Gneis 392.
Gneisformatie 373.
Gobi 447.
Godsdiensten 491, 494.
Golfbeweging 145.
Golfhoogte 146, -lengte 146, -snelheid 147.
Golfstroom 167.
Golfstroom-eilanden 204.

Graangewassen 450.
Graangrens 452.
Gradiënt 51, 244.
Grampians 225.
Gran Chaco 450.
Graniet 391.
Graphiet 372, 393.
Grassteppen 446.
Grenzen van het organisch leven 395.
Griekenland 502.
Grieksche familie 511.
Grimmelland 433.
Grisebach 468.
Groenlandstroom 167.
Groensteen 391.
Grondmoraine 300.
Grondsoorten 275.
Grondwater 279.
Groote Arlbach 223.
Groote Oceaan 8, 122, 131, 160, 485.
Groote Zoutzee 239, 354.
Grotten 183, 286.
Gruiskegels 278.
Gruislijnen 303.
Guanaco 483.
Guineastroom 164.
Guyana 442.
Haeckel 488.
Haffen 198.
Hafvorm 193.
Hagel 114.
Haventijd 160.
Halfapen 385.
Halfmaandelijksche slingering der getijden 156, 158.
Halligen 183.
Hamada's 352.
Hamieten 510.
Handel 500.
Hargitta 260, 384.
Harmattan 91.
Harz 417.
Havens, Natuurlijke 182.
Heete bronnen 263.
Hegyallja 260, 384.
Hellenen 511.
Helling van 't gebergte 218, 277.
Hennep 458.
Herdersvolken 499.
Heuvelland 209.
Himalaya 218, 434.
Hindoes 511.
Hindostan 501.
Hoangho 321, 348, 355.
Hoefdieren 385.
Hoefijzervormige meren 322.
Holen 183, 286.
Holenbeer 389.
Holle wegen 354.
Homogene vulkanen 285.
Hond 468.
Hondsgrot 12, 263.
Hongaarsche laagvlakten 231.
Hongaren 518.
Hongerbronnen 281.
Hoofdplanteuzonen 423.
Hoofdstroomen 234.
Hoofdwaterscheiding 235.
Hoofdwindscheiding 57.
Hoogland 208.
Hoogte der continenten 214.
" van den vloed 160, 161.
Hoogte-meting 206.
Hoogvlakten 26, 209, 226, 227.
Hoozen 74.
Horizontale vorm der aardoppervlakte 180, 525.
" temperatuursverdeeling 29.
Hottentotten 515.
Hout 357.
Huisdieren 466.
Hulpwetenschappen 2.
Hulst 398.
Hunsrück 334.
Hydrospheer 3, 121, 524.
Hyphaene Thebaica 425.
Hylaea 480.
Ichthyosaurus 380.
Ierland 226, 422.
Igapowoud 442.
IJlheid van den dampkring 11.
IJs 143, 392.
IJsbanken 314.
IJsbergen 144.
IJsblink 144.
IJsland, Vulkanen op 253.
IJstijd 386.
IJsval 298.
IJsvelden 144.
IJszee 306.
IJzeroer 290.
Illyriërs 512.
Inca-peruanen 502, 519.
Indië 501.
Indisch-Moessongebied 63, 71, 472.
Indische Oceaan 8, 122, 171, 485.
Indische vijgeboom 427.
Indo-Chineezen 517.
Indo-Europeanen 510.
Indus 222.
Inn 223, 224.
Insecteneters 385.
Instortingsaardbevingen 268.
Insulinde 423, 425, 433, 442, 443.
Intercontinentale oceanen 9.
Inviërno 110.
Inzinkingsmeren 241.
Iquique, Aardbeving van 132.
Iraniërs 511.
Isanomalen 39.
Ischia 259.
Isker 224.
Islam 496.
Isobaren 54.
" in Januari 56.
" in Juli 63.
Isochimenen 29.
Isoklinale kammen en dalen 217.
Isonephen 101.
Isotheren 29.
Isothermen 29.
" Oceanische 139.
" Onderzeesche 142.
Isothermobaten 142.
Isorachiën 160.
Israëlieten 510.
Israëlietische Godsdienst 496.
Istrië 191.
Italiaansche kust 190.
Italië 502.
Jaar-isothermen 37.
Jaarlijksche slingering der temperatuur 21.
Jagersvolken 498, 519.
Jahdebocht 183.
Jak 467, 471.
Jakoeten 518.
Jakoetsk 40.
Jamaica 419.
Jamswortel 453.
Januari-isothermen 34.
Japanneezen 517.
Japansche Zee 122.
Java, Plantenlagen op 433.
" Roofbouw op 499.
Javanen 520.
Jordaan, Dal van den 213.
Jostendalsbrü 306.
Juli-isothermen 36.
Jura 220.
Jura-formatie 379.
Kaapgebied 475.
Kaapverdische eil. 483.
Kaffers 514.
Kalahari gebied 475.
Kalk 360, 393.
Kalk- en kiezelhoudend zeeslib 134.
Kalkgrond 394, 420.
Kalkspaat 392.
Kalven der gletschers 144.
Kam 217.
Kambing 262.
Kameel 467.
Kamhoogte 218.
Kamsjatdalen 518.
Kanaalriffen 361.

Kainozoïsche Periode 381.
Karaboegas 239.
Karakoroem 218.
Karapiti 262.
Karlsbader Sprudel 284.
Karpaten 220.
Karren 274.
Karroo 448.
Karroo-terras 212.
Karst 275.
Karstverschijnselen 290.
Kaspische Zee 212, 237, 238, 239, 263.
Katoen 457.
Kaukasische ras 514.
Kelten 512.
Keteldalen 221.
Ketengebergten 209, 219.
Keuper 379.
Keulen 505.
Khamsin 91.
Kiessteppen 353.
Kiezelsinter 392.
Kiezelzure bronnen 284.
Kilauea 250.
Kina 456.
Kin-Loch-Ewe 240.
Kirgiezen 499, 518.
Kirman, Woestijn van 447.
Kiwi 484.
Klammen 326.
Klastische gesteenten 392.
Kleigrond 276, 394.
Kleur der dieren 461.
Klimaat 110, 168, 414, 522.
Klimaatzonen 38.
Knaagdieren 385.
Koe 466.
Koerden 511.
Koerische Haf 194.
Koero Siwo 170.
Koepelpalm 425, 443.
Koffie 454.
Kokoseilanden 203.
Kokospalm 426, 457.
Kolibri 481.
Königsee 282.
Konstantinopel 506.
Kool 357.
Koolzure bronnen 263.
Koolzuur 12.
Kopenhagen 506.
Kopergebergte 371, 377.
Koraalformatie 360, 463.
Koreanen 422, 517.
Kortschedeligen 487.
Kosima 251.
Kosmopolitische planten 397.
Koude bronnen 282.
Koude-centra 36.
Koude-eilanden 36.
Koude muur 167.
Koude-polen 35, 37, 38.
Koude slijkvulkanen 266, 340.
Koude stroomen 166.
Koude zone 38.
Korjaken 469.
Krakatau 150, 254, 256, 272.
Krater 250.
Kratermeren 241, 257.
Kreupelhout 439.
Krijt 360, 393.
Krijtformatie 380.
Kringloop van het krijt 360.
" van het water 279.
Kristallijnen gesteenten 390, 392.
Kromhout 435.
Kruidnagelen 456.
Krümmel 121.
Kuenluen 218.
Kusten, Verheffingen en dalingen der 185.
Kustontwikkeling 189.
Kustrif 361.
Kustrivieren 233.
Kustveranderingen 180.
Kustverlies 182, 183.
Kustvormen 189.
Laagland 208.
Laagvlakte 209, 229.
Labradorstroom 167.
Lac de Bourget 242.
Ladogameer 237, 238.
Ladiner 512.
Lago Maggiore 238, 241.
Lagunen 190, 193.
Lagune-rif 362.
Laibach-rivier 288.
Lama 467.
Land en water 4, 9, 30,
Landbouwvolken 500.
Landes 197.
Landhalfrond 4.
Landklimaat 31.
Landlöss 354.
Landmassa 4, 5.
Landregen 118.
Landruggen, Duitsche 232.
Landslakken 355.
Landwind 86.
Langschedeligen 487.
Lapilli 248.
Lappen 499, 518.
Lateriet 278.
Lava 248.
" Samenhangende 254.
Lavakegel 249.
Lavastroom 252.
Lawine 291
Laxe-fjord 191.
Leembanken 388.
Leemgesteente 393.
Leemgrond 394, 420.
Leemige verweering 278.
Leemlei 392, 393, -formatie 373.
Leme, Canali di 191.
Lemurs 484.
Lengtedalen 221.
Lengtespleten 297.
Leste 91.
Levèche 91.
Leven na dit leven 493.
Levende fossielen 422.
Leverziekte 523.
Letten 513.
Lichenes 432.
Licht 138.
Lidi's 197.
Lichtensteinklam 326.
Lieth, Put bij 3.
Ligging der steden 502.
Ligniet 357.
Lijven 518.
Limans 193, 195.
Limburgsche klei 354.
Lindeboom 418.
Linnen 457.
Lijnzaad 457.
Lineaire aardbevingen 267.
Liparische eilanden 251.
Liriodendron 477.
Lissabon 267.
Lithauers 513.
Lithosphcer 3, 79, 525.
Litorale zeebezinkscls 133.
Llano's 384, 440, 480.
Locale winden 85.
Loch Ewe 240.
Loiret 290.
Lokharigen 488.
Londen 506.
Loofboomen 429.
Löss 354.
Lucht 11, 12.
Luchtbeweging 51, 52.
Luchtdruk 42.
Luchtstroomen 42, 95, 98.
Lütschine 319.
Lybische oasen 213.
Maaren 248, 257.
Maalstroom 179.
Maas 314, 322.
Maatschappelijke toestanden 496.
Macedoniërs 511.
Madagaskar 106, 483.
Madera 483.
Madoera 201.

Madoereezen 520.
Magelhaens, Straat van 452.
Magyaren 518.
Magnoliën 477.
Mais 451.
Maleiers 519.
Maleische Archipel 201.
Maloja 334.
Mammoet 388, 441.
Mammoetsboom 478.
Mammoetsgrot 286.
Mandsjoes 517.
Mangroven 428.
Maniok 453.
Manila-hennep 458.
Manytsch-laagte 7.
Maori 521.
Marchveld 319.
Maremmen 193, 199,
Marianen 361.
Marine gebieden 349.
Marisma's 193.
Marktplaatsen 509.
Marseille 507.
Marshall-eilanden 363.
Mascarenen 484.
Mastodonten 385.
Mauna Loa 251, 252.
Maximumgebied 48.
Maya's 502.
Meanderlijn 322
Mechanische verweering 274.
Mejicaansch gebied 478.
Mejico 441, 502.
Melanesiërs 521.
Menschenrassen 488, 510.
Mera 223.
Meren 277.
Mergel 393.
Mergelgrond 394.
Mesocephalen 487.
Mesopotamië 501.
Meteorologie 82.
Methamorphische gesteenten 369.
Mezozoïsche Periode 371, 378.
Michiganmeer 161.
Micronesiërs 520.
Middelgordel 18.
Middellandsche Ras 510.
Middellandsche Zee 122, 133.
" " Gebied van de 470.
Middellandsche zeeën 121.
Middelschedeligen 487.
Midden-Afrikaansch gebied 474.
Midden-Amerika 6.
Midden-Duitschland, Aardbevingen in 270.
Middenloop der rivieren 321, 323, 345.
Middenmoraines 299.
Minerale bronnen 284.
Minimumgebied 48.
Mioceen 385.
Mirten 470.
Mississippi 339.
Mistral 88.
Moa 484.
Modderwellen 262, 340.
Moessons 63, 68, 110.
Moessongebied 71, 104.
Mofetten 263.
Molasse 393.
Moldau 234.
Mongolen 499, 517.
Monarchie 509.
Monden der rivieren 337.
Mongoolsche Ras 516.
Monophage dieren 461.
Monotheïsme 495.
Mont-Blanc 210, 440.
Mont-Egmont 250.
Monti-Berici 351.
Moraines 299.
Moraine-landschap 350.
Mosasauriër 381.
Möskoestroom 179.
Mozambique-stroom 171.
Mudlamps 340.
Mulahacen 210.
Muskaatnoten 456.
Muysca's 502.
Naaldhout 429
Napels, Aardbeving te 270.
Nationaal park 263.
Natronmeren 240.
Natuurlijke bruggen 289.
Natuurvolken 497.
Nederland 183, 194, 197, 198, 200, 271, 308, 322.
Neerslag 33, 92, 101, 417, 523.
Negatieve niveauverandering 186.
Negers 514.
Neogene formatie 382, 385.
Neptunische gesteenten 369, 392.
Neutrale laag 243.
Nevados 88.
Nevel 99.
Niagara 331.
Nicobaren 361.
Niet-oorspronkelijke eilanden 202.
Niet-vulkanische aardbevingen 268.
Niet-vulk. verheffings-eilanden 204.
Niet-zelfstandige zeebekkens 121.
Nieuw-Guinea 521.
Nieuw-Caledonië 362.
Nieuw-Hebriden 361.
Nieuw-Zeeland 203, 484.
Nijl 312.
Nissen 326.
Niveau-veranderingen 185, 343.
Nomaden 499.
Noord-Afrikaansche stroom 166.
Noord-Amerik. cyclone 65.
" " jagersvolken 519.
" " steppengebied 478.
Noord-Atlantisch passaatgebied 57.
Noord-Atlantische Oceaan 159, 164, 167, 168.
Noord-Atlantische cyclone 58, 65.
Noord-Aziaten 517.
Noord-Duitsche laagvlakte 231, 346.
Noordelijke IJszee 8, 121, 122.
Noord-Pacifische passaatgebied 57.
Noord-Pacifische cyclone 59.
Noordstrand 183.
Noordzee 122, 125, 130, 134.
Normale dagtemperatuur 20.
" gebergten 224.
" stroomen 233.
Normaaltemperatuur der breedtegraden 38.
Nova-Zembla 193, 201, 469.
Nubiërs 510.
Oberhalbsteindal 344.
Oceaan 4, 8, 106.
Oceaanslib 134.
Oceanische arm 165.
" eilanden 203.
" eilandengebieden 483.
" isothermen 139.
" windsysteem 66.
" stroomen 233.
" zeegebieden 484.
Ochotskische zee 122.
Oder 346.
Oergebergte 372, 373.
Oeros 389.
Oerijs 145.
Ogiven 299.
Oglioceen 384.
Olijfboom 419, 457.
Oliepalm 457.
Olifant 441, 468.
Omnivore dieren 461.
Onderaardsche rivieren 287.
Onderhout 442.
Ondiepten in rivieren 317.
Onegameer 238
Ontwikkelde dalwegen 334.
Onweer 118.
Oorspronkelijke eilanden 202, 203, 422.
Oorspronkelijke meren 239.
Oostereiland 519.
Oost-Australische stroom 170.
Oost-Chineesche Zee 122.
Oostzee 122, 137, 161.

Opbouw, Gebieden van 349.
Open riviermonden 337.
" zeeën 121.
Opium 456.
Ora 87.
Orang Kocboe 520.
Organische bezinksels 133.
Organische krachten 356.
" wezens 394.
Orinoco, Llano's van den 480.
Orizaba, Piek van 250.
Orkanen 73.
Orontes 334.
Orsova 224.
Orthognaten 487.
Osmanen 422, 518.
Ostjaken 469.
Overgangsvormen 353.
Overgangsklimaat 32.
Overgebleven eilanden 202.
Overstroomingen 311, 314.
Paard 467, 471.
Paardenbreedte 66.
Pacifische cyclonegebied 57.
" passaat 66.
" oceaan 8, 122.
Pakijs 144.
Palaeozoïsche periode 373.
Palmen 424, 425, 458.
Pampa's 482.
Panama, Landengte van 6.
Pandanus 428.
Pannoniërs 418.
Pannonische Zee 383, 384.
Papaver nudicaule 432.
Papoea's 521
Paraguay 462.
Parijs, Ligging van 504, 505.
Pas 218, -hoogte 218.
Passaat 54, 60.
" Verschuiving van den 66.
" -stroomen 177.
Patagoniërs 519.
Paumotoe-archipel 363.
Pelsdieren 528.
Peper 455.
Periode van aardbevingen 266.
" van gletscher-beweging 304.
" in de aardgeschiedenis 319.
Perioden in de geologie 321, 322.
Periodieke meren 289.
Peripherische laagvlakten 230.
Permische formatie 375, 377.
Peru 502.
Peruanen 519.
Perustroom 170.
Perzen 511.
Peschel 488.
Pesjera's 497, 519.
Petrafacten 367, 373.
Petroleum 358, 393.
Phenicièrs 510.
Phenixarchipel 363.
Phlegräische velden 259.
Phylliet 392.
Phytogene gesteenten 357, 393.
Pieten 513.
Pierre des Marmettes 388.
Pijlwortel 453.
Pinchincha 250.
Pinie 252.
Pinus merkusii 430.
Pisang 417.
Planten, Invloed op de vorming der aardkorst 356.
" op de verweering 273.
" op het klimaat 34.
" op den mensch 527.
" op de dieren 461.
Plantengebieden van Grisebach 468.
Plantengroei 414.
" Alpine 439.
Plantenlagen 433.
Plantenzonen 423.
Plateau du Coteau des Prairies 351.
" du Coteau du Missouri 351.
Plateau's 227.
" Klimaat op de 226.
" onder den zeespiegel 130.
Plesiosaurus 380.
Plioceen 385.
Plooien in de aardkorst 217.
Plutonische gesteenten 369, 392.
Po 321.
Podelta 341.
Polen 512.
Poljen 289.
Polynesiërs 520.
Polynesische eilanden 131.
Polyphage dieren 461.
Polytheïsme 495.
Pommersche kust 193.
Pontijnsche moerassen 194.
Poolgordel 18.
Poolgletschers 306.
Poolijs 306.
Poolstroomen 167, 169, 171.
Poolvos 465, 469.
Poolwinden 53, 97.
Poolzeeën 8.
Poolzijde der cyclonen 53.
Poolzonen 424.
Poort van Theben 224.
" van Orsova 315.
Poorten 314.
Portier 391.
Positieve niveauverandering 185.
Potamac 223.
Povlakte 230.
Prairieën 446.
Presaic's 48, 59.
Primaire Periode 373.
Procida 259.
Prognaten 487.
Provençaalsche taalstam 512.
Prozoïsche Periode 372.
Puingesteenten 393.
Puna-streek 481.
Pyreneeën 224.
Python 464.
Quänen 518.
Quartaire Periode 386.
Rafflesia Arnoldi 429.
Randspleten 297.
Randzeeën 122.
Rassamalaboom 433.
Rat 463.
Rechttandigen 487.
Red-River 347.
Regelatie 295.
Regendichtheid 108.
Regengebieden 109.
Regenlooze gordel der Oude Wereld 104.
Regenwaarschijnlijkheid 108.
Relatieve vochtigheid 93.
Relictenmeren 239.
Rendier 467.
Rennelstroom 168.
Republiek 509.
Reschen-Scheideck 334
Resulteerende golven 149.
" vloedgolven 158.
Retzius 487.
Reuss 193. 317. 329.
Reuzendam 183, 384.
Reuzenden 421, 428.
Reuzenhert 389.
Reuzenketels 289, 332.
Reuzenslangen 464.
Revolutietheorie 366.
Rheto-Romanen 512.
Rhizophoren 428.
Ria's 191.
Ricinus 428.
Rigi 392.
Rijn, Leisteenplateau van den 334.
" Loop van den 323.
" Vaste stoffen 316.
" Vermogen 314.
" Verval en snelheid 315.
" Vroegere loop 344, 345.
" Waterstand 311.
Rijp 98.
Rijst 450.
Rivieren 232, 310, 314, 315, 337, 344.

Rivieren, Verdwijnende 287.
Rivierloop 321.
Rogge 452.
Romaansche familie 512.
Roode sneeuw 440.
Roode Zee 122, 137, 361.
Rotsterrassen 329.
Rotan 425.
Rothenthurmwind 51.
Rottenmannerdal 334.
Ruggen op den zeebodem 130.
Runderen 466.
Rusland 441.
Russen 512.
Russische steppen 198.
Ruthenen 512.
Sagopalm 426.
Sahara 105, 447.
Salzach-dal 222, 328.
Samoa-eil. 362.
Samoem 91.
Samojeden 469, 517.
Sandwichseilanden 419.
San Remo, Bron te 288.
Santorin 204, 256,
Sargasso-zee 167.
Sarmatische vlakte 229.
Savannen 445.
Savanne-wouden 445.
Sauriërs 379.
Scandinaviërs 513.
Schaap 466.
Scheeftandigen 487.
Schelpbanken 366.
Schematisch verloop der zeestroomen 163.
Schiereilanden 199.
Schiiten 511.
Schratten 274.
Schuddingslijn 269.
Schotsche bergmassa 225.
Scirocco, droge 91.
" vochtige 91.
Scrub 448.
Scylla 179.
Secondeslinger 49, 123.
Seculaire niveauverandering 185.
Secundaire Periode 378.
Sedimenten 318.
Sediment-gesteenten 369, 392.
Seiches 149.
Selva 480.
Semieten 510.
Semper 463.
Serviërs 513.
Seychellen 203, 361, 484.
Siberië 441.
Siberische anticyclone 57.
" laagland 229.
Siberische stroomen 346.
Sierra Nevada 305.
Sill 225.
Silurische formatie 375.
Simeto 325.
Singhalezen 473,
Sint-Elmsvuur 118.
Sint-Helena 25, 124, 419, 424, 483.
Sint-Paul 255, 430.
Sint-Paulusrots 204.
Sint-Thomé 205.
Sjamanisme 493, 495.
Skaptar Jökoel 253.
Slachtplaatsen 263.
Slakken 248.
Slavische familie 512.
Slijkstroomen 254.
Slijkvulkanen 262.
Slingering des luchtdruks 43.
" der temperatuur 21.
Slovaken 512.
Slovenen 513.
Sluikharigen 488.
Smalschedeligen 487.
Smyrna, Haven van 348.
Sneeuw 115.
Sneeuwgrens 116.
Sneeuwhaas 465.
Snelheid van den wind 47.
" van de windgolven 147.
" van de aardbevingsgolven 149, 277.
Soedanneegers 514.
Soeloezee 141.
Soenda-eilanden 390, 422.
Soendaneezen 424, 520.
Sognefjord 190.
Solfataren 263.
Somma 257.
Soortelijke warmte 18.
Sorata 211.
Sorben 512.
Sover 87.
Specerijen 455.
Sperenberger put 3.
Spheren 3.
Spiegel van den oceaan 123.
Spinifex 448.
Spitsbergen 433.
Spleten in gletschers 297.
Spoorwegen 509.
Springend onkruid 410.
Springvloed 154.
Sserir 353.
Staande golven 149, 158.
Staatkundige toestand 509.
Stalagmieten 286.
Stalaktieten 286.
Steden, Ligging der 502.
Steenbok 465.
Steenkool 357, 393.
Steenkolenformatie 376.
Steenvocht 279.
Steenwoestijn 352.
Steenzout 392.
Steilkust 180, 182.
Steppen 446.
Steppengebied Amerikaansch 478.
" Eur.-Az. 471.
Stettinerhaf 194.
Stikstof 12.
Stikvallei 263.
Stille Oceaan 8, 122, 131, 160, 485.
Stokholm 507.
Stootkracht 318.
Stormgradient 51.
Stormveld 72.
Stortzeeën 148.
Strandlijnen 187.
Strandmeren 194.
Strategische punten 503.
Stratovulkanen 248.
Stromboli 251.
Stromboliwerkzaamheid 251.
Stroomen 232.
" Werkzaamheid der 316.
Stroomgebied 233.
Stroomgeul 320.
Stroomlijn 320.
Stroomversnellingen 331.
Struiken, Altijd-groene 430.
Submarine delta's 338.
" wouden 185, 187, 485.
Subtropische centra 56.
" regengebied 111.
" zone 68.
Suez, Landengte van 7.
Suiker 454.
Sumatra 483
Sunniten 511.
Susquehanna 223.
Syeniet 391.
Sykomoresvijg 430.
Synklinaaldal 217.
Synklinaalkam 217.
Synoptische weerkaarten 83.
Syrten, Vloedhoogte in de 161.
Szegedin, Overstrooming te 315.
Taalverscheidenheid 489.
Tabak 454.
Tafelbergen 335.
Tagalen 520.
Taymirland 431, 469.
Tanesroeft 447.
Tangwouden 485.
Tappiocco 453.
Tarwe 451.

Tataren 518.
Tatra 220, 222.
Tectonische aardbevingen 269.
" dalen 221.
" hoogvlakten 226, 228.
" terrassen 330.
Teelaarde 276, 358, 393.
Tehuantepec, Landengte van 6.
Temhora 250, 252.
Temperatuur van den atmospheer 20.
" van de aarde 242.
" van de bronnen 264, 282.
" van den lavastroom 253.
Temperatuurssling ering 21.
Temperatuurzonen 38.
Tengger 250.
Teplitz 283.
Teraïwoud 418, 442.
Terekdelta 341.
Terrasland 208.
Terrassen 328, 329, 330.
Tertiaire Periode 381.
Tetsevlieg 462.
Teutonen 513.
Theben, Poort van 224.
Thee 454.
Theemsgebied 317.
Theodulpas 25.
Thera 204, 256.
Thermen 283.
Thermische anomalie 39.
Thermische aequator 34, 36, 37.
Thiansjan 260.
Thlinkithen 519.
Thorshaven 169.
Thracische familie 512.
Thünermeer 319.
Tiberias, Meer van 213.
Tibetanen 517.
Tiboe's 510.
Tigris 230, 348.
Timavo 288.
Timor 422.
Titicacameer 237, 239.
Tivano 87.
Tivoli 285.
Tjemorowouden 443.
Toblacherveld 333.
Toeariks 510.
Toendra 431.
Tolmezzo 102.
Tolteken 502, 519.
Tomahak 522.
Tongoezen 499, 517.
Tophoogte 218.
Tornado's 73.
Totemisme 495.
Trachiet 391.
Trans-aequatoriaal Brazilië 480.
Trappenland 208.
Travertin 285.
Trias 379.
Trigonometrische hoogtebepaling 206.
Tristan da Cunha 419, 431.
Tropische dierenwereld 464.
" wouden 441.
" plantengroei 429.
" plantenzone 424.
" regengebied 109.
" verlichtingsgordel 18.
" warmtezone 38.
Tsjadmeer 239.
Tsagos-archipel 363.
Tsjernosem 351, 358.
Tsjoeden 518.
Tsjoektsjen 469, 518.
Tsjoedisch-Turksche volken 518.
Tuf 248.
Tulpenboom 429, 477.
Turf 357, 393.
Turken 518.
Tweelingstroomen 348.
Tweezaadlobbigen 419.
Tyndal 295.
Typhus 523.
Uitbarstingen, Vulkanische 251.
Uiterwaarden 311.
Uitgedoofde vulkanen 251.
Uitstralingsvermogen 19.
Utah 353.
Vaccinium 432, 433.
Val del Bove 250.
Vanielje 456.
Varens 418.
Vaste stoffen in rivieren 317.
Vastland 5.
Vastlandseilanden 202.
" klimaat 31.
Veen 357, 393.
Veranderlijke winden 71.
Veranillo 111.
Verano 110.
Verbreiding der dieren 458.
Verbreiding der gletschers 305.
Verbreiding der planten 413.
Verbreidingsgebieden 397.
Verdamping 19.
Verdeeling van den arbeid 500.
Verdwijnende rivieren 287.
Verholen schiereiland 201.
Verhouding tusschen land en water 4, 9.
Verkolingsproces 357.
Verlaging door het water 347.
Verlichtingsgordels 18.
Verschuiving 246.
Versteeningen 367, 373.
Verticale temperatuursverdeeling 22.
Verticale vorm v. d. lithopheer 206.
Verwarming der luchtlagen 22.
Verweering 272.
Verweeringsproducten 275.
Vesuvius 249, 250, 251, 253, 257.
Via mala 326.
Victoria-regia 429.
Victoria-waterval 332.
Vispdal 325.
Visschersvolken 497.
Vlakke kust 180, 183.
Vlas 457.
Vlas, Nieuw-Zeelandsch 458.
Vlakte 209.
Vloed 150.
Vloedmond 338.
Vlotgebergte 373.
Vochtigheid der lucht 93, 523.
" " gesteenten 279.
Voedingsplanten 450.
Vogel, de eerste 380.
Vogels op de Kleine Soenda-eil. 422.
Voorhavens 507.
Vooruitgeschoven delta's 341.
Vouwen of plooien 217.
Vulcano 260.
Vulkaangroepen 259.
Vulkanisme 247.
Vulkanische aardbevingen 269.
" eilanden 204.
" gesteenten 369.
Vuurlanders 523.
Wadi Arabah 213.
Wadi's 313.
Walachen 512.
Walachijsche laagvlakte 231.
Wallace 422.
Wallensee 345.
Walrif 361.
Walvisch 529.
Wargla, Vlakte van 213.
Warme bronnen 282.
" slijkbronnen 262.
" stroomen 166.
Warmte in afgesloten bekkens 140.
" in den atmospheer 20.
" Invloed der — op de planten 415.
" van den lithospheer 242.
" van den Oceaan 138.
Warmtebronnen 13, 22.
Warmteverdeeling 29.
Warmtezonen 38.
Waspalm 425.
Waschgebergte 373.
Waterdamp 14, 46, 95.
Waterhalfrond 4.

Waterhemel 144.
Watermassa 4.
Waterscheiding in de dalen 333.
" in het gebergte 224
" in de vlakte 235.
Waterstand 310.
Watervallen 330.
Weekdieren 375.
Weenerbekken 231.
Weersvoorspellingen 82.
Weide-oever van de Wolga 345.
Welwitschia mirabilis 475.
Wenden 512.
Wenermeer 238.
Werkzaamheid der vulkanen 251.
Werpplank 522.
Wervelstormen 73.
West-Alpen, Bouw der 220.
West-Australische stroom 171.
West-Indisch Gebied 479.
Wettermeer 238
Wijnstok 423, 455.
Winden 47, enz.
" Bestendige 66.
" Invloed op de deltavorming 343.
" op de vorming der aardkorst 351.
" op de zeevaart 85.
" Locale 85.
" Periodieke 68.
" Veranderlijke 66, 71.
Windformatie 351.
Windgolven 146.
Winter der tropen 21.
Winterbed 311.
Winteronweders 118.
Winterregen 68, 111, 112.
Woestijnen 447.
Woestijngebied 473.
Woestijnwind 91.
Wolga, Oevers van de 345.
Wolharigen 488.
Wolken 99.
Wortelboomen 428.
Wond 440.
" Invloed op het klimaat 120.
" " " den waterstand der rivieren 313.
" in de tropische zone 441.
" " gematigde zone 443.
Woudgebied Antarctisch 482.
" Noord-Amerikaansch 477.
" der Oude Wereld 469.
Woudgrenzen 424, 435, 438.
Woudloos gebied 424, 444.
Woudstreken 441.
Yosemithedal 326.
Yucatan 502.
Zandbanken 134, 320.
Zandgrond 18, 276, 393, 394.
Zanduitstraling, Middelpunt van 273.
Zandwoestijn 352.
Zandsteen 392.
Zavelgrond 394.
Zebra 405.
Zeebevingen 271.
Zeebodem 126, 131, 133.
" Invloed op de deltavorming 342.
Zeecocos 410, 484.
Zeegebied 235.
Zeeijs 143.
Zeeklimaat 31, 32.
Zeeotter 528.
Zeestroomen 162.
Zeestroomen, Invloed op de deltavorming 342.
Zeeuwziekten 523.
Zigeuners 511.
Zijderups 468.
Zijmoraine 300.
Zilverspar 417.
Zirknitsermeer 289.
Zoetwatermeren 239.
Zomerbed 311.
Zommerregen 109. 112.
Zonnewarmte 16.
Zoogdieren, het eerste 379.
" placentale 382.
" voorhistorische 388.
Zoögene formatie 359, 393.
Zoutgebergte 379.
Zoutgehalte 135, 239.
Zoutlagen 379.
Zoutmeren 240.
Zoutmijnen 350, 378.
Zoutsteppen 352.
Zoutwoestijn 352.
Zoutsteden 503.
Zuid-Afrika 105.
Zuid-Amerika 107, 434.
" Cis-aequatorisal gebied van 479.
Zuidelijke ijszee 484.
Zuiderzee 183.
Zuid-Oost-Aziaten 516.
Zuurstof 12.
Zwarte aarde 351, 358.
Zwarte Zee 138.
Zwerfblokken 309.

LIJST DER IN DIT WERK VOORKOMENDE TABELLEN.

blz.
Verdeeling van land en water op de verschillende breedtegraden 5
Grootte der continenten en der grootste eilanden 6
Breedte der Oude en der Nieuwe wereld 8
Bestanddeelen der lucht 12
Zonnewarmte op het gebergte en in de vlakte 15
Warmteafneming in den vrijen atmospheer 23
Warmteafneming in het gebergte 24
Temperatuur van 't bergklimaat 25
Afwijking van de temperatuursvermindering in 't Dranal 28
Normaal temperatuur der breedtegraden 39

	blz.
Temperatuur	40
Afneming van den luchtdruk met de hoogte	43
Luchtdruksverdeeling in de Alpen	46
Benamingen, snelheid en kracht van den wind	47
Verschil tusschen de voor- en de achterzijde der cyclone	53
Herleiding van den barometerstand tot op den zeespiegel	55
Poolwinden en aequatoriale winden in het Noord-Atlantische cyclone-gebied	58
Poolwinden en aequatoriale winden in het Noord-Pacifische cyclone-gebied	59
Windgebieden	66
Verschuiving van den passaat	67
Grenzen van land- en zeewind	86
Föhn	90
De hoeveelheid waterdamp, die de lucht bij verschillende temperaturen kan bevatten	93
Absolute vochtigheid naar de hoogte	94
Relatieve vochtigheid	95
Hoeveelheid neerslag	101
Regenwaarschijnlijkheid	108
Regenmaximum en regenminimum	113
Regengebieden	114
Sneeuwgrens	116
Oceanen en zeeën. Oppervlakte en diepte	122
Plaatsen onder en boven 't normale niveau	124
Hellingen op 't vastland	127
Grootste zeediepten	131
Bedekking van den zeebodem	135
Samenstelling van het zeewater	136
Dichtheid bij verschillend zoutgehalte	136
Verticale temperatuursverdeeling in het Meer van Zürich	140
Haventijd	160
Verschil tusschen ebbe en vloed	160, 161
Verschil in klimaat aan de beide zijden van den Noord-Atl. Oceaan	168
Toeneming der Januari-temperatuur met de breedte in West-Europa	169
Kustontwikkeling	189
Verticale vorm der werelddeelen	210, 211, 212
Gemiddelde hoogte der continenten	214
Hoogvlakten	227
Lengte en gebied der groote rivieren	236
Diepte van 't centrum bij aardbevingen	270
Aardbevingsgolf van Krakatau	272
Minerale bronnen. Analyse van het bronwater	284
Gletschergrens. Inkrimping en uitbreiding der gletschers	304
Waterstand van den Rijn	313
Vermogen van Rijn, Maas en Donau	314
Bezinking der stoffen in het rivierbed	318
Terrassen in 't Boven-Etschdal	330
Verkolingsproces	357
Lagen der Aardkorst	371

	blz.
Middelen, waardoor de organische wezens zich verspreiden	411
Plantenzonen en plantenlagen	416
Verhouding tusschen één- en tweezaadlobbige planten	419
Vogels op de Kleine Soenda-eilanden	423
De verbreiding van de familie der palmen	425
Plantenlagen op Java	433
- in de Alpen	434
Alpine woudgrenzen	445, 438
Loof- en naaldboomen op het noordelijk halfrond	444
Wijnopbrengst	455
Landdieren en vogels.	459

ERRATA.

Op blz. 17 regel 7 v. o. staat: *het aequatoriaal vlak*, lees: *de ecliptica.*
" blz. 28 regel 8 v. o. staat: *bal*, lees: *bol.*
" blz. 38 regel 20 v. b. staat: *verlichtingsgordel*, lees: *—gordels.*
" blz. 49 regel 17 v. o. staat: *het vlak*, lees: *de slinger.*
" blz. 49 regel 16 v. o. staat: *maakt het*, lees: *maakt het slingervlak.*
" blz. 49 regel 8 v. o. staat: *achtervolgens*, lees: *achtereenvolgens.*
" blz. 217 regel 7 v. b. staat: *van een hebreeuwschen stam*, lees: *van een stam*
" blz. 233 regel 19 v. o. staat: § 144, lees: § 194.
" blz. 259 regel 8 v. b. staat: *plaaten*, lees: *plaatsen.*
" blz. 386 regel 20 v. b. staat: *Anthropozische*, lees: *Anthropozoïsche.*
" blz. 407 regel 16 v. b. staat: *Witewaal*, lees: *Wttewaal.*
" blz. 521 regel 16 v. b. staat: *Andamannen*, lees: *Andamanen.*

INHOUD.

Inleiding.

§ 1. Beperking der aardrijkskunde. § 2. Begrip der aardrijkskunde in engeren zin. § 3. Karakter van aardrijkskundige hulpwetenschap. § 4. Verdeeling der aardrijkskunde . . . . . blz. 1—2.

Algemeene Opmerkingen.

§ 5. De spheren. § 6. Verhouding tusschen land en water. § 7. Onregelmatige verdeeling van land en water. § 8. Indeeling van de landmassa. § 9. Indeeling van de watermassa. § 10. Voor- en nadee van de verhouding tusschen land en water. . . . . blz. 3—10.

De Atmospheer.

Hoogte en samenstelling.

§ 11. Hoogte en vorm. § 12. Samenstelling. . . . . blz. 11—12.

Verwarming der aardoppervlakte.

§ 13. Warmtebronnen. § 14. Mededeeling der warmte. § 15. De grootte der zonnewarmte is afhankelijk van den zonneafstand. § 16. De grootte der zonnewarmte is afhankelijk van den hoek, waaronder de zonnestralen de aardoppervlakte bereiken. § 17. Jaargetijden. § 18. Verlichtingsgordels. § 19. Resumé. § 20. De invloed van de aardoppervlakte zelve . . . . . blz. 13—19.

Temperatuur van den dampkring.

§ 21. Gemiddelde temperatuur. § 22. Normale temperatuur. § 23. Temperatuursslingering blz. 20—22.

Afneming der temperatuur met de hoogte.

§ 24. Warmtebronnen voor de hoogere lagen des dampkrings. § 25. Temperatuursvermindering in den vrijen atmospheer. § 26. Afneming in het gebergte. § 27. Bergklimaat. § 28. Klimaat der hoogvlakte. § 29. Afwijkingen. § 30. Herleiding van de temperatuur tot op het vlak van den zeespiegel blz. 22—29.

Horizontale verdeeling der temperatuur.

§ 31. Isothermen. § 32. Onregelmatig verloop der isothermen. § 33. Land en water. § 34. Zeestroomen. § 35. Luchtbeweging. § 36. Andere invloeden. § 37. Januari-isothermen. § 38. Juli-isothermen. § 39. Jaar-isothermen. § 40. Warmte-zonen. § 41. Normaaltemperatuur der breedtegraden. § 42. Anomalie. § 43. Temperatuurtafel. . . . . blz. 29—42.

Luchtstroomen.

§ 44. Luchtdruk. § 45. Dagelijksche slingering. § 46. Ongelijke verwarming der luchtlagen. § 47. Ongelijk gehalte aan waterdamp. § 48. Wind. § 49. Afwijking in richting tengevolge van de

aswenteling. § 50. De afwijking op het zuidelijk halfrond. § 51. Gradiënt. § 52. Luchtbeweging om eene pressie. § 53. Luchtbeweging om eene depressie. § 54. Het passaatgebied. § 55. Isobaren. § 56. Isobaren en winden in Januari. § 57. Nadere beschouwing der windgebieden in Januari. § 58. Ontstaan der pressie's en depressie's op hooger breedte. § 59. De passaat. § 60. Isobaren en winden in Juli. § 61. Nadere beschouwing der windrichting in Juli. § 62. Overzicht der windgebieden. § 63. Oceanisch windsysteem. § 64. Verschuiving der passaten. § 65. Moessons. § 66. Gebied der veranderlijke winden. § 67. Nadere beschouwing van een stormveld. § 68. Wervelstormen. § 69. Stormen in het gebied der veranderlijke winden. § 70. Wijziging in de windrichting bij voortschuiving van het stormveld. § 71. Ontstaan en oorzaken der voortschuiving van de depressie's. § 72. Weersvoorspellingen. § 73. Belang van de winden voor de scheepvaart. § 74. Locale winden. § 75. Land- en zeewinden. § 76. Berg- en dalwinden. § 77. Locale winden in ruimeren zin. § 78. Temperatuursverandering bij bergwinden. § 79. De Föhn. § 80. Woestijnwinden . . . . . blz. 42—91.

De Neerslag.

I. *De vochtigheid van den dampkring.*

§ 81. Bronnen der atmospherische vochtigheid. § 82. Absolute en relatieve vochtigheid. § 83. Horizontale en verticale verbreiding van de absolute vochtigheid. § 84. Horizontale en verticale verbreiding der relatieve vochtigheid. § 85. Oorzaken van de condensatie des waterdamps. § 86. Vermenging van luchtstroomen. § 87. Aanraking met koude voorwerpen § 88. Opstijgende luchtstroomen. § 89. Wolken, nevel, regen. § 90. Bewolking . . . . . blz. 92—101.

II. *Hoeveelheid neerslag.*

§ 91. Gemiddelde hoeveelheid. § 92. Verdeeling van de hoeveelheid. § 93. Nadere aanduiding van de verdeeling. § 94. Resumé. § 95. Regenwaarschijnlijkheid . . . . . blz. 101—109.

III. *Verdeeling van den neerslag over de jaargetijden.*

§ 96. Regengebieden. § 97. Tropisch regengebied. § 98. Subtropisch regengebied. § 99. Gebied van den gelijkmatigen neerslag. § 100. Resumé . . . . . blz. 109—114.

IV. *Hagel, sneeuw en onweer.*

§ 101. Hagel. § 102. Sneeuw. § 103. Onweer . . . . . blz. 114—119.

V. *Veranderlijkheid van het klimaat.*

§ 104. Voorhistorische veranderlijkheid. § 105. Historische veranderlijkheid . . blz. 119—120.

De Hydrospheer.

I. *De vorm en de bodem.*

§ 106. Indeeling van de wereldzee. § 107. Spiegel van den Oceaan. § 108. Ongelijkheid van den zeebodem. § 109. Brooke's dieplood. § 110. Diepte van den Oceaan. § 111. Relief van den zeebodem. § 112. Bedekking van den zeebodem . . . . . blz. 121—135.

II. *Het zeewater.*

§ 113. Zoutgehalte. § 114. Kleur en doorschijnendheid. § 115. Horizontale temperatuursverdeeling. § 116. Verticale temperatuursverdeeling in afgesloten bekkens. § 117. Verticale temperatuursverdeeling in niet-afgesloten bekkens. § 118. Verticale temperatuursverdeeling in de oceanen. § 119. Zeeijs. blz. 135—145.

III. *De beweging van den hydrospheer.*

a. *Golfbeweging.*

§ 120. Onderscheid der bewegingen. § 121. Windgolven. § 122. Resulteerende golven. § 123. Aardbevingsgolven . . . . . blz. 145—150.

b. *Ebbe en vloed.*

§ 124. Waarneming. § 125. Verklaring. § 126. Resulteerende vloedgolf. § 127. Verschil in tijd. § 128. Dagelijksche ongelijkheid. § 129. Resumé. § 130. Werkelijke vloedgolf. § 131. Staande vloedgolf. § 132. Haventijd. § 133. Hoogte van den vloed. § 134. De vloedgolf aan den mond der rivieren. § 135. De vloedhoogten zijn betrekkelijke waarden. § 136. Invloed van de vloedgolf op de aswenteling . . . . . blz. 150—162.

c. *Zeestroomen.*

§ 137. Middelen ter opsporing. § 138. Schematisch verloop. § 139. Kringloop in den Noordelijken Atlantischen Oceaan. § 140. Golfstroom. § 141. Poolstroomen in den Noordelijken Atlantischen Oceaan. § 142. Klimaatverhoudingen van 't noordelijk bekken van den Atlantischen Oceaan. § 142 (*) Andere stroomen. § 143. Overige oceanen. § 144. Invloed van de zeestroomen. § 145. Oorzaken der zeestroomen. § 146. Overeenkomst tusschen het oceanisch windsysteem en het verloop der zeestroomen. § 147. Hoe de wind een standvastigen stroom kan veroorzaken. § 148. Invloed van den vorm der landmassa op de stroomrichting. § 149. Zeestroomen uit andere oorzaken . . . . . blz. 162—179.

De Lithospheer.

§ 150. Verdeeling der stof . . . . . blz. 179.

Horizontale vorm van den lithospheer.

A. *Kustveranderingen.*

§ 151. Voorkomen der kust. § 152. Strijd tusschen land en zee. § 153. Vernieling aan steilkusten. § 154. Vernieling aan vlakke kusten. § 155. Uitbreiding der kust. § 156. Verheffingen en dalingen van de kust. § 157. Positieve niveauverandering. § 158. Negatieve niveauverandering. § 159. Afwisseling van beide veranderingen. § 160. Oorzaken der niveauveranderingen. § 161. Kustontwikkeling. blz. 180—189.

B. *Kustvormen.*

§ 162. Boogvorm. § 163. Fjorden. § 164. Oorsprong der fjorden. § 165. Hafvorm. § 166. Duinen. § 167. Ontstaan der haffen . . . . . blz. 189—199.

C. *Schiereilanden.*

§ 168. Verdeeling. § 169. Oorsprong der schiereilanden . . . . . blz. 199—201.

D. *Eilanden.*

§ 170. Grootte en groepeering. § 171. Oorsprong der eilanden. § 172. Continentale eilanden. § 173. Oorspronkelijke eilanden. § 174. Vulkanische eilanden. § 175. Resumé . . . . 201—206

Verticale vorm van den lithospheer.

§ 176. Hoogtemetingen. § 177. Absolute en betrekkelijke hoogte. § 178. Indeeling der vormen

(*) Bij vergissing dragen twee paragraven het nummer 142.

§ 179. Europa en Azië. § 180. Amerika. § 181. Afrika. § 182. Vergelijkingen. § 183. Depressie's in de landmassa. § 184. Gemiddelde hoogte der continenten. § 185. Het ontstaan der continenten. blz. 206—216.

Gebergten.

§ 186. Ontstaan der gebergten. § 187. Vorm der plooien. § 188. Hoogte der gebergten. § 189. De helling der gebergten. § 190. Bouw van een bergketen. § 191. De richting der bergketens. § 192. Dalen. § 193. Lengtedalen. § 194. Dwarsdalen. § 195. Verschil in den bouw van gebergten. § 196. Waterscheiding in het gebergte . . . . . blz. 216—225.

Bergmassa's.

§ 197. Kenmerken . . . . . blz. 225—226.

Hoogvlakten.

§ 198. Voorkomen en verdeeling. § 199. Klimatologische hoogvlakten . . . . blz. 226—229.

Laagvlakten.

§ 200. Verbreiding. § 201. De continentale laagvlakte. § 202. Peripherische laagvlakten. § 203. Binnenlandsche laagvlakten. § 204. Oppervlakte der laagvlakten . . . . . blz. 229—232.

Stroomen.

§ 205. Rivieren en rivierstelsels. § 206. Stroomgebieden. § 207. Waterscheidingen. § 208. Grootte der rivieren . . . . . blz. 232—237.

Meren.

§ 209. Verbreiding en grootte. § 210. Verdeeling. § 211. Zoutgehalte. § 212. Afdammingsmeren. § 213. Inzinkingsmeren. § 214. Resumé . . . . . blz. 237—242.

Warmte van den lithospheer.

§ 215. Temperatuur van de oppervlakkige lagen. § 216. Verticale temperatuursverandering in den lithospheer. § 217. Oorzaken der temperatuursverhooging met de diepte . . . . . blz. 242—245.

De krachten, die de oppervlakte der aarde wijzigen.

§ 218. Overzicht . . . . . blz. 245—246.

Het vulkanisme.

§ 219. Vulkanen. § 220. Bouw der vulkanen. § 221. Werkzaamheid der vulkanen. § 222. Uitbarstingen. § 223. Vulkaanruïnen. § 224. Homogene vulkanen. § 225. Verbreiding der vulkanen. § 226. Oorzaken van het vulkanisme. § 227. Slijkvulkanen. § 228. Vulkanische bronnen. § 229. Heete bronnen of geisers . . . . . blz. 246—265.

Aard- en zeebevingen.

§ 230. Aardbevingen. § 231. Oorsprong der aardbevingen. § 232. Ligging van het centrum. § 233. Verbreiding der aardbevingen. § 234. Zeebevingen . . . . . blz. 265—272.

Verweering.

§ 235. Verdeeling der uitwendige krachten. § 236. Verdeeling der verweering. § 237. Grondsoorten. § 238. Vormen der bergtoppen. § 239. Helling. § 240. Achterblijven van verweeringsproducten. blz. 272—279.

Bronnen.

§ 241. Kringloop van het water. § 242. Ontstaan der bronnen. § 243. Waterrijkdom der bronnen.

§ 244. Temperatuur der bronnen. § 245. Chemische bestanddeelen der bronnen. § 246. Holen. § 247. Verdwijnende rivieren. § 248. Periodieke meren. § 249. Dolinen. § 249 (*) Karstverschijnselen. § 250. IJzerroer . . . . . blz. 279—291.

Gletschers.

§ 251. De sneeuw boven de sneeuwgrens. § 252. Lawinen. § 253. Ontstaan der gletschers. § 254. Beweging der gletschers. § 255. Spleten en kloven. § 256. Samenstelling van het gletscherijs. § 257. Morainen of steendijken. § 258. De gletscherbedding. § 259. Afsmelting of ablatie. § 260. Afsmelting aan het ondereinde. § 261. Verbreiding der gletschers. § 262. Poolijs. § 263. Voorwereldlijke gletschers. § 264. Het ontstaan van ons diluvium. § 265. Voormalige gletschers in de Alpen. blz. 291—310.

Stroomende wateren.

§ 266. Waterstand. § 267. Invloed van het woud op het verschil in waterstand. § 268. Hoeveelheid water der rivieren. § 269. Poorten en ijsbanken. § 270. Beweging van het rivierwater. § 271. Werkzaamheid van 't stroomende water. § 272. Bezinking der medegevoerde stoffen. § 273. Rivierloop. § 274. Verder onderscheid tusschen boven-, midden- en benedenloop . . . . . blz. 310—323.

Dalvorming.

§ 275. Erozie. § 276. Sporen van erozie. § 277. Andere sporen van erozie. § 278. Eroziedalen. § 279. Diluviale rivierterrassen. § 280. Rotsterrassen. § 281. Overige terrassen. § 282. Watervallen. § 283. Oorsprong der dalen. § 284. Waterscheiding tusschen twee dalen. § 285. Erozie op bergmassa's. § 286. Erozie door gletschers. § 287. Verbreiding der dalen . . . . . blz. 333—337.

Delta's.

§ 288. Monden der rivieren. § 289. Bouw- en omvang der delta's. § 290. Ligging der delta's. § 291. Het aangroeien der delta's. § 292. Verbreiding der delta's . . . . . blz. 337—334.

Veranderingen in de stroomgebieden.

§ 293. Bovenloop. § 294. Midden- en benedenloop. § 295. Veranderingen door den opbouw van delta's . . . . . blz. 334—349.

Gebieden van opbouw.

§ 296. Indeeling. § 297. Bezinkingen uit het water. § 298. Gebieden van gletscherpuin. § 299. Windvormingen of aeolische formatie's. § 300. Continentale riviergebieden. § 301. Overgangsgebieden. § 302. Löss. § 303. Terugblik. . . . . blz. 349—356.

Organische krachten.

§ 304. Onderscheid tusschen den invloed van planten en dieren. § 305. Phytogene formatie. § 306. Petroleum. § 307. Zoögene formatie. § 308. Koraalformatie's. § 309. Kustriffen. § 310. Damriffen. § 311. Atollen of Lagune-riffen. § 312. Ontstaan der koraaleilanden. § 313. Bezwaren tegen de voorgaande theorie. § 314. Schelpbanken . . . . . blz. 356—366.

Historische Geologie.

§ 315. Geschiedenis der aarde. § 316. Verschillende theorieën. § 217. Versteeningen. § 318. De macht van eene geringe kracht. § 319. Perioden van de geschiedenis der aarde. § 320. Verdeeling der gesteenten. § 321. Formatie. § 322. Overzicht van de lagen der aardkorst. § 323. A. Archaeïsche Periode of Voorhistorische tijd. § 324. B. Palaeozoïsche of Primaire Periode of Ouderdom der Aarde. Beteekenis.

(*) Bij vergissing dragen twee paragraven het nummer 249.

§ 325. Versteeningen. § 326. Kenmerken dezer Periode. § 327. Silurische formatie. § 328. Devonische formatie. § 329. Steenkolenformatie. § 330. Dyas of Permsche formatie. § 331. C. Mezozoïsche of Secundaire Periode of de Middeleeuwen: Kenmerken. § 332. Triasformatie. § 333. Juraformatie. § 334. Krijtformatie. § 335. D. Kainozoïsche of Tertiaire Periode of Derde tijdperk: Kenmerken. § 336. Eogeenformatie. § 337. Neogene formatie. § 338. E. Anthropozoïsche of Quartaire Periode. Kenmerken. IJstijd. § 339. Diluvium. § 340. Alluvium . . . . . blz. 366—390.

Overzicht der gesteenten.

§ 341. De gesteenten in het algemeen. — I. Eruptieve gesteenten: § 342. Verdeeling der gesteenten. § 343. Eruptieve gesteenten. — II. Sediment-gesteenten: § 344. Kristallijnen sediment-gesteenten. § 345. Klastische sediment-gesteenten. § 346. Zoögene sediment-gesteenten. § 347. Phytogene sedimentgesteenten. § 348. Teelaarde . . . . . blz. 390—394.

De geographische verbreiding der Organische Wezens.

I. *Algemeene opmerkingen over de verbreiding.*

§ 349. Inleiding. § 350. Grenzen van het organisch leven in het algemeen. § 351. Verbreidingsgebieden. § 352. Wijze van verbreiding der organische wezens. § 353. De leer der voortschrijdende ontwikkeling bij de organische wezens. § 354. De mogelijkheid der voortschrijdende ontwikkeling. § 355. De waarschijnlijkheid der voortschrijdende ontwikkeling. § 356. Oorzaken der ontwikkeling. § 357. Vermeerdering van planten en dieren. § 358. Middelen, waardoor de organische wezens zich verspreiden. § 359. Middelen, waardoor de dieren zich verspreiden. § 360. Middelen, waardoor de planten zich verspreiden. § 361. Resumé. § 362. Beperking der verspreiding . . . . . blz. 394—413.

II. *Verbreiding der planten in 't algemeen.*

§ 363. Belang van het plantenrijk. § 364. De invloed van het klimaat op den plantengroei. § 365. Invloed van den bodem. § 366. Historische invloeden. § 367. Flora en fauna der eilanden. blz. 413—423.

III. *Plantenzonen.*

§ 368. Hoofdplantenzonen. § 369. Tropische plantenzone. § 370. Andere tropische karakterplanten. § 371. Karakter van den tropischen plantengroei. § 372. De gematigde hoofdzone. § 373. Onbeslistheid der grenzen. § 374. Arctische boomgrens, Antarctische boomgrens. § 375. Poolzonen . blz. 423—433.

IV. *Plantenlagen.*

§ 376. Plantenlagen. § 377. Woudgrens in het gebergte. § 378. Alpine plantengroei. blz. 433—440.

V. *De voornaamste vormen van 't plantenkleed.*

§ 379. Vormen van het plantenkleed. § 380. Woudstreken. § 381. Tropische wouden. § 382. Wouden der gematigde zone. § 383. Woudloos gebied. § 384. Savannen. § 385. Steppen of Prairieën. § 386. Woestijnen . . . . . blz. 440—448.

VI. *Invloed van den mensch op de verbreiding van planten. Cultuurgewassen.*

387. Veranderingen in de flora. § 388. Invloed van den mensch. § 389. Cultuurgewassen. Voedingsplanten. § 390. Andere voedingsplanten. § 391. Overige cultuurplanten. § 392. Vervolg. blz. 449—458.

VII. *Verbreiding der dieren.*

§ 393. Belang van het dierenrijk. § 394. Invloed van het klimaat op de dierenwereld. § 395. Invloed van de plantenwereld. § 396. De kleur der dieren. § 397. Invloed van de dieren op elkander. § 398. Invloed van de levenlooze natuur. § 399. Tropische dierenwereld. § 400. Arctische fauna. § 401. Verticale verbreiding der dieren. § 402. Invloed van den mensch op de dierenwereld. blz. 458—468.

VIII. *Plantengebieden.*

§ 403. Natuurlijke flora- en faunagebieden. I. Arctisch gebied. II. Woudgebied der Oude Wereld. III. Gebied van de Middellandsche Zee. IV. Europeesch-Aziatisch Steppengebied. V. Chineesch-Japansch gebied. VI. Indisch Moessongebied. VII. Woestijngebied. VIII. Midden-Afrikaansch gebied. IX. Kalahari-gebied. X. Het Kaapgebied. XI. Australisch gebied. XII. Noord-Amerikaansch woudgebied. XIII. Noord-Amerikaansch steppengebied. XIV. Californisch kustgebied. XV. Mejicaansch gebied. XVI. West-Indisch gebied. XVII. Het Cis-aequatoriaal gebied van Zuid-Amerika. XVIII. Aequatoriaal-Brazilië. XIX. Trans-aequatoriaal-Brazilië. XX. Gebied van den Tropischen Andes. XXI. Het Pampa's-gebied. XXII. Het Antarctisch woudgebied. XXIII. Oceanische eilanden-gebieden. § 404. Oceanische zeegebieden . . . . . blz. 468—485.

De Mensch.

I. *Indeeling.*

§ 405. Indeeling van het menschelijk geslacht. § 406. Verscheidenheid in taal . blz. 486—491.

II. *Godsdienst.*

§ 407. Algemeene opmerkingen. § 408. Fetisjme. § 409. Leven na dit leven. § 410. Sjamanisme. § 411. Verschillende godsdiensten. . . . . blz. 491—496.

III. *Maatschappelijke toestanden.*

§ 412. Verdeeling. § 413. Volken zonder blijvend eigendom. § 414. Volken met blijvend eigendom. § 415. Middelpunten van beschaving. § 416. Ligging der steden. § 417. Staatkundige toestand. blz. 496—509.

IV. *Menschenrassen.*

§ 418. Het Middellandsche Ras. § 419. De Dravida's. § 420. De Negers. § 421. De Bosjesmannen en Hottentotten. § 422. Het Mongoolsche Ras. § 423. Het Amerikaansche Ras. § 424. De Maleiers. § 425. De Papoea's. § 426. De Australiërs . . . . . blz. 509—522.

V. *De mensch in betrekking tot de aarde.*

§ 427. Verdeeling. § 428. Invloed van het klimaat. § 429. Invloed van den hydrospheer. § 430. Invloed van den lithospheer. § 431. Invloed van de planten. § 432. Invloed van de dieren. § 433. Invloed van den mensch op den mensch . . . . . blz. 522—530.

Register . . . . . blz. 531—541.

Lijst der in dit werk voorkomende tabellen. . . . . . blz. 541—543.

Errata . . . . . blz. 544.

INHOUD VAN DEN ATLAS.

Kaart I. Jaar-isothermen.
" II. Januari-isothermen.
" III. Juli-isothermen.
" IV. Isanomalen in Januari.
" V. Isanomalen in Juli.
" VI. Lijnen van gelijk jaarlijksch warmteverschil.
" VII. Isobaren en winden in Januari.
" VIII. Isobaren en winden in Juli.
" IX. Jaarlijksche hoeveelheid neerslag.
Kaart X. Verdeeling van den neerslag over de jaargetijden.
" XI. Verbreiding van de gletschers en het drijfijs.
" XII. Relief van den zeebodem.
" XIII. Zeestroomen.
" XIV. Rijzen en dalen der kusten.
" XV. Koralen, vulkanen en aardbevingen.
" XVI. Plantengroei.
" XVII. Plantengebieden naar A. Grisebach.
" XVIII. Verbreiding der menschenrassen.

66372

Za 9427