



# LUCHTVERSCHIJNSELS



door D<sup>r</sup>. J. C. WINKLER.

HAARLEM - A. C. KRUSEMAN.

*Amund Lith.*





VI / L 30



RIJKSUNIVERSITEIT UTRECHT



1739 8524

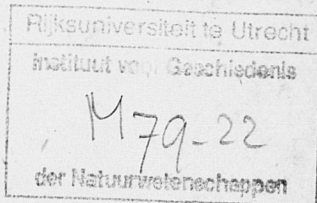
*C. Michou van Ophemert*

# LUCHTVERSCHIJNSELS

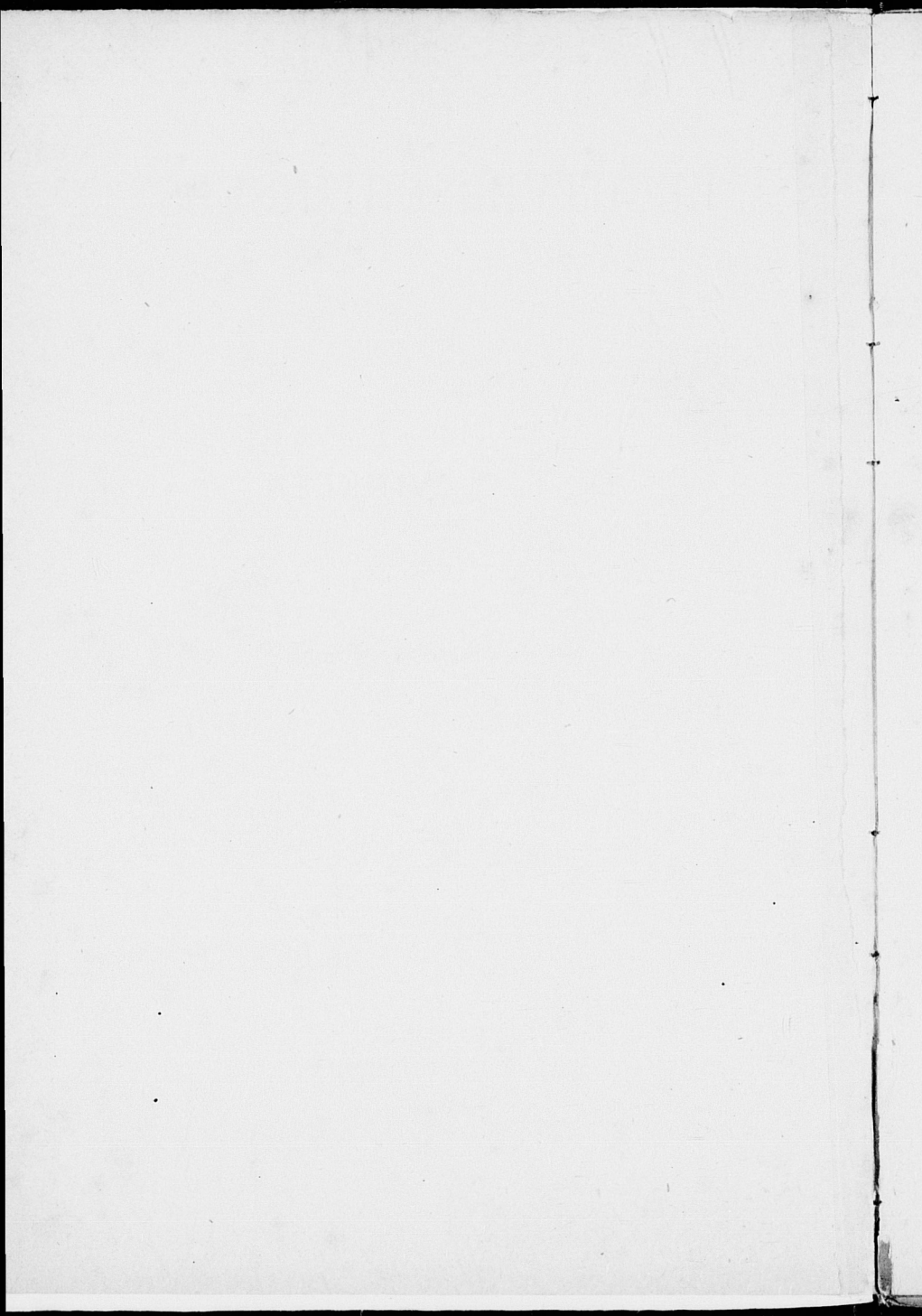
DOOR

DR. T. C. WINKLER.

Met een menigte afbeeldingen.



HAARLEM,  
A. C. KRUSEMAN.  
1873.



## I N H O U D.

---

I. Inleiding.....	Blz.	1
II. De wolken en de nevel.....	"	4
III. De regen.....	"	26
IV. De hagel.....	"	42
V. De sneeuw.....	"	48
VI. De regenboog.....	"	56
VII. Het noorderlicht.....	"	75
VIII. De bliksem.....	"	84
IX. Het St.-Elmsvuur.....	"	98
X. Vallende sterren, vuurkogels en luchtsteen.....	"	104
XI. De wind.....	"	119

---



## REGISTER.

### A.

Aerolieth 115.  
Anthelie 73.  
Atmosfeer 1.  
Avondwind 125.

### B.

Bergijs 52.  
Bliksem 84.  
" , uitwerkselen van den 91.  
" zonder donder 99.  
Bliksemstraal 89.  
Bolide 116.  
Bries 128.  
Bijkringen 71.  
Bijmanen 71.  
Bijzonnen 71.

### C.

*Callina* 8.  
*Cirrocumulus* 11.  
*Cirrostratus* 11.  
*Cirrus* 11.  
*Cloudring* 38.  
*Cumulostratus* 11.  
*Cumulus* 11.  
Cycloon 126.

### D.

Dagwind 125.

Dampkring 1.  
Donder 84.  
" , rollen van den 89.  
Draaiwind 126.  
Dwaallichtjes 102.

### E.

Electriciteit, negatieve 85.  
" , positieve 85.  
" , vloeien van 80.  
St. Elmsvuur 98.

### F.

*Feu follet* 102.  
*Fohn* 125.

### G.

*Graupeln* 42  
*Grésil* 43.  
Grondlaaine 53.

### H.

Hagel, 19, 43.  
Hagelbui 46.  
Hagelkorrel 43.  
Hagelsteen 44.  
Hagelwolk 45.  
*Hale* 8.  
*Halo* 70.  
Hooplaagwolk 11.



Hoopwolk 11, 13.

**J.**

Jaargetijdewind 124.

**K.**

Koelte 128.

Kosmische stof, ring van 105, 110.

Krans 68.

Kring 68.

" , circum-zenithale 71.

" , parhelicische 73.

Kroon 68.

Krot 18, 42.

**L.**

Laagwolk 11, 14.

Labberkoelte 128.

Landklimaat 32.

Landwind 125.

Lauine 52.

Lauineweg 53.

St. Laurentiusregen 106.

Lichtboog 62.

Lucht 1.

Luchtsteen 104, 115.

**M.**

Maan, valsche 74.

Maanhalo 73.

Maanregenboog 65.

Meteoriet 115.

Mist 4.

" , drooge 7.

" , lichtgevende 7.

Mistregenboog 65.

Moessin 124.

Moesson 124.

Morgenwind 125.

Motregen 26.

**N.**

Nevel 4.

*Nimbus* 11.

Noorderlicht 75.

Noordoostpassaat 124.

**O.**

Onweder 90.

Onweerswolk 19.

**P.**

Paraselenen 71.

Parheliën 71.

Passaatwind 120.

**R.**

Regen 17, 27.

" , langdurige 18.

" , tijdelijke 18.

Regenboog 56.

" , omgekeerde 64.

" , secundaire 65.

" , supplementaire 65.

" , witte 65.

Regenbui 18.

Regendagen 40.

Regentijd 18.

Regenwolk 11, 14.

**S.**

Schaapswolk 14.

*Simoen* 125.

*Sirocco* 125.

Sneeuw 48.

Sneeuwstorm 52.

Sneeuwvlok 48.

Sneeuwvlok 19.

Sneeuwvijs 52.

Stapelwolk 11, 13.

Ster, vallen van een 104.

" , verschieten van een 104.

Sterren, vallende 106.

Stofregen 26.

Storm 126.

Stormen, loop der 127.

Straalbreking 59.

*Stratus* 11.

Streken zonder regen 35.

**T.**

Terugkaatsing 59.  
Tyfoen 127.

**U.**

Ulloa, kring van 65.

**V.**

Vederhoopwolk 11.  
Vederlaagwolk 11.  
Vederwolk 11, 12.  
Vuurbol 104.  
Vuurkogel 104, 114.  
Vuursteen 115.

**W.**

Waterdamp 28.  
" , bevroren 37.  
Waterhoos 126.  
Weerboom 14.  
Weerlicht 87.

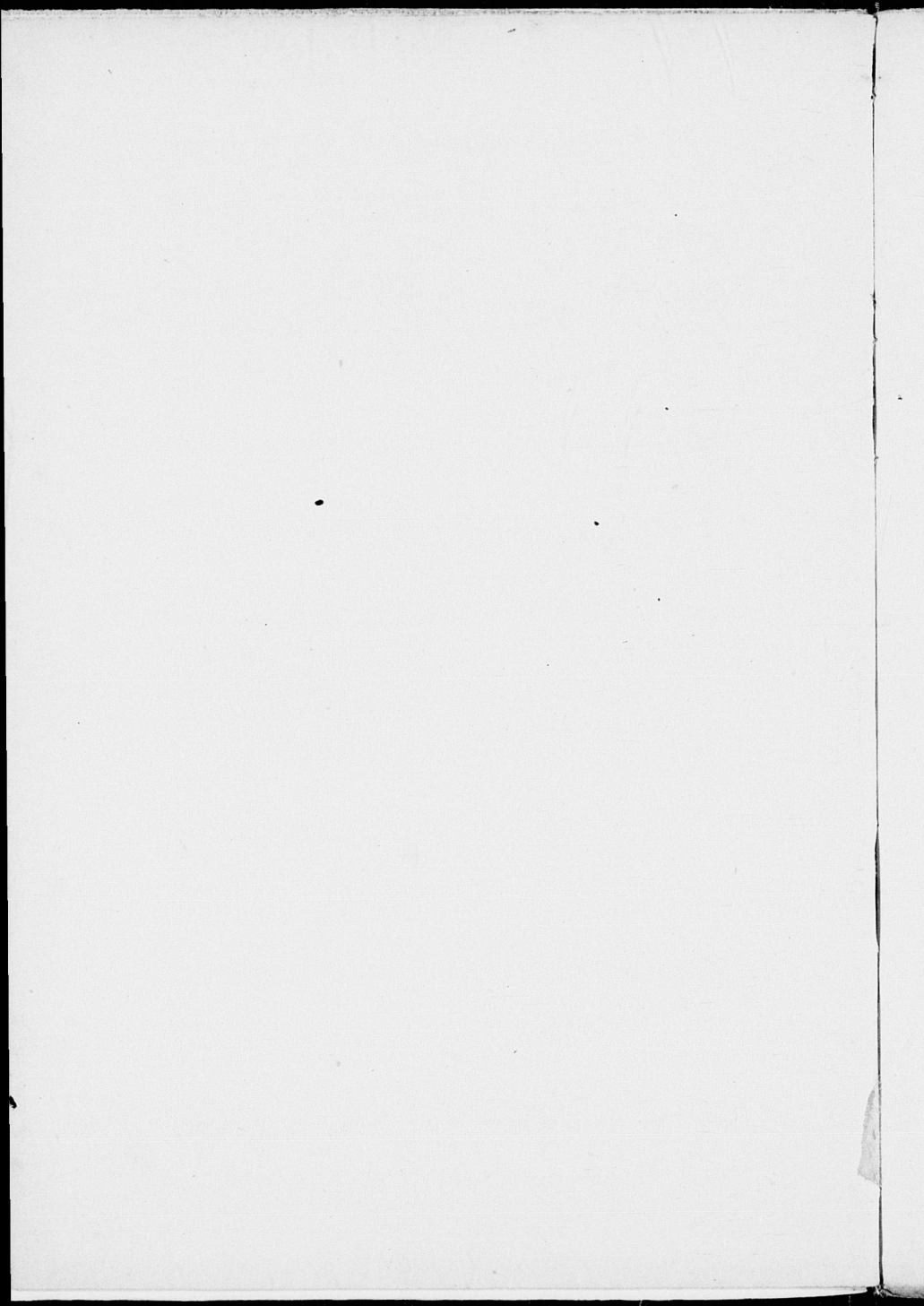
Wervelwind 126.  
Wind 31, 119.  
" , ctesische 124.  
Windboom 14.  
Windhoos 126.  
Windstilte 121.  
Wolk 4.  
Wolken, verplaatsen van 38.  
Wolkenlagen 37.  
Wolkenring 38.

**IJ.**

IJsaaldje 23, 36.

**Z.**

Zandhoos 126.  
Zeeklimaat 32.  
Zeewind 125.  
Zon, valsche 74.  
Zonhalo 73.  
Zuidoostpassaat 124.  
Zuidwestpassaat 124.



---

## I.

### INLEIDING.

---

Zou er, onder de vele dingen die onze aandacht en ons onderzoek verdienen, wel een zijn dat belangrijker voor ons, menschen, is, dan de lucht? De lucht, de atmosfeer, de dampkring, of hoe men hem ook moge noemen, is de noodzakelijke voorwaarde voor het leven der natuur. Zeeën, rivieren, bergen, bosschen, dieren, planten, menschen, alles leeft in en door de atmosfeer. Luchtzee noemen de Duitschers de atmosfeer, en zeer te recht: als een onzichtbare zee rust zij op de aarde, hare golven bespoelen bergen en dalen, en wij leven in die zee die ons geheel doordringt. De lucht dringt in onze longen, en maakt dat wij kunnen ademen; zij geeft aanleiding tot de eerste teekens van een zelfstandig leven bij het pasgeborene kind; zij ontvangt de laatste zucht van den stervenden grijsaard. Zij is het die het groen verspreidt over de weiden, die de bloemen voedt en de groote boomen. Zij is het die een azuren koepel welft over de plaats die wij bewonen;

die deze koepel hult in de zachte tinten van den schemeravond, in de schitterende kleuren van het morgenrood, in het sombere duister van den sneeuwstorm, in het schrille licht van den bliksem. Nu eens overstroomt zij ons met licht en warmte, dan weder hult zij ons in dikke duisternis en kou. Nu eens teekent zij wolken van allerlei gedaanten en kleuren; dan weder stort zij groote waterstroomen uit over het dorstige land. Zij is de draagster van den geur der bloesems; zij is het die ons het genot geeft van rozen- en reseda- en heliotropengeur. Zij is het voertuig voor den klank, voor het geluid waardoor de levende wezens elkander hunne gewaarwordingen kunnen mededeelen; zij brengt ons den zang der vogels, het gesuis der boomen, het geklots der baren. Zonder de lucht zou onze aarde dor en dood zijn, stilzwijgend en woest. Door haar wordt de aarde bevolkt met levende wezens van hoogst verschillende vormen. Hare onvernietigbare atomen vormen bij afwisseling gedeelten van de meest verschillende bewerkte wezens: onze lichamen, die van de dieren, die van de planten, zijn, om 't zoo uit te drukken, vast gewordene lucht: het kleine deeltje, de molecule, die door de ademhaling geworpen wordt uit het menschelijke lichaam, zal zich vestigen in een plant, en, een langen omweg makende, weer te huis komen in een ander menschelijk lichaam; de zelfde elementen vormen achterevolgens verschillende wezens; wat wij inademen, eten en drinken is reeds vroeger ingeademd, gegeten en gedronken geworden, niet eenmaal, maar duizende malen: de lucht is het die ons leven mogelijk maakt, en het onderhoudt.

Het is over die zee van lucht en de verschijnselen



die zij vertoont, waarover wij in de volgende bladzijden zullen spreken. Wij willen een blik slaan op wolken en regen, op sneeuw en hagel, op donder en bliksem, op den regenboog en het noorderlicht, kortom op eenige luchtverschijnsels. En 't is geen overtollige zaak daarover eens te spreken: hoevelen zijn er niet die ademen en leven zonder te weten wat zij inademen en wat hen doet leven; die geen kennis hebben van wat het graan doet rijpen, dat zij eten, en den wijn doet groeien, dien zij drinken. Niet voor geleerden is dit boekje bestemd: het worde gelezen door hem die niet gesteld is op groote reeksen van cijfers en meteorologische tabellen, noch op een verslag van de proefnemingen en waarnemingen van de mannen der wetenschap, maar die te vreden is als hij de uitkomsten van die geleerde studiën op een bevattelijke wijze ziet medegedeeld.

---

---

## II.

### DE WOLKEN EN DE NEVEL.

---

Wolken zijn nevels die hoog in de lucht zweven. Een nevel of mist is niets anders als een wolk die op de oppervlakte van de aarde rust. Een nevel of een wolk ontstaat als de temperatuur van een luchtlaag die met water in damptoestand beladen is, daalt, en de lucht daardoor genoodzaakt wordt dien damp in den vorm van zeer kleine waterblaasjes af te geven. Die blaasjes blijven wel ten gevolge van hunne lichtheid in de lucht zweven, maar zij maken haar ondoorschijnend. Het onderscheid tusschen nevel en wolk is dus slechts een plaatselijk verschil: een nevel is een op den grond rustende wolk, en een wolk is een in de hoogte gevormde of naar boven getrokken nevel. Iedereen weet dat een nevel soms naar beneden daalt, als een middending tusschen dauw en regen, of soms optrekt, en daarbij voor ons oog tot steeds duidelijker wordende wolken overgaat.

Nevel of wolken worden vooral gevormd als koude luchtmassa's zich met warmeren vermengen. Daardoor koelen de laatsten af, en hun waterdamp wordt tot zichtbare blaasjes. Die oorzaak verwekt vooral kleine,



plaatselijke nevels. Dat zien wij, bij voorbeeld, boven het water van rivieren en meren even voor dat het bevriest. De koudere en dus zwaardere lucht van den oever vloeit op de watervlakte, vermengt zich daar met den warmeren waterdamp die uit de oppervlakte van den vloed opstijgt, en verdicht hem zoodoende tot nevel. Door de zelfde oorzaak ontstaan ook de grauwe nevelstrepen boven slooten en vochtige weiden, vooral 's avonds na een warmen dag. Men zegt dan veelal, "er valt dauw," doch ten onrechte, want het is geen dauw die nedervalt: het is een opstijgende waterdamp die tot nevel wordt verdicht.

In de noordelijke streken der aarde vertoont de nevel zich in zijn grootste ontwikkeling. Volgens Martins is Spitsbergen bijna altijd in een dichten mist gehuld, zoodat men de dingen die slechts een paar schreden van den waarnemer verwijderd zijn, niet kan zien. Die vochtige, koude, doordringende mist maakt niet zelden alle voorwerpen, die er in zijn, nat, alsof het er op regende. Stormen zijn onbekend in die streken waar de nevel het oppergebied voert, en het rollen van den donder stoort nooit de stilte van die onherbergzame stranden en zeeën. Als het herfst wordt, neemt de nevel nog toe in dichtheid, en de regen verandert in sneeuw.

De luitenant De Haven zag op zijn tocht ter opsporing van Sir John Franklin, boven het noordelijkste gedeelte van Wellington's kanaal een dichte bank van mist, een waterlucht (*watersky*) rustende op de zee der noordpool, die waarschijnlijk steeds open is en warmer dan de IJsee, door een onderzeesche stroom welks bestaan in Straat Davis onder anderen door Dr. Kane bewezen is.

In landstreken waarvan de bodem vochtig en warm en de lucht vochtig en koud is, kan men vele en dichte nevels verwachten. Dat is vooral het geval in Engeland, welks kusten bespoeld worden door een zee welks water betrekkelijk warm is, en zoo is het ook met Newfoundland, op welks kusten de golfstroom, die uit het zuiden komt, aan het zeewater een hooger warmtegraad geeft dan de lucht bezit, die er op rust. Te Londen vooral is de mist soms zeer dicht, *the London fog* noemen de Engelschen hem. Elk jaar leest men in de dagbladen dat men in die stad genoodzaakt is geweest het gas midden op den dag in de straten en huizen te ontsteken. Zoo was, om slechts een enkel voorbeeld te geven, de mist te Londen op den 24sten Februari 1864 zóó dicht dat men op den middag op straat niet kon zien, en toen 's avonds de stad geillumineerd was, ter eere van de koningin die op den genoemden datum verjaart, liepen jongens met flambouwen door de straten, roepende dat zij om de illuminatie zochten. Zulk een mist bedekte bijna geheel Europa gedurende een maand lang, in 1783. In eene oude fransche geschiedenis, *Le Journal du règne de Henri III*, leest men: "Op zondag den 24sten Januari 1588 viel er zulk een dikke mist op de stad (Parijs) en hare omstreken, vooral van den middag tot den volgenden morgen, als er bij menschen geheugenis nooit een gezien was, want hij was zoo zwaar en dicht dat men elkander in de straten niet kon zien, en men genoodzaakt was fakkels op te steken om elkander te herkennen, hoewel het eerst drie uur was. Verscheidene wilde ganzen en andere vogels werden op de binnenplaatsen der huizen gevonden, geheel bedwelmnd door dat zij al

vliegende tegen schoorsteenen en huizen aan gevlogen waren.”

Een dichte nevel wordt soms stinkend door dat hij onderscheidene uitwasemingen opneemt, die veelal de onderste luchtlagen bezoedelen. Ammoniac is er niet zelden duidelijk in te bespeuren. In België en Nederland riekt de mist niet zelden naar turf. In de maand October 1871 waren de nachten te Parijs veelal mistig, en in die van den 14<sup>den</sup> bespeurde men duidelijk een vrij onaangename geur van petroleum.

Men heeft ook een lichtgevend en mist waargenomen. In een brief aan Elie de Beaumont beschrijft de heer Wartmann van Genève zulk een vreemd verschijnsel, dat gedurende negen nachten aaneen bestaan heeft, namelijk van den 18<sup>den</sup> tot den 27<sup>sten</sup> November 1859. De maan die nieuw was, kon natuurlijk niet tot het verschijnsel toedoen. Hoewel de mist zeer dik was, kon hij de aarde toch niet vochtig maken. Hij verspreidde licht genoeg om kleine voorwerpen binnenshuis te kunnen onderscheiden. Iemand die op den 22<sup>sten</sup> November te voet van Genève naar Annemasse in Savoye ging, zegt dat het gedurende den nacht op weg even licht was alsof de volle maan scheen.

Zulk een phosphoriserende mist is gemeenlijk een drooge mist. Niet zelden is een drooge mist niets anders als eene menigte zeer kleine, niet waterige deeltjes die in de lucht zweven en haar ondoorschijnend maken. Von Humboldt werd op den top van den Silla door een dichten mist omringd, die hem belette de dichtst bij hem zijnde voorwerpen te zien, doch waardoor zijne kleederen niet nat werden. De hygrometer toonde den hoogsten graad van droogte aan.

In Zwitserland geeft men den naam van *hale* aan een soort van rook die soms den noordewind in den zomer vergezelt, en zich overal aan den horizon ver-  
toont. Hij is nu eens grijs, dan weder ros van kleur, en de zon heeft, door dien mist gezien, een donkerroode kleur. De *callina* is in Spanje een dergelijke mist die den hemel een loodkleur geeft.

Op sommige plaatsen der aarde, vooral in bergachtige streken, is het verband tusschen nevel en wolken zeer duidelijk merkbaar. Een reiziger in Zwitserland zegt dienomtrent het volgende: "Dikwijls zweven er in de wintermaanden zulke dichte nevels in het dal Liechtenstein, langs het Wallenstädter en Zurichmeer en verder den Limmat af, dat de zon weken aanéén niet te voorschijn komt. De koude klimt dan wel eens tot 12° R. als een gevolg van de vochtigheid met stilte der lucht gepaard. Alles is dik met rijk bedekt. De uitgedemde lucht zet zich aan haar en kleederen vast; de spits van den kerktoren verschuilt zich in die dichte en koude atmosfeer, en niet zelden ligt er bij dit alles sneeuw. De temperatuur is zóó dat iedereen haar tracht te ontloopen, en het kunstmatige klimaat in de kamer opzoekt. Maar hoe dichter de nevel beneden samen gedrongen is, des te zekerder is het genot van een helder uitzicht, gepaard met warmen zonneshijn, op de naastgelegene licht te beklimmen bergen. Dan is vooral de Uetli het doel der wandelaars, en honderden klimmen op zondag naar zijne kruin, wat in anderhalf uur te doen is. Op ongeveer 1000 meter boven de zee heeft men van dit punt een waarlijk treffend uitzicht. Om daartoe te geraken moest ik, als 't ware, in één uur alle temperaturen der vier jaargetijden door-

leven, had ik beneden door de sneeuw gewaad, vond ik in het midden modderige wegen en een halfdoorzichtige lucht, en kwam ik eindelijk, na een uur van vermoeiend klimmen over rotsen en klippen, bij vlietende bronnen, op drooge paden zonder ijs of sneeuw, in eene helder blauwe lucht en in warmen zonneschijn, waar aan het geboomte slechts de groene bladerentooi ontbrak. Vóór de herberg zaten geheele familiën in de opene lucht koffie te drinken, terwijl de kinderen spelende op den grond rondkropen. En daarbij het uitzicht in de onbegrensde verte, op de Berner, de Urner en de Glarner Alpen, ja tot aan Schwaben, als ware het in Juni! Maar in de laagte golfde een nevelzee, en als schimmen trokken de wolken, alsof de hemel onderste boven gekeerd was, langzaam langs den loop der waten voort. Het waren golven en toch geen golven, het waren wolken, zwak verlicht en er als losse wol uitziende, en toch geen wolken. Hier en daar verdeelden zij zich, en de weerhaan van den een of anderen hoog gelegenen kerktoren, of een eenzame denneboom, of eene grijze rots kwam als een eiland te voorschijn, en dat alles scherp afgeteekend tegen de wolken daar omlaag. Had ik voorheen op deze plaats op een zonnigen dag weinig van het geraas der stad kunnen hooren, thans was dat omgekeerd; doffe stemmen, gemurmel en gegons, verwijderd klokkegelui, alsof het uit een grafgewelf kwam, dat alles klom tot mij op, en zou den onkundige in den waan kunnen brengen dat het in dien nevel spookte."

De druppeltjes waaruit de nevel en de wolken bestaan, zijn eigenlijk geen druppeltjes, maar holle blaasjes. Dit kan men wel niet door enkele blaasjes bewij-



zen: zij zijn daartoe te klein; maar hun optische toestand en eenige andere verhoudingen laten nauwelijks twijfel over of het zijn holle blaasjes, gelijk aan kleine zeepbellen: waarschijnlijk evenwel zijn die blaasjes veelal met kleine druppeltjes vermengd.

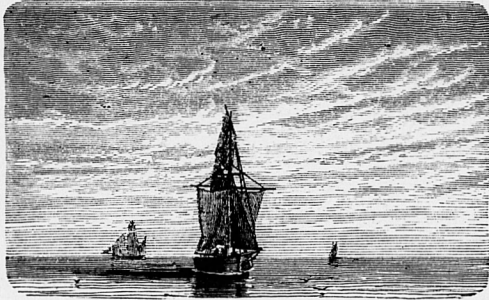
Als de nevel hoog in de lucht drijft, en dus een wolk geheeten wordt, neemt hij niet zelden een scherp-geteekenden vorm aan, en ziet er veelal uit als eene wollige massa die in het blauw van den hemel drijft. Veelal heeft een wolk het voorkomen van een min of meer vast en bestendig lichaam: en toch is dit het geval in 't geheel niet: een wolk is een voortdurend veranderende en voortdurend gevormd wordende luchtverheveling. Ook hiervan kan men zich op de bergen het best overtuigen. Wie in het dal staat, ziet niet zelden de kruinen van de omliggende bergen door wolken omhuld, terwijl een ander die zich juist op dat oogenblik op den berg bevindt, op de zelfde hoogte als de wolken, niets van wolken gewaar wordt. Hij ziet niet anders rondom zich als den gewoonlijk dunnen nevel, welks omtrekken niets minder dan scherp geteekend zijn, maar dikwijls zelfs vlak voor zijne oogen onophoudelijk vervloeien, en in elkander overgaan. Wie eenmaal zich in zulk een nevel of wolk op een berg heeft bevonden, vergeet dat schouwspel niet licht. De reiziger wiens woorden wij boven aanhaalden, zegt daarvan het volgende: "Omstreeks 2700 meter hoog, aan den voet van de kruin van den Sidelhorn, boven den Grimselpas, staande, smaakte ik dat genot voor den bezoeker der Alpen weggelegd. Nu eens was ik in een ondoordringbaren nevel gehuld, zoodat ik mijne gidsen, die slechts 10 schreden van mij verwijderd waren, slechts

als grauwe schaduwen zag, dan weder liet links eene plotselinge plaatselijke verdunning van den nevel de witte pyramide van den 3700 meter hoogen Galenstock doorschemeren, die al duidelijker en helderder werd, totdat zij in het schitterende morgenlicht voor mij stond, om terstond daarna even statig weder te verdwijnen. Het donkere blauw des hemels boven mij wisselde onophoudelijk af in diepte van toon, naar dat het door spleten in den nevel heen zich zuiver vertoonde, of wel, door nevelmassa's van verschillende dichtheid bedekt, zich als in verschillende schakeeringen van blauw vertoonde. Zeer dikwijls zijn er, vooral in wijde rots-groeven, zooals b. v. in het Oberhaslidal tot aan den Grimsel, zulke nevelvormingen van zeer geringe uitgebreidheid, en er zweven daar, nu eens boven en dan weêr beneden den afgebrokkelden rotswand, losse nevelwolken als een sluier die op vele plaatsen verscheurd en samen gefrommeld is. Hieruit mag men besluiten dat er zeer bepaalde plaatselijke voorwaarden voor de wolkenvorming moeten zijn."

De vormen der wolken zijn zeer afwisselend en verschillend. Howard, een engelsch weerkundige, heeft die zoo onbestendige lichamen tot vier hoofdvormen en drie tusschenvormen of overgangsvormen terug gebracht. Hij gaf er de volgende namen aan: 1<sup>o</sup> de vederwolk of *Cirrus*; 2<sup>o</sup> de hoopwolk of stapelwolk, *Cumulus*; 3<sup>o</sup> de laagwolk of *Stratus*; 4<sup>o</sup> de regenwolk of *Nimbus*. De tusschenvormen heeten: 5<sup>o</sup> de vederhoopwolk, *Cirrocumulus*; 6<sup>o</sup> de vederlaagwolk, *Cirrostratus*; 7<sup>o</sup> de hooplaagwolk, *Cumulostratus*. Die namen geven de vormen waarin de wolken zich veelal vertoonen, vrij goed te kennen.

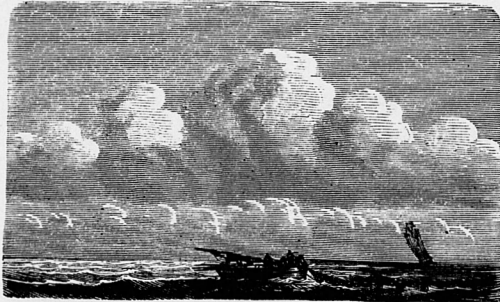


De vederwolk vertoont zich als eene lange, dunne, meest een weinig gebogene streep, die veeltijds als gekorven schijnt, en door andere kleine strepen als een



Vederwolken.

netwerk doortrokken wordt, en bij zonsopgang en zons-  
 ondergang natuurlijk door den gloed der zon wordt  
 gekleurd. Nu eens verandert zij onafgebroken maar



Hoopwolken.

slechts langzaam van gedaante, dan weder staat zij uren  
 aanéén onveranderlijk aan den hemel, en niet zelden  
 ziet men verscheidene vederwolken bij elkander van zeer

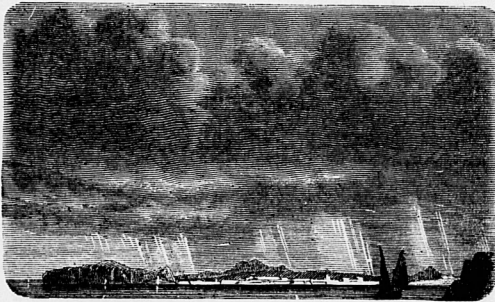
gelijke vormen, waaruit men tot parallel naast elkander loopende luchtstroomen mag besluiten.

De hoopwolk of stapelwolk vertoont zich het



Laagwolken.

schoonst en duidelijkst in den zomer. Hare gedaante behoeven wij nauwelijks te beschrijven; het zijn die meestal schitterend witte, of stroogele wolkenballen



Regenwolken.

van den morgen- en avondhemel, die zich zoo scherp tegen de lucht vertoonen, en eenzaam voortzweven, of wel zich tot groote groepen verzamelen. In dit ge-

val, als zij zich tevens aan den gezichteinder als op de aarde steunende vertoonen, vormen zij den overgang tot de volgende gedaante.

De laagwolk begrenst meestal den horizon als een meer of min rechte band, en is, omdat zij minder door de zonnestrallen doordrongen wordt, meestal grauw doch somtijds ook schitterend wit van kleur.

De vederhoopwolken zijn ons onder den naam van schaapswolken of schaapjes bekerd. Eigenlijk zijn het kleine hoopwolken die tot losse groepen, dikwijls met bijzondere regelmatigheid en in grooten getale zoo gerangschikt zijn, zoodat somtijds de hemel er geheel door bedekt is.

Tot eene regenwolk wordt elke wolk als zij zich in regen oplost. Daarbij wordt de geheele hemel, vooral als de regenwolk in ons zenith of schedelpunt, en niet hoog staat, met een grijze tint gekleurd, of wel, men kan nog eenigen tijd lang de afzonderlijke wolken die tot een *nimbus* samenvloeien, onderscheiden. Meestal ontstaat de regenwolk uit de hooplaagwolk, waaruit blijkt dat deze wolk de meeste geneigdheid heeft om het water, waaruit zij bestaat, te laten vallen.

Uit den vorm der wolken willen vele menschen het weêr voorspellen. De zoogenoemde weêrboomen of windboomen staan in dit opzicht in een slecht gerucht. Men geeft dien naam aan vederwolken die als boomen getakt en dun zijn, maar dikwijls eene groote uitgebreidheid verkrijgen, en dan vooral voor windbrengers doorgaan. Vederwolken zijn voornamelijk ook dan vrij zekere voorboden van een naderend regenachtig weder, als zij beginnen gevormd te worden na langdurige droogte, want zij zijn het begin der wolkvor-

ming, alzoo der beginnende verdichting van den waterdamp in de lucht, die ten laatste altijd met regen moet eindigen, als geen winden de wolken verjagen. Dikwijls echter lossen zulke vederwolken weder op, wat vooral dan het geval is als zij zeer hoog staan, en scherpe omtrekken hebben. Doch eveneens zijn ook vederwolken voorboden van warm; droog weder, als namelijk de zware hoopwolken zich in vederwolken oplossen, als zij als 't ware verscheurd worden en splijten.

De hoopwolken zijn in 't algemeen een voorteeken van aanhoudend droog weder als zij bij het toenemen van de warmte van den dag ontstaan, scherp afgeteekend zijn, eene witte kleur hebben, en volkomen weder oplossen, om na korten tijd in gebergten en boven bosschen weder te verschijnen. Als zij integendeel na den middag zich opstapelen en grooter worden, eene donkere kleur krijgen, en van onderen lagen vormen, dan heeft men waargenomen dat dit een voorteeken van regen, en in den zomer tevens een voorteeken van onweder is. De vervulling van die voorteekens hangt echter, gelijk bekend is, volkomen van den wind af, die niet zelden alle verwachting bedriegt.

Naar het morgen- en avondrood richten de weêrprofeten ook veelal hunne voorspellingen in. Zijn daarbij de als sluiers uitgespreide wolkenlagen dun en scherp geteekend, en glanzen zij in schitterend rood of oranje, dan beteekent het avondrood goed weder, terwijl het bij tegenovergestelde eigenschappen der wolken, en als daarbij de zon door een witten gloed omgeven is, op regenachtig weder wijst.

De hoogte waarop de wolken zweven, komt ons in 't algemeen grooter voor dan zij werkelijk is. In den

zomer zweven zij veelal hooger dan in den winter, omdat het dan warmer is, en de lucht derhalve ook hooger verwarmd wordt. Daarom drijven de wolken in ons klimaat ook hooger bij een zuidelijken dan bij een noordelijken wind, en in 't algemeen staan zij tusschen de keerkringen hooger dan meer naar de polen. De vederwolk schijnt zich het hoogst te verheffen, en de regenwolk het laagst te drijven. Von Humboldt zag vederwolken hoog boven zich, toen hij op den top van den Chimborazo stond. De sneeuw die op de meer dan 8000 meter hooge bergen van Tibet ligt, bewijst dat de wolken waaruit die sneeuw gevallen is, nog hooger moeten gestaan hebben. Regenwolken en laagwolken hangen dikwijls zeer laag, zelden hooger dan 2000 meter, en somtijds zelfs slechts tusschen de 300 en 600 meter.

Waardoor blijven de wolken in de lucht hangen, waarom vallen niet alle wolken als nevels op de aarde neder? Als men ziet dat een wolk zich oplost in nevel, en duizende liters water uitstort op den aardbodem, moet men zich verwonderen dat zulk een groot gewicht van water zwevende in de lucht kan blijven. De oorzaak daarvan is eenvoudig gelegen in de groote deelbaarheid van het water. Het is door metingen van Kaemtz en andere geleerden gebleken, dat de waterblaasjes waaruit de wolken bestaan, een diameter hebben van hoogstens twee honderdsten van een millimeter. Aan zich zelve overgelaten, vallen die blaasjes. De berekening toont aan dat zij langer dan een half uur noodig hebben om twee kilometer te dalen in de atmosfeer, dat is dat de snelheid van hun val nog niet 1 meter in de sekonde is, en de waarneming heeft ge-



leerd dat zij dikwijls slechts 3 decimeter bedraagt. Maar gedurende den dag wordt de lucht steeds doorkruist door warme opstijgende luchtstroomen, die met een snelheid van verscheidene meters in de sekonde opstijgen. Daardoor zijn de wolken niet in staat om bij dag te dalen, ten minste als er geen buitengewone omstandigheden plaats hebben. Het is niet noodig te onderstellen dat de waterblaasjes van de wolken gevuld zijn met lucht die uitgezet en dus lichter is dan de omringende, alsof het kleine luchtballons waren. Evenwel, zegt Fresnel, moet de zonnearmte die door de wolk opgeslorpt wordt, medewerken om haar zwevende te doen blijven. Gedurende den nacht naderen de wolken den aardbodem. Nu weten wij dat de mate van zichtbaarheid van waterdamp afhangt van de temperatuur en van het punt van verzadiging. Daaruit volgt dat de wolken zich oplossen aan haar onderkant, naarmate zij dalen in een warmere lucht, en dikwijls ook aan haar bovenkant, als zij hooger rijzen onder de werking van de zon. Zij veranderen derhalve onophoudelijk van dikte, van vorm en zelfs van aard.

Vele streken der aarde verheugen zich, gelijk Egypte en de steppen en woestijnen van Azie en Afrika, bijna onafgebroken in een onbewolken hemel; terwijl in andere streken, b. v. aan den Rio-Negro in Zuid Amerika, op het eiland Chiloe, in sommige gedeelten van Ierland en van Engeland, even bestendig een wolkensluier den hemel bedekt. In den omtrek van de Middellandsche zee, nog veel meer in de landstreken tusschen de keerkringen, en vooral in die waarin halfjaarlijksche passaatwinden waaien, heerscht bestendige helderheid in de eene en bestendige betrok-

kenheid der lucht met vele regenbuien in de andere helft van het jaar, de zoogenoemde regentijd. In de meeste streken der aarde wisselen heldere en betrokkene lucht met elkander veelvuldig af; in zeker jaargetijde of in zekere maand is toch evenwel de eene of de andere toestand het meest gewoon.

Iedereen kent den vorm van de wolken die een langdurigen regen geven. De hemel is geheel bedekt met een ontzaglijk groot, grijs wolkenkleed, en de langaanhoudende regen valt uit horizontale wolkenlagen die nauwelijks van den algemeenen sombergrijzen achtergrond te onderscheiden zijn. Dagen en nachten volgen elkander op, en de hemel blijft bedekt met dat ondoorschijnende kleed waarin het licht van de herfstzon wordt opgeslorpt en als uitgebluscht. Dat zijn de regenwolken van het vasteland, die zich uitspreiden over groote landstreken, en zoo groot zijn dat wij haar omtrekken niet kunnen zien.

De wolken die een tijdelijken regen, een regenbui geven, vertoonen zich ook als horizontale lagen, maar zij zijn niet zoo uitgestrekt als de vorigen, zij steken schrill af tegen het blauw der lucht, dat slechts hier en daar verborgen wordt door hoopwolken. De regen komt uit die wolken, en bevochtigt velden en steden: hij vertoont zich als schuinsche grijze strepen tegen de bleeke lucht. Zulke wolken lossen zich veelal niet geheel op, maar drijven over, en storten weer op een andere plaats en een anderen tijd water uit op de aarde.

Zeer verschillend is de wolk die krot zal laten vallen. Zij strekt zich niet uit als een groot, horizontaal uitgespreid kleed, maar heeft een bepaalden vorm,

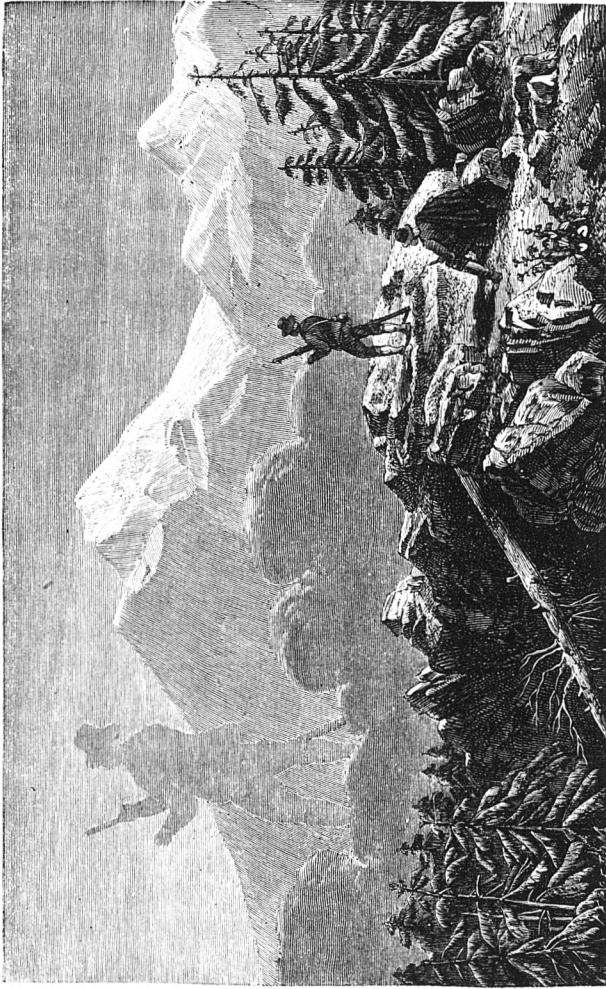


en vertoont zich niet zelden afzonderlijk in de blauwe lucht. Uit zulk een wolk valt de koude bevroren regen, het krot, de smeltende maartsche sneeuw die, door den wind gezweept, ons in het gezicht slaat.

De wolken die hagel geven, vertoonen ons een zonderlinge ophooping van deeltjes, alsof de aantrekkingskrachten vereenigde in dichte massa's van een ronde gedaante: haar uitzicht doet onwillekeurig denken aan een groote bloemkool. Zij zijn aschgrauw of geelachtig grijs van kleur, en verdonkeren de aarde onder zich. Zulk een ophooping van wolkendeelen ziet men ook bij sommige onweerswolken. Het onderste gedeelte van deze wolken is veelal laagvormig, en boven die soort van plaat verheffen zich ballen, pluimen, stapels, die gezamenlijk op groote hoopen wol gelijken. Evenwel zijn dit slechts typen, en veelal uitzonderingen: de kleur, de witheid of de donkerheid der wolken kunnen niet als vaste kenmerken beschouwd worden, want zij hangen af van haar betrekkelijken stand ten opzichte van de zon, en in zekere mate ook van dien van den waarnemer. Als wij een onweerswolk zien op een grooten afstand, en wij tusschen haar en de zon geplaatst zijn, zal zij ons wit toeschijnen. Als wij haar integendeel zien als zij boven ons hoofd zweeft, zien wij haar van onderen, de zon verlicht dien onderkant niet, en zij lijkt ons zwart van kleur.

Sneeuw wolken hebben niet zulk een bepaalde gedaante. Zij strekken zich veelal over een groote uitgestrektheid uit, en zijn niet zeer dicht. Het zonlicht dat door deze wolken dringt, geeft haar een geelachtige tint: zij zullen een wit lijkkleed uitspreiden over de aarde, en over alles wat er op is.

In sommige omstandigheden kan de schaduw van voorwerpen op aarde gezien worden op een wolk. Het spreekt van zelf dat dit niet anders kan gebeuren als ingeval de wolk laag genoeg drijft of het schaduwgevende voorwerp hoog genoeg geplaatst is om dat uitwissel te weeg te brengen. Derhalve zal het verschijnsel vooral op de bergen waargenomen kunnen worden. Werkelijk is dit ook niet zelden het geval, onder anderen op den Brocken, en wel zoo dikwijls, dat dit verschijnsel onder den naam van "het spook van den Brocken" bekend is. De beste beschrijving hiervan is gegeven door den heer Hane die het op den 25<sup>sten</sup> Mei 1797 waarnam, en die meer dan dertig maal den top van den Brocken heeft beklommen, om dat voorwerp van zijne nieuwsgierigheid te zien. Eens weer op dien bergtop staande, zag hij, terwijl het helder weer was, en de wind doorschijnende dampen naar het westen, naar de Achtermannshöhe, dreef, eene monsterachtig groote menschelijke gedaante in de lucht. Een windvlaag zou bijna den hoed van den heer Hane van zijn hoofd gewaaid hebben — hij sloeg er de hand aan, en de gedaante deed het zelfde. Terstond daarop bukte hij zich, en ook het spook bukte zich. Toen ging een ander persoon naast den heer Hane staan, maar beiden zagen nu niets, totdat er op eens twee reusachtige gedaanten boven de Achtermannshöhe in de lucht verschenen, die de zelfde bewegingen als de twee mannen maakten, en toen plotseling verdwenen. Soms waren die figuren flauw en onbepaald, maar op een ander oogenblik duidelijk en scherp van omtrek. De lezer heeft zeker wel begrepen dat dit verschijnsel door de schaduw der waarnemers op de wolken werd voortgebracht. Op blz. 21



Het spook van den Brocken.

ziet men eene afbeelding van het spook van den Broeken.

Doch behalve op de bergen kan men ook soms in ons land de schaduw van voorwerpen op de wolken zien, mits niet op wolken door de natuur voortgebracht, maar op wolken ontstaan door de industrie van den mensch. Als de zon aan den horizon is, kan men soms, als men langs een spoorweg gaat, de schaduwen der telegraafpalen zien verschijnen op de witte rook- en dampwolk die uit den schoorsteen van de locomotief komt. En niet zelden ook zien luchtreizigers het ver-groote beeld van den ballon op de wolken waar zij doorheen trekken. Al die verschijnselen zijn gelijk aan het spook van den Broeken.

Als men op een zeer hoogen berg staat, ziet men soms dat de schaduw van dien berg door de ondergaande zon op de wolken geworpen wordt. Bravais en Martins hebben dit verschijnsel op een hunner beklimmingen van den Mont-Blanc waargenomen: de eerstgenoemde geleerde verhaalt dit volgenderwijs:

“Toen de zon op het punt van onder te gaan was, zagen wij den anderen kant uit, en ontdekten niet zonder eenige verwondering de schaduw van den Mont-Blanc op de met sneeuw gevulde wolken in het oosten. Zij klom naarmate de zon daalde in de lucht op, en bleef zeer duidelijk zichtbaar. De hemel was boven dien bruinen schaduwkegel rooskleurig purper van kleur, en vooral op den rand van de schaduw zeer helder. Men verbeelde zich nu de bergen van het groote dal van Aoste, die ook op dit zelfde oogenblik hunne schaduwen op den hemel wierpen; de donkere, min of meer groenachtige partijen daar beneden, en boven elke schaduw den purperen hemel met den donkeren rooskleurigen rand

die de vormen der schaduwen afteekende; men voegde daarbij de scherpe omtrekken van de schaduwkegels, en men zal nog slechts een onvolledig denkbeeld hebben van de pracht van het natuurverschijnsel dat zich gedurende eenige oogenblikken aan ons vertoonde. Het was alsof een onzichtbaar wezen op een met vuur omzoomden troon zat, en engelen met schitterende vleugelen het knielende aanbaden. Op het zien van zooveel heerlijkheid en luister stonden wij en onze gidsen bewegingloos, en een kreet van bewondering ontsnapte onze borst. Ik heb het prachtige noorderlicht gezien met zijne kroon in het zenith en zijne doorschijnende wandelende zuilen, het noorderlicht waarbij onze fraaiste vuurwerken in het niet verdwijnen; maar het gezicht op den Mont-Blanc op dien avond was nog veel prachtiger."

Boven hebben wij gezegd dat de nevel en de wolken grootendeels uit kleine dampblaasjes bestaan. Dit is evenwel niet altijd het geval. Immers wij weten dat de hoogte der wolken zeer ongelijk is, en ook weten wij dat het hoog in de lucht zeer veel kouder is dan op de oppervlakte van de aarde. De temperatuur der luchtstreken waarin wolken drijven, kan verscheidene graden onder nul zijn, en het spreekt van zelf dat de wolken dan uit bevrorene waterdeeltjes bestaan, gelijk aan de fijne ijsnaaldjes die men 's winters, als het vinnig koud is, in den zonschijn ziet schitteren. Eene zeer belangrijke waarneming hieromtrent wordt door den heer Barral volgenderwijze verhaald: "Toen wij, mijn vriend de heer Bixio en ik, op den 27<sup>sten</sup> Juli 1850 het geluk hadden door middel van een luchtballon een weinig hooger te komen dan



de luchtlaag waarin Gay-Lussac in 1804 gekomen was, vonden wij tot onze verwondering, in een zeer bewoogene lucht en te midden van een groote wolk van ijsnaaldjes, met behulp van de gevoelige werktuigen van Regnault, een temperatuur van  $-39^{\circ}7$ , dat is de temperatuur waarop het kwik een vast lichaam wordt, terwijl Gay-Lussac daar in een kalme lucht en bij helderen hemel slechts  $-9^{\circ}5$  waargenomen had. Onze verwondering berustte echter slechts op eene onjuiste verklaring van vroeger waargenomene feiten. Men moet thans aannemen dat er in de hoogste streken van de atmosfeer die ooit door den mensch bereikt zijn, even groote veranderingen in de temperatuur der lucht plaats hebben als op de oppervlakte der aarde. En wat zeer opmerkelijk is, midden in den zomer kunnen wolken die meer dan vierduizend meter dik zijn en uit een oneindig getal van kleine ijsnaaldjes bestaan, over onze hoofden heen zweven met eene snelheid van ten minste vijftig mijlen in het uur. In de luchtstreken waar eene eeuwige stilte heerscht, en waar alle leven ophoudt, verdichten zich met de waterige deeltjes die uit de aarde en de wolken opgestegen zijn, ook de ontelbare stoffen die men de "onzuiverheden van den dampkring" heeft genoemd. Die stoffen vallen met den regen, den hagel en de sneeuw weer op de oppervlakte van onze planeet: daar verspreiden zij zich weder, en brengen aan de dorste rotsen de elementen die voor het leven der planten noodzakelijk zijn; de laatsten kunnen zich dus op bijna alle aardbreedten vermenigvuldigen, hoe de grond ook is waarin een zaadkorrel valt. De onderste luchtlagen die op de oppervlakte van de vaste korst van onze aarde en op de tweemaal grootere oppervlakte der

zee rusten, zetten zich uit door de warmte, na met verschillende stoffen beladen te zijn geworden, en stijgen op totdat de verkoeling die zij op groote hoogten ondergaan, haar weer naar beneden doet vallen. Een onafgebroken heen en weer gaan van stoffen heeft er plaats in die luchtlaag van zeven mijlen dikte, die wij hebben kunnen peilen. Regen en sneeuw vormen zich daar, en door de winden weggevoerd van de plaats die de eerste wolk had zien geboren worden, maken zij verafgelegene vlakten vruchtbaar, door haar te besproeien met water verzadigd van nieuwe lucht."

---

---

### III.

#### DE REGEN.

---

Boven hebben wij, sprekende over den nevel en de wolken, gezien dat zij veelal uit kleine waterblaasjes bestaan. Als de nevelblaasjes zoo groot worden dat zij met het bloote oog te zien zijn, hebben zij hun vorm van blaasjes verloren, en zijn zij kleine druppeltjes geworden, en dan noemt men dat verschijnsel stofregen, en ook wel motregen. Dit is de kleinste omvang van regendruppels, terwijl de grootste druppels bij een onweersbui in den zomer vallen. Hieruit blijkt dus reeds dat de grootte van de regendruppels zeer verschillend is. In 't algemeen zijn zij grooter in den zomer en in de warme streken der aarde dan in den winter en dichter bij de polen.

De regendruppels verschillen in grootte van 0001 meter tot 001 meter in diameter. Uit de wolken vallende dalen zij hoe langer hoe sneller, totdat de toenemende wederstand van de lucht gelijk wordt aan hun gewicht, en dan houden zij vol met eene gelijkmatige snelheid.

De snelheid staat dus in verhouding tot den omvang der druppels, zoodat regendruppels gedurende een onweer sneller naar beneden vallen dan anders, omdat zij grooter zijn. Een druppel van 0001 meter diameter valt met eene snelheid van 05 meter in de sekonde, terwijl een druppel van 001 meter met eene snelheid van 4,50 meter valt.

Wat zijn de oorzaken van het vallen van regen? In de eerste plaats vermindering van de warmte van een luchtlaag die met waterdamp vervuld is; ten tweede, vermindering van de luchtruimte, waarin zich waterdamp bevindt; en ten derde toevoer van waterdamp naar een luchtlaag die reeds van water verzadigd is. Laat ons deze drie punten even verklaren.

De vermindering of afneming van warmte kan door verschillende oorzaken gebeuren. De voornaamste is zeker de warmte-uitstraling van de wolken, hetzij dat de omringende lucht of dat de aarde die uitgestraalde warmte opneemt. Ook kan de warmte van een wolk afnemen door koude luchtstroomen die door haar heen gaan, en ook kan het zelfde gebeuren door dat er regen uit hooger zwevende wolken in een regenwolk valt. In al deze gevallen moet het afnemen der warmte ten gevolge hebben dat de waterdamp verdicht wordt, en als waterdruppels naar beneden valt; immers het is bekend dat het vermogen van den dampkring om water in dampvorm vast te houden steeds in een bepaalde verhouding staat tot zijn warmte.

De vermindering of verkleining van de ruimte in de lucht die den waterdamp bevat, moet een oorzaak van het vallen van regendruppels worden, omdat het vermogen van de lucht om water op te nemen en

vast te houden niet onbegrensd is, of, met andere woorden, omdat haar capaciteit voor water begrensd is. Als door het vermeerderde gewicht van bovenliggende luchtlagen een lager liggende luchtlaag die vocht bevat, samengedrukt wordt, en derhalve de ruimte vermindert, dan moet daardoor, als de temperatuur niet tegelijkertijd verhoogd wordt, de verhouding tusschen de ruimte en den waterdamp worden verbroken, en de laatste moet in druipend vloeibaren staat, als regen, neder-vallen.

Toevoer of vermeerdering van waterdamp in een luchtlaag die reeds met water vervuld is, geschiedt of door den wind of door het opstijgen van waterdamp uit de aarde, waardoor eindelijk die luchtlaag oververzadigd wordt, en haar water als regen moet laten vallen.

De waterdamp in de lucht is, gelijk algemeen bekend is, afkomstig uit de wateren der aarde, uit de oppervlakte van het land, uit de bewerktuigde wezens die de aarde bevolken, en uit andere bronnen. De warmte is de noodzakelijke voorwaarde voor het bestaan van waterdamp in de lucht.

De waterdamp die de dampkring bevat, is de oorzaak dat onze rivieren nooit droog worden, en onze bronnen nooit ophouden water te geven. Gedurende den herfst en den winter en in het vroege voorjaar van het noordelijke halfrond zendt de zon hare stralen met de grootste kracht neder op de zeeën van het zuidelijke halfrond, en daardoor wordt de lucht van het zuidelijke halfrond onophoudelijk van waterdamp voorzien. Ter zelfder tijd is de gemiddelde temperatuur van de geheele zuidelijke helft der aarde omstreeks  $10^{\circ}$  hooger dan die van de noordelijke. De warmte die door de uitdamping opge-



slorpt is, wordt met de vochtigheid door de bovenste luchtlagen naar onze luchtstreek gevoerd. Hier wordt de waterdamp tot wolken gevormd, verdicht, en valt naar beneden: de warmte die het water in den staat van damp hield, wordt vrij en voelbaar, en deze warmte is het die zoo veel bijdraagt om ons winterklimaat te verzachten. Bewolkt de lucht in den winter, dan wordt het warmer, en wij zeggen dat wij verandering van weer krijgen: het verdichtingsproces is reeds begonnen, ofschoon er nog geen sneeuw of regen valt. En zoo voelen wij hier dus zuidelijke warmte, opgezameld door de zonnestrallen uit de zee, door den wind voortgestuwd, opgesloten in de wolken, en vrij geworden in onzen noordelijken winter door de verdichting van den waterdamp.

De zuidelijke zeeën leveren ons dus water, terwijl onze dampkring het verdicht. Er moet derhalve meer regen op het noordelijke halfmond vallen dan op het zuidelijke. De rivieren bewijzen ook dat dit, ten minste op het land zoo is; want de helft van al het zoete water en bovendien alle groote rivieren en stroomen worden op het noordelijke halfmond gevonden.

Onder overigens gelijke omstandigheden verdampt er op aarde eene des te grootere hoeveelheid water hoe warmer het is. Van eene watervlakte verdampt, volgens eene menigte waarnemingen, in den loop van een jaar in de heetste streken der aarde eene waterlaag van bijna 3,15 meter hoogte in de schaduw, en van bijna 9,45 meter in den zonneschijn. Op middelbare breedten, b. v. op de onze, verdampt in een jaar 0,66 meter water in de schaduw en 1,80 meter in den zonneschijn. De verdamping is evenwel geenszins het sterkst uit watervlakten: uit den vochtigen aardbodem en uit poe-

len en moerassen met lage planten begroeid, is zij veel sterker. Uit eene weide verdampt driemaal zoo veel water als uit een meer. Dat is een gevolg van de oneindig grootere oppervlakte die door de blaadjes en steeltjes der planten gevormd wordt, zonder dat de zonneshijn wordt geweerd. De vochtigheid van den bodem zou derhalve in zulke weiden, poelen enz. geheel uitgeput worden, indien zij niet telkens door regenbuien en beken weder ruimschoots werd aangevuld. De bodem van een bosch droogt veel minder uit, niettegenstaande de groote verdamping van het loofdak, dan onbewasene vlakten, wijl hier, onder de schaduw der boomen op de koelere breedten, water uit de met waterdamp gevulde lucht wordt verdicht.

Bij gelijke warmte en onder overigens gelijke omstandigheden verdampt er des te meer water hoe armer de lucht aan waterdamp is, en hoe verder zij van den verzadigden toestand, aan hare warmte beantwoordende, verwijderd is. Wanneer de verdamping zeer sterk is, noemt men de lucht droog, en in het tegenovergestelde geval vochtig. Die uitdrukkingen zijn evenwel zeer ongepast, wijl de vochtigheid òf in de lichamen zelven en niet zoo zeer in de lucht is, en slechts door het ontbreken der verdamping merkbaar wordt, òf door de verdichting van het water en zijne afscheiding uit de lucht ontstaat. De zeer "vochtige" lucht van koude streken of in het koude jaargetijde kan veel armer aan waterdamp zijn dan de "drooge" lucht van warme streken of in den zomer. In de koude kan slechts een zeer waterarme lucht droog zijn, en in de warmte moet het gehalte aan waterdamp der lucht buitengewoon groot zijn, opdat de lucht vochtig schijne. Drooge lucht

moet vochtig worden, zoodra zij afgekoeld wordt, en eveneens wordt vochtige lucht droog, zoodra zij verwarmd wordt. De winden zijn uit dien hoofde van groot belang voor de vochtigheid der lucht, en ook voor de verdamping van het water of de verrijking der lucht met waterdamp aan den eenen kant, alsmede voor de verdichting en afscheiding aan den anderen kant. Winden die uit koude streken in warmeren overgaan, en alzoo meer en meer warm worden, mogen in hunne koude geboorteplaats met waterdamp verzadigd zijn geweest, zij zullen toch altijd droog zijn, wijl, met het toenemen der warmte, hunne geschiktheid om waterdamp op te nemen grooter wordt, en zij derhalve de verdamping begunstigen. Zulke winden daarentegen, die uit warme naar koudere streken waaien, kunnen, ook wanneer zij in hunne warme geboorteplaats nog bij lange na niet verzadigd waren, om de tegenovergestelde reden zeer vochtig schijnen, en zelfs hun water afscheiden, wanneer zij in koudere streken aankomen. Boven-dien voeren de winden de lucht weg, die zich boven eene dampende vlakte met waterdamp heeft verzadigd, vervangen haar door nieuwe, minder verzadigde lucht, en bevorderen zodoende de verdamping, die zonder den wind weldra een einde zou nemen. Doch ook voeren zij de lucht weg, die ten gevolge van afkoeling en de daardoor veroorzaakte afscheiding van water, haar gehalte aan waterdamp heeft verloren, vervangen haar door nieuwe, met waterdamp beladene luchtmassa's, en onderhouden zoo de afscheiding van water, die eveneens zonder den wind weldra een einde zou nemen.

Het gehalte aan waterdamp der lucht neemt toe en

af met de warmte. Van den opgang der zon tot den middag neemt het toe, om van den ondergang der zon tot tegen den morgen weder af te nemen. Zoo gebeurt het overal waar het zeeklimaat zijnen invloed doet gevoelen. In een landklimaat integendeel wordt de verwarming der lucht, nabij den bodem, tegen den middag zoo sterk, dat de waterdamp met groote snelheid opwaarts stijgt, zoodat het waterdampgehalte hier op de heetste uren van den dag een weinig afneemt, en eerst na den middag, als dat opstijgen ophoudt, weder toeneemt. Eveneens is het gemiddelde dagelijksche waterdampgehalte der lucht grooter in den zomer dan in den winter. In een zeeklimaat neemt het toe van den winter tot den zomer, om dan weder af te nemen van den zomer tot den winter. In een landklimaat heeft eene hoewel geringe vermindering plaats in het toemen van het waterdampgehalte in den zomer; waarna het weder toeneemt, totdat het in den herfst begint te dalen, om in den winter het laagst te zijn.

Boven een watervlakte is de lucht gewoonlijk met waterdamp verzadigd; doch boven zoet water in hoogerem graad dan boven de zee, wijl het zoute water minder tot verdamping genegen is dan het zoete. Boven landvlakten, ver van de zee, is het waterdampgehalte der lucht zeer gering. In de steppen van het zuidwesten van Siberie nam Von Humholdt in Augustus tegen den middag waar, dat de lucht slechts 16 honderdsten bevatte van hetgeen zij tot verzadiging behoeft. Misschien zal men in de woestijnen van Afrika eene nog kleinere hoeveelheid aantreffen. Van den evenaar tot de polen, en van de zeekust naar het binnenland neemt het waterdampgehalte in het algemeen af.

De massa water die uit de wolken op de aarde valt, is in de verschillende gedeelten der aarde zeer ongelijk, gelijk dat wel te verwachten is, naar het zoo zeer verschillende gehalte aan waterdamp der lucht. In elke streek is het mogelijk dat er water kan vallen. Bij groote wisselingen der warmte in het eene of andere gedeelte der lucht kunnen er zelfs in koude streken regendruppels, en in warme streken sneeuwvlokken vallen. In zulke gevallen, die zich ook soms bij ons vertoonen, regent of sneeuwt het dan, terwijl de hemel helder is.

De hoeveelheid van het nedervallende water is op zekere plaats in menig jaar zeer verschillend, doch door het bijeenrekken van geheele reeksen jaren ziet men dat het gemiddelde getal, de middenwaarde, nagenoeg gelijk blijft. In de warmste streken der aarde is wel het waterdampgehalte der lucht het grootst, maar daarmee kan de hoeveelheid van het vallende water niet in overeenstemming staan, wijl hier de warmtewisselingen veel te zeldzaam zijn. In de koude streken is het juist andersom, dáár is, wel is waar, armoede aan waterdamp, maar door de koude worden die dampen zeer spoedig verdicht, en vallen als water naar beneden. Op gematigde breedten vindt men de beide groote voorwaarden tot het vallen van water vereenigd: rijke hoeveelheden waterdamp en veelvuldige wisselingen der temperatuur. In het algemeen kan men evenwel stellen dat de gemiddelde hoeveelheid van het jaarlijks vallende water met het afnemen der breedte toeneemt. Het is op eene hoeveelheid te schatten die op den evenaar 1,85 meter, op de keerkringen 1,40 meter, op de 45<sup>ste</sup> breedtegraden 0,75 meter, op de poolkringen 0,40 meter, en nabij de



polen 0,25 meter hoogte zal bedragen. Maar de uitzonderingen zijn op elke breedte zeer groot.

Het spreekt van zelf dat eene plaats hoe hooger zij ligt, onder overigens gelijke omstandigheden, des te minder vallend water kan ontvangen. Elke waterdruppel en elke sneeuwvlok wordt onder het vallen grooter. Op een toren valt minder water dan aan den voet daarvan. Op gebergten moet het eveneens zijn, en dooreengenomen valt er op elke 30 meter hooger slechts drie vierde van de hoeveelheid water die gewoonlijk 30 meter lager valt. Terwijl dus door die verhouding de hoeveelheid water op plaatsen die op de zelfde breedte maar op eene verschillende hoogte liggen, zeer verschillende kan zijn, veroorzaakt het bergklimaat echter soms zulke groote warmtewisselingen, dat de uitkomst niet zelden juist eene tegenovergestelde is.

Op gelijke breedten is de hoeveelheid water natuurlijk in de nabijheid der kusten, vooral van zulke kusten waarop warme zeewinden waaien, veel grooter dan binnen in het land. Te Bergen aan de westkust van Noorwegen bedraagt de jaarlijksche waterhoogte 2,12 meter; te Stokholm daarentegen, hetwelk zuidelijker ligt, slechts weinig meer dan 0,52 meter.

Bijzondere winden hebben ook in dit opzicht een grooten invloed. Daarom verwondert het ons niet indien wij, in spijt van boven gemelde wet, in de nabijheid van den evenaar op de kust van Peru en op de guanoeilanden (Chinchi-eilanden) zoo goed als geen vallend water, alzoo eene jaarlijksche hoogte van 0, en te Maranhao aan de kust van Brazilië echter bijna 7,15 meter vinden.

Bijna geheel zonder vallend water zijn de zoogenoemde

streken zonder regen. In verschillende deelen der aarde valt in 't geheel geen regen. In de Oude wereld heeft dit geen plaats in de woestijn van Sahara in Afrika, en in een gedeelte van Arabie, Syrie en Perzie in Azie; voorts in de gewesten tusschen 30° en 50° noorderbreedte en 75° en 118° oosterlengte, omvattende Tibet, de woestijn Gobi en het land der Mongolen. In de Nieuwe wereld zijn de regenlooze districten veel kleiner, en beslaan slechts twee smalle strepen op de kust van Peru en Bolivia, en op die van Mexico en Guatemala; voorts een klein district tusschen Trinidad en Panama op de kust van Venezuela.

Niet slechts valt er in de verschillende jaargetijden eene zeer ongelijke hoeveelheid water, maar zij is ook verschillend naar de streken en in het algemeen naar de breedten. In de nabijheid van den evenaar regent het slechts in het warme jaargetijde, waarin het watergehalte der lucht zeer groot is, en de dampen zeer snel opstijgen. Boven koelt de lucht dan af, en er valt regen. Hier is dus de zomer het natte jaargetijde; maar deze streken hebben eigenlijk twee zomers, en dus ook twee regentijden.

Op lage gematigde breedten valt het meeste water in den winter. In Beneden Egypte, in de oostelijke gedeelten der Middellandsche zee, in Armenie en Koerdistan regent het in den zomer bijna nooit, doch in den winter regent of, in de laatstgenoemde landen, sneeuwt het sterk.

Op hooge gematigde breedten valt het meeste water in den herfst, hoewel in de lente niet veel minder. In het noorden van Europa valt de grootste hoeveelheid water in den winter, en op de westelijke kusten in

den herfst, terwijl de zomerregens in het binnenland de bovenhand hebben.

De Stille zee en de Indische zee mogen beschouwd worden als een enkelen waterplas die eene oppervlakte bedekt even groot als de helft der geheele aarde. De hoeveelheid regen die jaarlijks op de oppervlakte der aarde valt, bedraagt 744960 kubieke kilometer. Niet minder dan drie vierden van den damp die den regen vormt, komt uit deze waterwoestijn, maar onderstellende dat slechts de helft dier hoeveelheid regen in de zee viel, en dat minstens even veel weder als damp opgenomen werd, zou men 1020 kubieke kilometer verkrijgen als de hoeveelheid water die dagelijks op de eene plaats opgenomen, en op eene andere weder uitgegoten wordt over de oppervlakte der aarde.

Alle groote rivieren van Amerika, Europa en Azie worden gedeeltelijk door de atmosfeer weder opgenomen, en vloeien in onzichtbare stroomen door de lucht naar hare bronnen op de bergen terug, zoo vast en geregeld, dat de hoeveelheid die verplaatst wordt, of met andere woorden de hoeveelheid water die jaarlijks door elke rivier in zee gebracht wordt, zoo ver wij kunnen nagaan, altijd nagenoeg de zelfde is.

De regen is dus het nederslaan, het precipiteeren van den waterdamp waaruit de wolken bestaan, en opdat die damp geprecipiteerd worde, dat is druppels vorme, die door hun zwaarte vallen en regen verwekken, moet de toestand van de wolk gewijzigd worden door een uitwendige oorzaak. Die wijziging nu wordt vooral veroorzaakt door den invloed van wolken die hooger drijven dan de regenwolk, door wolken die uit ijsnaaldjes bestaan. Niet zelden zijn de wolken in een

toestand dat de geringste omstandigheid voldoende is om haar te schokken en te vernietigen. Vooral is dit het geval met zeer verzadigde hoopwolken: de geringste afkoeling verdicht haar en doet een min of meer belangrijk gedeelte van de dampblaasjes die de wolken vormen, als regen nederdalen.

De gewone voorwaarde voor het verschijnen van regen bestaat dus in de aanwezigheid van twee wolkenlagen boven elkander: de bovenste is de oorzaak dat de onderste zich in regen oplost. Dit is een feit 't welk iedereen gemakkelijk kan waarnemen als hij slechts een weinig oplettend is: Flammarion zegt dat hij sedert jaren den toestand van de lucht heeft waargenomen op het oogenblik waarop het begon te regenen, en dat hij nooit gezien heeft dat de genoemde toestand ontbrak.

Monck Mason heeft op zijn tochten in de lucht waargenomen dat, als het uit een geheel niet wolken bedekte lucht regent, er altijd een dergelijke wolkenlaag op zekere hoogte boven de onderste zweeft, en daarentegen dat als het niet regent ofschoon de lucht geheel betrokken is, er boven die wolkenlaag geen andere wolken drijven, maar de hemel daarboven geheel helder is, en de zonneshijn door geen wolk wordt onderschept.

De Saussure heeft dit zelfde feit reeds waargenomen bij zijn beklimming van den Mont-Blanc. Hatton heeft waargenomen dat als twee verzadigde of bijna verzadigde luchtmassa's, maar die ongelijk van temperatuur zijn, elkander ontmoeten, er waterdamp geprecipiteerd wordt. Rozet besloot uit een lange reeks van waarnemingen dat onweêrstormen en regenbuien beiden ontstaan door de ontmoeting van vederwolken met hoopwolken, dat is van bevroren waterdamp met waterdampblaasjes.

Kaentz en Martins nemen de zelfde theorie aan, en Renou voegt daarbij dat het water in temperatuur kan dalen zonder te bevriezen tot 15, 20, en 25 graden beneden nul, namelijk in den uiterst fijn verdeelden toestand waarin het nevel en wolken vormt, en dat de regen en de hagel te danken zijn aan het zich vermengen van bevrorene vederwolken met nog vloeibare hoopwolken.

Het zich verplaatsen van wolken speelt dus een zeer voorname rol in de oplossing van die massa's, in de mate en de verspreiding van den regen. Het is bekend dat de wind de groote oorzaak is van het zich verplaatsen van wolken, en daardoor wordt het verklaarbaar dat de zuidwestewind, die in ons land de heerschende wind is, ook tevens den regenwind is, omdat hij de wolken naar ons land voert, die gevormd zijn boven den grooten oceaan.

En zoo kunnen wij dus in de ontzaglijke verdamping van water die dagelijks op de oppervlakte van den oceaan plaats grijpt, de oorzaak zien van de wolken en van den regen. De passaatwinden die in de keerkringstreken over de oppervlakte der zee waaien, voeren dien waterdamp naar de keerkringstilten. Dáár gekomen, rijzen zij opwaarts, komen in koudere luchtlagen, en drijven vervolgens als wolken met vochtigheid beladen naar de gematigde luchtstreken. En daar dit opstijgen en verplaatsen van waterdamp onophoudelijk voortgaat, ontstaat er in de streken die men de keerkringstilten noemt, een onophoudelijke ophooping van wolken. Dit is de *cloud-ring* der Engelschen, de groote bron van regen voor de aarde.

De wolken uit dien wolkenring voortgekomen, storten haar water uit naarmate van haar voortgang, haar



hoogte, haar temperatuur, de min of meer dichte en min of meer koude wolken die boven haar drijven, de toevallige winden die zij ontmoeten, en andere invloeden. In 't algemeen genomen neemt, zooals wij boven zagen, de hoeveelheid regen af van den evenaar naar de polen, daar aan den eenen kant de uitdamping bijna geheel in de warme aardbreedten gebeurt, en aan den anderen kant de hoeveelheid waterdamp toeneemt met de warmtegraad. Zoo valt er, bij voorbeeld, meer dan twee meter regen in het jaar te Panama, terwijl er te Archangel slechts 20 centimeter regen valt.

Gelijk er, zooals wij zoo even gezien hebben, streken zijn waar het nooit of ten minste zeer zelden regent, zijn er anderen waar in tegendeel zeer veel regen valt. Het klimaat van de Chasiabergen die ten noordoosten van Calcutta liggen, en door het dal van den Burrampoeter gescheiden worden van den Himalaya, is opmerkelijk door de groote hoeveelheid regen die dáár valt. Een Engelschman, Yule, nam waar dat er in de maand Augustus 1841 op deze bergen ongeveer 7 meter regen viel, waarvan 4 meter binnen vijf achtereenvolgende dagen. Dit feit wordt door twee andere engelsche reizigers bevestigd, die 0,80 meter regen waarnamen in vier en twintig uren, en gedurende zeven maanden meer dan 16 meter. Men wil dat dit overmatig regenen een gevolg is van het plotselinge oprijzen der bergen die naar de golf van Bengalen gericht zijn, en van de groote moerassen die tusschen die bergen en de zee liggen. De omtrek waarbinnen deze buitengewone regen valt, is zeer begrensd; slechts enkele graden westelijker zegt men dat regen bijna onbekend is, en in den winter valt er niet meer dan 0,05 meter sneeuw.

Over het algemeen is het getal van regendagen in het jaar grooter aan de zeekusten dan in het binnenland, en neemt af naarmate wij verder landwaarts in gaan. Op de oostkust van Ierland regent het op 208 dagen in het jaar; in Nederland op 170; in Engeland, Frankrijk, het noorden van Duitschland en de golf van Finland op 152 tot 155 dagen; in Midden-Duitschland op 131; en in Polen op 158 dagen; terwijl het te Kasan op 90, en in het binnenland van Siberie slechts op 60 dagen in het jaar regent. In het westen van Europa regent het op tweemaal zooveel dagen als in het oosten van dat werelddeel, en in Ierland op driemaal zooveel dagen als in Italie en het zuiden van Spanje.

Eindelijk nog een korte opmerking over de snelheid waarmede de regendruppels vallen. Er is zeker niemand die, in een spoorwagen gezeten terwijl het regende, niet waargenomen heeft dat de regen zeer schuinslopende strepen vormt op het glas van het portier, als de trein met gewone snelheid voortgaat. Onderstellende dat de regendruppels rechtstandig vallen, wat in der daad zoo is als zij tamelijk zwaar zijn, en het niet hard waait, heeft het glas, doordat het verplaatst wordt, een uitwerksel dat gemakkelijk te begrijpen is. Een druppel die, bij voorbeeld, zich vertoont boven aan den voorsten rand van het glas, zal geen streep maken die parallel loopt met dien rand, maar wel een schuinsche, als een uitkomst van twee samenwerkende krachten, namelijk 1<sup>mo</sup> de snelheid van den druppel, en 2<sup>de</sup> die van den waggon. Als de druppel onbewegelijk was, zou zij een horizontale streep vormen op het glas. In de meeste gevallen echter loopt die streep van den

bovensten voorsten hoek van het glas naar den ondersten achterhoek, en derhalve schuins van boven naar beneden. De afstand tusschen deze beide hoeken stelt voor de snelheid van den regendruppel, en de horizontale rand van het glas die van den waggon. De verhouding van deze twee lijnen geeft die van de snelheden. Als de snelheid van den trein bekend is, kan de andere gemakkelijk bepaald worden. Door dit even eenvoudig als schrander middel heeft men bevonden dat de regen gemiddeld valt met een snelheid van 11 meter in de sekonde: een zeer geringe snelheid zeker als men bedenkt hoe hoog de wolk drijft waaruit de druppels voortkomen.

---

---

#### IV.

#### DE HAGEL.

---

Bij het bespreken van de wolken hebben wij gezien dat sommige hoogzwevende wolken niet uit waterblaasjes of uit druppeltjes water, maar uit kleine ijsnaaldjes of ijskristalletjes bestaan. Bij het spreken over den regen zagen wij dat hij als druppels uit de wolken valt. Nu kan het gebeuren dat een regenwolk zich bevindt boven een wolk die uit ijsdeeltjes bestaat. In dit geval vallen de regendruppels door die wolk heen, en dan bevriezen zij, en omhullen zich tevens met een menigte ijsnaaldjes die zij in het vallen treffen. Komen zij op aarde, dan gelijken zulke regendruppels wel een weinig op hagel, en ook wel op sneeuw. Eigenlijk zijn het geen van beiden, het zijn sneeuwwitte ronde hoopjes zoo groot als erwten, 't zijn samengebalde sneeuwvlokken, die in ons klimaat meestal in Maart en April vallen. Krot is de naam dien men in Friesland aan dit verschijnsel geeft: hoe het in het overige van ons land heet, is mij onbekend. In Duitschland heet men het *Graupeln*. Krot nu is een wijziging van grot,

grut, gort, en gort noemt men gerst die gepeld is; en ook in de streken van Duitschland waar men de gepelde gerst *Graupen* heet, noemt men het krot *Graupeln*. In Frankrijk noemt men het krot *grésil*.

Doch het gebeurt niet dikwijls dat de vallende re-gendruppels een wolk van ijsnaaldjes doortrekken, meestal vallen zij door een luchtlaag welke warmte hooger is dan het vriespunt, en dan ontstaat er geen krot. Vallen zij evenwel door een luchtlaag welke temperatuur beneden het vriespunt is, dan spreekt het van zelf dat zij moeten bevriezen, en zich van buiten met een ijskorst moeten bedekken. Door het bevriezen verlaten de gassen het water, en verzamelen zich in het binnenste van den waterdruppel die nu met een ijskorst is omringd. Die ijskorst bestaat uit kristalletjes die naar binnen wassen of in grootte toenemen, en zoodoende zeszijdige naaldjes vormen, die allen naar het middenpunt van den druppel zijn gericht. Bevriest nu eindelijk ook het binnenste van den waterdruppel, dan wordt het daarin verzamelde gas vrij; het wordt uitgezet door de warmte die in de ijskorrel ontwikkeld wordt, ten gevolge van den overgang van het water uit den vloeibaren in den vasten toestand; daardoor barst het ijskogeltje veelal in stukken, en de brokken vallen als hagelkorrels op aarde neder.

De hagel bestaat dus uit echt ijs, uit brokjes ijs die meestal zeer onregelmatig van gedaante zijn, met stompe hoeken of scherpe kanten, en zelden rond of eivormig. Niet zelden evenwel komen de hagelkorrels niet op aarde aan in den vorm waarin zij hoog in de lucht zijn ontstaan. Het gebeurt niet zelden dat de hagel door zwaargeladene regenwolken heen valt, die zoo koud



zijn dat hun temperatuur bijna op het vriespunt staat. In dit geval doen de vallende ijsbrokjes het water van de wolk bevriezen, het hecht zich rondom die brokjes, vormt er dus een korst van nieuw ijs omheen, en zoodoende krijgen de hagelkorrels soms een zeer aanzienlijke grootte. Tevens geeft dit een verklaring van het feit dat men niet zelden hagelkorrels vindt, die als men haar doorsnijdt, duidelijk blijken uit concentrische lagen te bestaan, op de wijze van een ui. Zoodoende ontstaan er soms hagelsteenen zoo groot als een noot of als een ei, en die zwaar genoeg zijn om groote verwoestingen aan te richten als zij op breekbare voorwerpen vallen, zooals de bladeren van planten, glasramen enz. Komt een zoo gevormde hagelkorrel eindelijk in de onderste warmere luchtlagen aan, dan moet er ook dáár weer water op haar afgezet worden, en tot ijs veranderen zoolang namelijk haar temperatuur onder nul is. En op deze wijze is het gemakkelijk te verklaren, waarom er in warme landen en bij ons in den zomer zulke groote hagelkorrels vallen, als in koude landen en bij ons in den winter nooit gezien worden, en ook kan het ons verklaren waarom er in zeer noordelijke streken in 't geheel geen hagel wordt gevormd. Aan den evenaar stijgt de sneeuwrens, en daarmede ook de eerste voorwaarde tot hagelvorming, tot eene hoogte van 5000 meter boven de zee. Bij zoo geringe luchtdrukking, gevoegd bij de hoogte van den val en het watergehalte der atmosfeer, vindt de hagel dáár natuurlijk de beste gelegenheid tot eene krachtige vorming. In het noorden of op hooge bergen wordt men somtijds nog slechts daar door den hagel herinnerd, dat er waterdruppels uit de lucht vallen, die alle voorwerpen waarop zij vallen



oogenblikkelijk met eene glazige ijskorst overdekken, waarbij echter ook wel kleine stukken ijs, die in de lucht plotseling verhard zijn, mede naar beneden storten.

De grootte der hagelkorrels is zeer verschillend. De gewone grootte is in ons land die van kleine erwten, soms echter van hazelnoten: in 't algemeen kan men zeggen dat zij van 3 tot 8 gram wegen.

Volta verhaalt dat hij eens in een nacht van Augustus 1707, gedurende een onweer dat boven de stad Como losbarste, verscheidene hagelsteen verzamelde, die elk 280 gram wogen. Darwin zegt dat gedurende een onweer in de pampas van Zuid Amerika vele groote zoogdieren door zulke groote ijsbrokken werden gedood.

Parent zegt dat er op den 15<sup>den</sup> Mei 1703 in La Perche hagelkorrels gevallen zijn zoo groot als een vuist, en die van 300 tot 400 gram wogen.

Gedurende een hagelbui op den 5<sup>den</sup> October 1831 vielen er te Constantinopel massa's ijs uit de lucht, die 500 gram wogen.

Op den 15<sup>den</sup> Juni 1829 hagelde het zoo sterk te Cazorta in Spanje dat de hagelkorrels door de daken der huizen heendrongen: er waren er bij die 2 kilogram wogen!

In 't algemeen is het zelden dat het bij nacht hagelt. De meeste hagel valt, om de boven opgesomde redenen, gedurende de warmste uren van den dag, en in den zomer.

Hoe hoog drijven de wolken die hagel zullen laten vallen, en dus van welke hoogte vallen de hagelkorrels? Saussure zag hagel vallen op den Géant, op een hoogte van 3428 meter; Balmat op den top van den Mont-blanc; en Paccard vond hagelkorrels onder de sneeuw die op dien bergtop ligt. Hagelwolken zijn nooit zeer

uitgestrekt. Door den wind voortgedreven zweven zij over een smalle landstreek die veelal geen kilometer breed is, en zelden langer dan 40 kilometer.

De wolken die hagel bevatten, hebben het voorkomen alsof zij zeer dik zijn, en onderscheiden zich veelal van de andere wolken door een gele kleur, door zeer ingesnedene randen, en door dat men er soms kringsgewijze bewegingen in waarneemt. De hagel valt in 't algemeen voor den onweersregen, en vergezelt hem soms, maar valt bijna nooit daarna.

Sommige plaatsen worden, zoo 't schijnt, bij voorkeur door den hagel getroffen. Het hagelt zeer veel aan den ingang van de diepe dalen der Alpen, op de heuvels die deze bergen van de vlakke scheiden. De omstreken van Borgofranco, bij het dal van Aosta, worden bijna alle jaren door den hagel verwoest. Te Clermont, aan den voet van den Puy-de-Dôme, hagelt het zeer dikwijls, terwijl men op de hoogten die daarvan slechts een halve mijl gelegen zijn, slechts een enkele hagelbui in den tijd van drie en twintig jaren heeft waargenomen.

Soms vallen er hagelbuien die de oogst van een geheele landstreek vernielen. Vooral de tabaksvelden in Utrecht en Gelderland lijden niet zelden veel door den hagel. Een van de hevigste hagelbuien waarvan de geschiedenis spreekt, viel op den 3den Augustus 1813 in de omstreken van Angoulême in Frankrijk. De oogst was op het punt om binnen gehaald te worden; het was schoon weer, en de wind was noord tot 3 uur 's namiddags. Toen werd hij plotseling zuid, en de lucht werd met wolken bedekt. Tot 5 uur woei het vrij hard, maar toen werd het stil. In de verte hoorde men den donder

rommelen, maar weldra werden de donderslagen harder en dichter bij, en een dikke duisternis verving den dag. Te 6 uur viel er een vreeselijke hagelbui: de korrels waren zoo groot als eieren. Verscheidene menschen werden ernstig gekwetst door de vallende ijsbrokken, en een kind werd daardoor gedood. Den volgenden dag zag de geheele omtrek er uit als midden in den winter; de hagel lag in de dalen en op de velden tot een hoogte van 8 tot 20 centimeter; de boomen waren volkomen van hun bladeren beroofd; de wijngaarden waren als plat getrapt; het koorn was verdwenen; en het vee, vooral de schapen en varkens die geen schuilplaats hadden kunnen vinden, waren gekwetst. Al het wild was gedood; zelfs vond men jonge wolven die door den hagel waren gedood. Vijf jaar later voelde men nog de gevolgen van die ramp: de wijngaarden vooral hadden zoo geleden dat een groot gedeelte der wijnstokken uitgeroeid moest worden.

---

---

V.

DE SNEEUW.

---

Zoodra de temperatuur in een wolk op het vriespunt of daar onder komt, moet het water of de waterdamp waaruit zij bestaat, bevrozen. Er vormen zich dan geen druppels, maar kristalletjes. Die kristalletjes hechten zich aan en op elkander, en zoo ontstaan de hoopjes kleine waterkristalletjes die wij sneeuwvlokken noemen.

In 't algemeen sneeuwt het slechts in den winter, op zeer hooge plaatsen, en in den omtrek van de polen. Desniettemin is het toch gewoonlijk niet fel koud als het sneeuwt, en dit is gemakkelijk te verklaren, daar wij weten dat er in koude lucht minder waterdamp aanwezig kan zijn dan in warme. Als het sneeuwt terwijl het erg koud is, wordt zulks waarschijnlijk veroorzaakt door dat een warme en vochtige luchtstroom vloeit in een kouder gedeelte van de lucht, zoodat zijn waterdamp tot sneeuw wordt. Ook omgekeerd, als een koude luchtstroom komt in een warme, kan er sneeuw ontstaan. Dit is zelfs wel eens in vertrekken waarge-

nomen. Prof. Dove van Berlijn verhaalt dat bij zekere gelegenheid een groot gezelschap verzameld was in eene balzaal in Zweden. Het was een van die kille heldere nachten, die in dat land zoo karakteristiek "ijzeren nachten" geheeten worden. De warmte in de balzaal was zoo groot dat eenige dames flauw vielen. Een officier trachtte een raam te openen, doch het zat vast gevrozen aan de vensterbank. Als een laatste middel sloeg hij een ruit aan stukken, de koude lucht stroomde naar binnen, en het sneeuwde in de zaal. De warme lucht in de zaal had zooveel vochtigheid opgenomen, dat zij die niet meer kon vasthouden toen zij met de koude lucht van buiten werd vermengd. De damp werd eerst verdicht, en bevroor toen tot sneeuwvlokken.

Meestal is de temperatuur als het sneeuwt een paar graden beneden nul. Als het kouder is, zijn de ijskristallen veelal klein, meer afzonderlijk en onvolkomen gevormd, terwijl een sneeuwbus bij een temperatuur van een of meer graden boven nul, groote, schielijk smeltende sneeuwvlokken oplevert.

Sneeuwvlokken zijn niet zelden zeer fraaie en regelmatige ophoopingingen van kristallen. Scoresby, een walvischvanger die op zijn vele tochten naar het noorden een menigte zeer belangrijke waarnemingen betreffende ijs en water, wind en golven, lichtverschijnsels, enz. gedaan heeft, verdeelt de vormen der sneeuwvlokken in vijf hoofdgroepen: 1. dunne blaadjes; 2. vlakke of kogelvormige kernen met vertakte kanten; 3. fijne naaldjes of zeszijdige prisma's; 4. zeszijdige pyramiden; en 5. naaldjes waarvan het eene of beide uiteinden gestoken zijn in het middenpunt van een dun blaadje. De fraaiste sneeuwvlokken behooren tot de eerste groep. Het zijn



de sierlijke sterretjes die bij vriezend weêr vallen , en vooral duidelijk te zien zijn als zij op zwart fluweel worden op gevangen. Kepler sprak reeds met bewondering over de fraaie vormen der sneeuwvlokken , en sedert zijn tijd zijn de sneeuwkrystallen herhaalde malen beschreven en afgebeeld. Tyndall zegt het volgende over deze kristallen : “De sneeuwvlokken die in een stille lucht ontstaan , worden naar het zelfde type gevormd : de moleculen schikken zich zoodanig dat zij zeshoekige sterren vormen. Uit een kern verspreiden zich zes naaldjes , vormende twee aan twee hoeken van 60 graden. Van deze centrale naaldjes verspreiden zich links en rechts weer andere kleinere naaldjes , die ook weer getrouwelijk hun hoek van 60 graden vormen. Deze bloemen met zes blaadjes vertoonen de meest verschillende en heerlijkste vormen ; zij zijn als uit het fijnste gaas gevormd , en aan alle hoeken en punten ziet men soms mikroskopische sterretjes vastgehecht. De eene schoonheid stapelt zich op de andere , alsof de natuur , eenmaal aan het werk , er plezier in vond zelfs in den kleinsten werkkring de almacht van hare hulpbronnen te toonen.”

Een sneeuwbus geeft veel minder water dan een matige regenbus. Schübler beweert dat 14 kubiek centimeter sneeuw gemiddeld 1 kubiek centimeter water geven. Daardoor is het te verklaren dat zelfs een sneeuwlaag van een meter hoog bij het ontdooien niet zo veel water geeft , dat daardoor het water van een rivier of beek merkbaar hooger wordt.

In de vlakten van de gematigde aardstreken valt zelden een zeer dikke laag sneeuw. Om veel sneeuw te zien , moet men naar bergachtige streken gaan , bij voorbeeld naar de dalen van het Ertsgebergte en andere hooge stre-

ken van Duitschland, maar vooral naar de hoogste gedeelten der Alpen. Het is geene overdrijving als men zegt dat in het gebergte tusschen Saksen en Bohemen menigmaal het winterpad langs een schoorsteen loopt, die door een diep in de sneeuw begraven huis, als een teeken van zijn aanwezen, opgestoken wordt. Om de massa's sneeuw der Alpen te zien, moet men dezen niet in Augustus bezoeken, als de sneeuw door zonnearmte en lauinenval tot de geringste hoeveelheid terug gebracht is: men moet er in den winter heen gaan. Men begrijpt dan eenigszins hoe, volgens beschrijvingen en de plaatselijke aanwijzingen van den gids, een onmetelijke hoeveelheid sneeuw tot in April de hoogten en laagten der Alpen bedekt, en dikwijls volkomen ontoegankelijk maakt. Dan gaat, b. v. van den Grimsel naar het Haslidal daar beneden, het recht en steil afloopende pad over eene laag sneeuw zoo hoog als een huis, die den rotsgang opvult, welke door de Aar bochtig en diep is uitgewoeld; dan ruischt de slechts op weinige plaatsen zichtbare vloed, diep onder de voeten van den wandelaar, door onmetelijke sneeuwmassa's overwelfd.

Soms valt er over groote uitgestrektheden een ontzaglijke hoeveelheid sneeuw. Vooral was dit in het jaar 1850 in bijna geheel Europa het geval. De sneeuw viel tot 15 meter hoog op den berg St. Bernard, en om uit hun klooster te kunnen komen, waren de monniken genoodzaakt diepe loopgraven te graven in de sneeuw. Geheel Griekenland werd ter hoogte van 1 meter met sneeuw bedekt, wat bij menschen geheugen nooit gebeurd was. Er viel veel sneeuw in de straten van Napels en van Constantinopel, op Corsica, in de Ardennen, Luxemburg en vele andere plaatsen, zoodat de communicatie op vele plaatsen volkomen gestremd was,

en vele menschen den dood vonden in de sneeuw.

In het noorden, vooral in Siberie, zijn sneeuwstormen soms vreeselijke natuurverschijnsels, nog noodlotiger voor menschen en dieren dan de hevige koude van die streken. Die sneeuwstormen, zegt Von Humboldt, duren van een tot drie dagen; de lucht wordt verduisterd door de groote massa sneeuw die valt, of die door den stormwind van den grond wordt opgewaaid. In 1827 werden alle kudden van een horde van Kirghisen, tusschen den Oeral en de Wolga, door een sneeuwstorm voortgedreven naar Saraton. Bij die gelegenheid kwamen er om het leven 280 500 paarden, 30 400 runderen, 10 000 kameelen, en meer dan 1 000 000 schapen.

Zulke rampen, hoewel niet zoo verschrikkelijk, zijn toch ook in warmere streken niet onbekend. Op den 8ten Januari werd een karavaan die van Aumale naar Algiers trok, op de hoogten van Sak-Hamondi door een sneeuwstorm overvallen, waardoor de muildieren in de holle wegen en ravijnen ter zijde van den weg werden geworpen, en die den dood veroorzaakte van 14 menschen van de 44 die de karavaan vormden.

De sneeuw op de bergen, vooral op gemiddelde en lage aardbreedten, blijft veelal liggen totdat zij in sneeuw is en bergijs verandert. Als het stil weder is, dat is als 't niet hard waait terwijl het sneeuwt, hoopt in de bergten de sneeuw zich zelfs op sterk hellende vlakken in menigte op: zoodra echter eene windvlaag of een van boven afrollend steentje eene beweging verwekt, deelt deze zich aan de geheele massa mede, die nu als eene stuivende wolk naar beneden glijdt, en het dal opvult. Zulke naar beneden rollende sneeuwmassa's heeten lauienen. Valt de eerste sneeuw in half natten toestand,

waarin zij aan de hellingen vastkleeft en vastvriest, dan worden zulke verzamelingen van sneeuw nog veel gevaarlijker. Wanneer het dan begint te dooien, loopt het smeltwater onder de sneeuw bijeen, en maakt haar los van de steile helling. Plotseling begint de geheele massa te glijden: in het eerst langzaam, maar weldra al sneller en sneller. Zulke grondlauinen die door hun donderenden val geheele dalen doen beven, rijten rotsblokken van de hellingen, ja geheele puinhoopen die zij op hunnen weg aantreffen, met zich mede; zij ontwortelen boomen, niet slechts door er tegen aan te bonsen, maar ook door de lucht die zij door hun gewicht samenpersen, en waardoor zelfs huizen met hunne bewoners voort geslingerd worden. Waar de gesteldheid van het gebergte het ontstaan van lauinen eenmaal begunstigt, daar vertoonen zij zich van tijd tot tijd op de zelfde baan. Zulke banen heeten lauine wegen; zij zijn aan de bewoners van den berg bekend, en worden door hen vooral gevreesd ten tijde van het vallen der sneeuw en als de temperatuur afwisselt.

Wij zeiden boven dat er vooral aan de polen en op hooge bergen sneeuw valt. Dit is wel in 't algemeen waar, doch er bestaan hierop ook uitzonderingen. Zelfs in de nabijheid der polen bestaat het vallende water niet altijd uit sneeuw; somtijds regent het daar ook. Intusschen spreekt het van zelf dat regenbuien zelden moeten zijn op breedten, welker temperatuur zelfs in den gemiddelden stand ver onder het vriespunt staat. Even eens is ook de regen op hooge gebergten zelden, doch geheel zonder regen zijn ook zij niet. Met de toeneming der gemiddelde temperatuur neemt ook de regen ten opzichte van de sneeuw toe. In het oosten van Azie sneeuwt

het zelfs nog ten zuiden van den kreeftskeerkring; daarentegen is op de Atlantische zee reeds op  $42^{\circ}$  N. B. geen sneeuw bekend; en op de Stille Zuidzee trekt de grens van het vallen van sneeuw aan de westkust van Amerika zelfs tot den  $48^{\circ}$  N. B. terug. In de westelijke gedeelten van het noorden van Afrika is de sneeuw nog wel bekend; daarentegen loopt die grens tusschen Sicilie en Afrika reeds over de Middellandsche zee, en loopt vlak langs de zuidspits van Griekenland naar Klein Azie. Zelfs snijdt zij de Kaspische zee, welker zuidelijk gedeelte geen sneeuw meer kent, om daarna verder oostwaarts meer en meer den keerkring te naderen en dien zelfs over te trekken. Overigens kan het niet anders of het moet wel nu en dan eens sneeuwen in streken die veel dichter bij den evenaar zijn gelegen. Dit moet niet slechts op zeer hoog gelegene plaatsen geschieden, maar ook overal waar het door bijzondere omstandigheden en warmteveranderingen somtijds vriest.

Algemeen is het bekend dat de sneeuwlaag op de aarde de planten beschermt voor de vorst. Men heeft zelfs wel beweerd dat de sneeuw warmte aan de aarde gaf. Dit is zoo niet; wel is de sneeuw een slechte geleider van de warmte, en daardoor verliest de met sneeuw bedekte grond minder warmte dan een oppervlakte die van sneeuw ontbloot is. Boussingault bevond gedurende den winter van 1841—1842, dat een thermometer, op eene diepte van 1 decimeter in de sneeuw gedompeld, somtijds negen graden meer warmte dan aan de oppervlakte aanwees. Dr. Kane, de noordpoolreiziger, zegt dat de eerste sneeuw die in de poolstreken in Augustus en September op het gras, de heideplanten en wilgen valt, die planten opsluit als in een luchtruim dat geen warmte geleidt. Elke vol-



gende sneeuwlaag maakt het dek dichter, en vóór dat de eigenlijke winter begint, ligt er op de planten een licht kleed van twee tot drie meter dikte, waaronder zij in het leven kunnen blijven. Door regen, wind, stof en vorst worden de bovenste sneeuwlagen hoe langer hoe dichter, en in die zelfde mate geleiden zij de warmte ook des te minder.

---

---

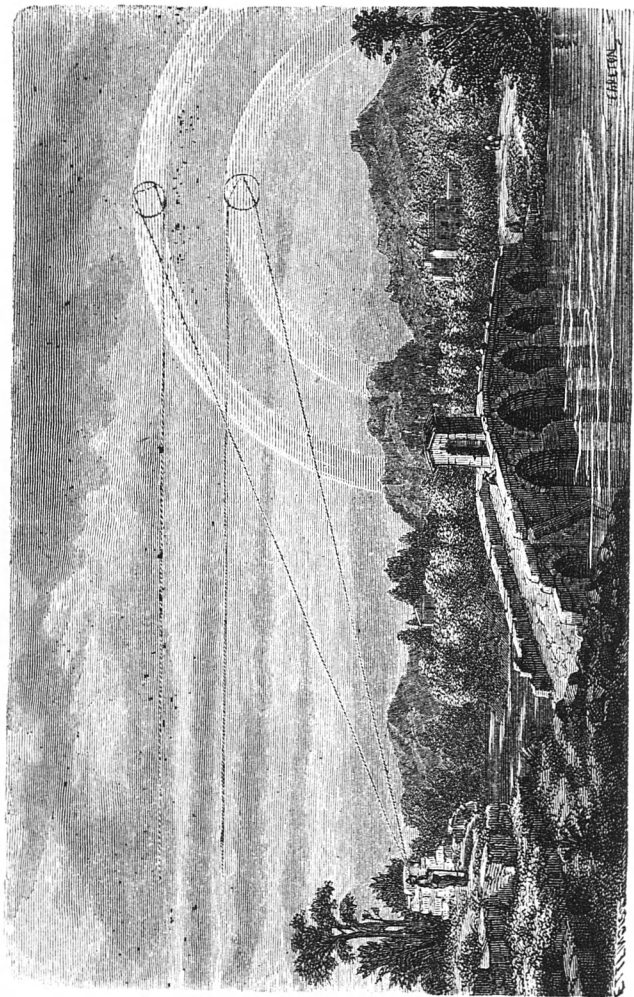
## VI.

### DE REGENBOOG.

---

Het water dat zich in de lucht bevindt, hetzij in den vorm van dampblaasjes, van regendruppels, of van kleine ijsnaaldjes, veroorzaakt soms zeer fraaie lichtverschijnselen. Een van de meest voorkomenden, en daardoor ook best bekenden, is het verschijnsel 't welk men den regenboog noemt. Een regenboog is zeker een van de schoonste kleurspelingen in de natuur, en heeft, zoolang er menschen zijn, indruk gemaakt op het gemoed van den mensch. Noach zag, volgens den Bijbel, in den regenboog het bewijs dat de toorn van Jehova voorbij was gegaan, en dat de wateren de aarde niet weer zouden bedekken. De Grieken zagen in den regenboog de aankondiging van een goede tijding voor de aarde: de godin Iris liet haar doorschijnenden gordel zweven op de wolken.

Maar al die fictiën verdwijnen voor de wetenschap, en de verklaring van dat schoone verschijnsel is thans een van de volkomenste gedeelten van de physische theorie van het licht. Het is aan Kepler, het groote, in vele



De regenboog.

richtingen zoo vruchtbare genie, dat wij de eerste ontdekking van de oorzaken van dat verschijnsel te danken hebben: hij spreekt daarover, hoewel zeer kort, in een brief die in 1605 geschreven werd. Newton bestudeerde die oorzaken met alle wiskunstige nauwkeurigheid, en sedert dien tijd is de regenboog voor niemand een raadsel meer.

Om een regenboog te zien, is het noodig dat men staat met den rug naar de zon gekeerd, en dat er waterdruppels vallen in het gedeelte van de lucht dat voor ons is. In 't algemeen vertoont de regenboog zich als een halfcirkelvormige band of boog aan den hemel, waarin men verschillende kleuren onderscheidt. Niet zelden evenwel ziet men twee boven elkander staande bogen te gelijk, met een vrij groote ruimte tusschen beiden: beider middenpunt echter beantwoordt aan het punt van den hemel waar de schaduw van het hoofd van den waarnemer geplaatst zou zijn, indien hij zichtbaar was. De onderste boog is evenwel meestentijds alleen zichtbaar, en vertoont ons zijne kleuren zoodanig gerangschikt dat het violet van binnen en het rood van buiten is, terwijl die orde omgekeerd is in den buitensten boog, die bovendien altijd veel flauwer is. Soms ziet men zelfs drie bogen tegelijk, maar dit is een zeer zeldzaam geval, en die derde boog vertoont dan zijne zeer flauwe kleuren in de zelfde orde als de eerste. Verder is het, om een regenboog te zien, noodzakelijk dat de zon niet te hoog boven den horizon staat, want zoodra de zon hooger staat dan 32 graden, is er geen volle boog zichtbaar, omdat de top van den boog zich dan te weinig boven den horizon verheft: vandaar dan ook dat gedurende zeker gedeelte van den dag nooit een regenboog gezien

kan worden. De grootte van den boog hangt dus van de hoogte van de zon aan den hemel af. De zon moet juist aan den horizon staan opdat een waarnemer, op de oppervlakte der aarde staande, een boog kan zien die een volkomenen halven cirkel beschrijft. Slechts op den top van een hoogen berg of in een luchtballon gezeten, kan men een regenboog zien die een volkomenen cirkel vormt.

Hoe ontstaat er een regenboog? Het antwoord op deze vraag is eenvoudig: ten gevolge van de *straalbreking* en *terugkaatsing* van het licht in waterdruppels. Het is bekend dat een lichtstraal van wit licht samengesteld is uit gekleurde stralen, en dat het prisma ons die onderscheidene gekleurde stralen vertoont, door dat het den lichtstraal in zijne verschillende gedeelten scheidt. Ook is het bekend dat het prisma het witte licht dus in zeven kleuren scheidt, of eigenlijk in drie: rood, blauw en geel, die zich met elkander vermengen, en dan oranje, groen, purper en violet voortbrengen. Doch ook door een ander middel als door een prisma kan men de verschillende kleuren van het licht scheiden en waarnemen. Nemen wij een met water gevulden glazen bol, en houden wij dien op zekere hoogte boven het oog in den zonneschijn, of beter nog, laat ons een kamer donker maken, en slechts een enkelen lichtstraal er in laten vallen, en hangen wij een met water gevulden glazen bol zóó op, dat die lichtstraal er op valt, dan zien wij het volgende: Als wij ons zóó plaatsen dat de lichtstraal die op dien bol valt, met de lijn die hem aan ons oog verbindt, een hoek van ongeveer 42 graden vormt, dan kunnen wij achtereenvolgens alle kleuren van het zonnenspectrum zien, beginnende met het rood, als wij onder-



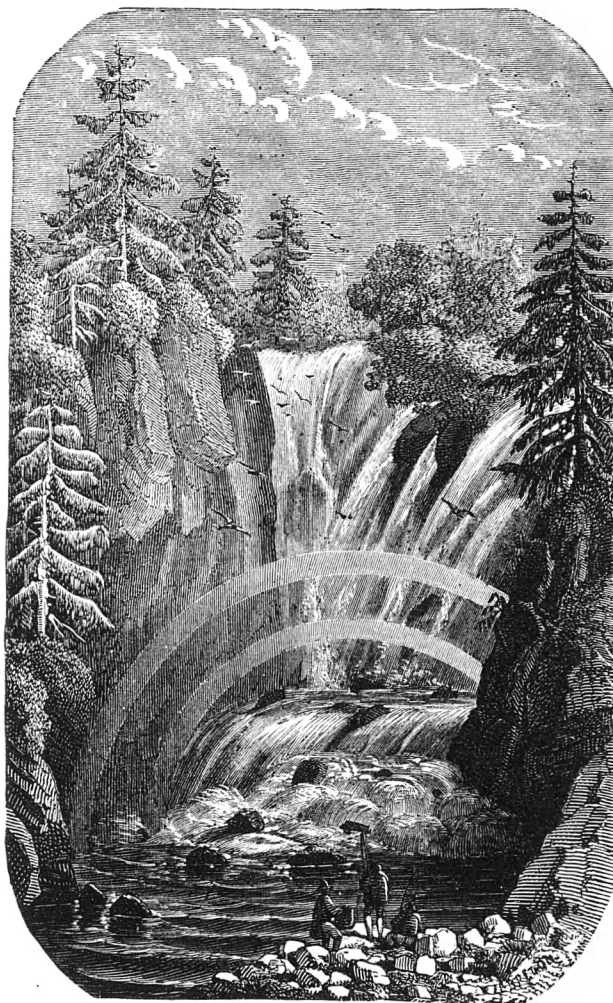
tusschen den bol langzaam laten zakken, onde wij hem opgehangen hebben aan een touw. katrol aan den zolder loopt. Als het water in of meer troebel is, kan men duidelijk den we lichtstraal door het water neemt, en blijk slechts eenmaal gebroken wordt. Als de h de beide lijnen gevormd wordt, een van 54 men den lichtstraal op het onderste gede bol laat vallen, ziet men ook de kleuren orde verschijnen, als men den bol langzame ophaalt. Zie het plaatje op blz. 57.

Verbeelden wij ons nu dat die met wate zen bol een waterdruppel is, dan is het ve den regenboog gemakkelijk te verklaren. licht in dien bol in zijne bestanddeelen gesc geschiedt dat ook in een druppel water. W regendruppels zijn in 't algemeen bolvormig sten volgen elkander gedurende een regenb zoo snel op, dat men onderstellen mag a wegelijk op één plaats bleven staan. De l in den regendruppel dringt, wordt gebre leed. In plaats van er in zijn geheel wee den, wordt hij gedeeltelijk gebroken op nenoppervlakte, op een punt tegenoverge punt waar hij er in getreden is; hij gaat wendige van den druppel heen, totdat hij oppervlakte ontmoet. Dáár heeft weer een de ding of ontleding plaats: een gedeelte van naar buiten, het andere gedeelte wordt te Door een wiskundige bewerking kan men a de regendruppels die een-, twee-, of drie stralen naar het oog van den waarnemer ku

WATERDRUPPEL.

n, onderstellende dat  
touw dat over een  
water in dien bol min  
den weg zien dien de  
n blijkt het dat hij  
s de hoek die door  
van 54 graden is, en  
de gedeelte van den  
leuren in de zelfde  
ngzamerhand hooger

t water gevulde gla-  
het verschijnsel van  
aren. Even als het  
en gescheiden wordt,  
er. Waterdruppels,  
vormig, en de laat-  
regenbui op elk punt  
mag alsof zij onbe-  
De lichtstraal die  
gebroken en ont-  
el weer uit te tre-  
n op de holle bin-  
overgesteld aan het  
ij gaat door het in-  
dat hij op nieuw de  
een dergelijke schei-  
e van het licht gaat  
ordt terug gekeerd.  
men aantonen dat  
driemaal gebogene  
ner kunnen zenden,

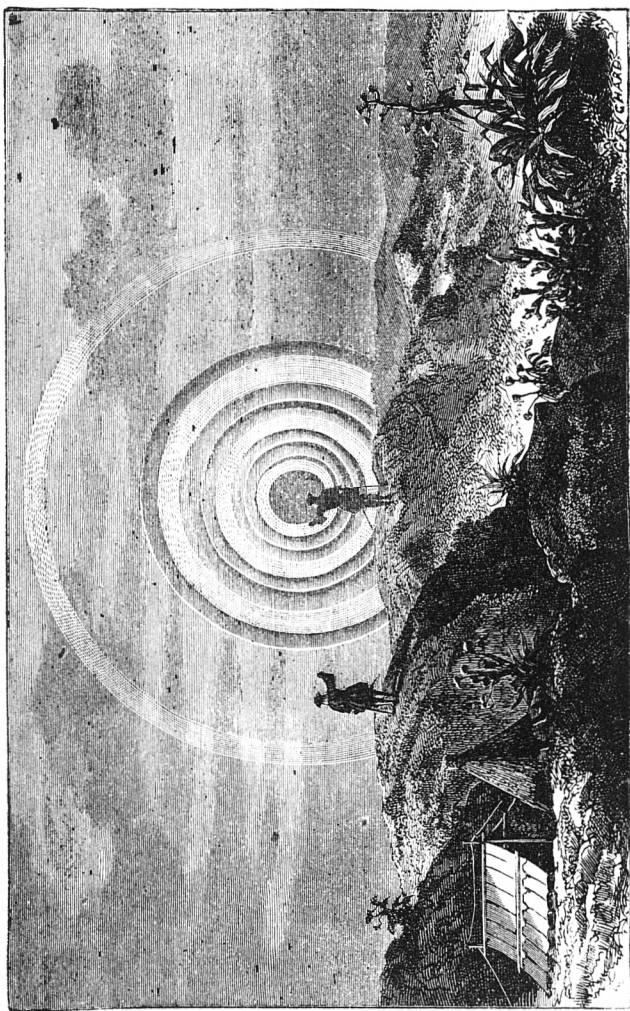


De lichtboog van een waterval.

zich op zekere hoogte bevinden, en gekleurde ringen vormen, die allen even breed zijn als de diameter van het zonbeeld. Bij een enkele terugkaatsing bevinden die ringen zich op een afstand van ongeveer 40 graden van het middenpunt, en die waarvan het licht tweemaal gereflecteerd is, zijn negen graden verder verwijderd. In elke groep zijn de verschillen ten gevolge van de verspreiding of dispersie van het licht zoo klein dat de gekleurde ringen elkander aanraken, en aanleiding geven tot de hetzij gewone, hetzij omgekeerde reeks van de kleuren van het spectrum.

Uit al het bovenstaande blijkt het dus dat de regenboog een volkomen plaatselijk verschijnsel is. Elke beschouwer ziet een anderen regenboog, geen twee menschen zien dus den zelfden. Als de regenwolk dicht bij is, zien twee waarnemers die op eenigen afstand van elkander geplaatst zijn, de uiteinden van hunne bogen op verschillende punten van den grond steunen. Dit valt vooral duidelijk in het oog als men zóó staat dat de regenboog gezien wordt tegen een daarachter zich bevindenden berg.

Het zijn evenwel niet altijd vallende regendruppels die ons een regenboog vertoonen. Als de zee ten gevolge van een storm zeer hol staat, en de zon het in de lucht stuivende water beschijnt, ziet men soms kleurige bogen daarop verschijnen. En niet in regendruppels en opspattend zeeschuim alleen ziet men dien kleurigen lichtboog, ook op het water van fonteinen die als een omgekeerden kegel van waterdamp springen, zooals de fontein in den Haarlemmerhout soms doet, in dauwdruppels op planten en spinnewebben, en vooral in het nedervallende water van watervallen ziet men somtijds prachtige lichtbogen. Als de zon opkomt, ziet



Kringen van Ullou.

men boven den afgrond waarin zich het water van den Reichenbach stort, een kroon van kleuren zweven, en groote kleurige bogen vertoonen zich op den waterdamp die altijd voor den waterval van den Niagara zweeft.

Het kan ook gebeuren dat de zonnestralen door de oppervlakte van een stillen waterspiegel terug gekeert en zoo op een wolk geworpen worden, en dat er ook daardoor een regenboog ontstaat. Het spreekt van zelf, en de berekening bewijst het ook, dat in dit geval de zoo gevormde boog den gewonen regenboog moet snijden op eene hoogte afhankelijk van den stand der zon. Als beide bogen dan tevens, wat soms gebeurt, elk een tweeden boog bij zich hebben, vormen die vier elkander doorkruisende bogen een prachtig schouwspel. Een geval waarin zij alle vier volkomen en zeer duidelijk zichtbaar waren, wordt door Monge vermeld. Halley heeft drie bogen waargenomen, waarvan de eene gevormd werd door de stralen die door een rivier terug gekeert werden. Deze boog sneed in het eerst den bovensten, en wel zóó dat hij hem in drie even groote gedeelten verdeelde. Naarmate de zon naar den horizon daalde, kwamen de punten van aanraking dichter bij elkander, en weldra was er nog slechts één zulk een punt, en daar de kleuren zich natuurlijk in beide bogen in omgekeerde orde vertoonden, vormde er zich een zuiver witte plek door het elkander bedekken van beide kleurenreeksen op dat punt. Als de zon vrij hoog boven den horizon staat, kan zij, door op een watervlak terug gekeert te worden, een volkomenen cirkel in de lucht veroorzaken, maar niet zelden ontbreekt het bovenste gedeelte, en dan heeft men het zonderlinge verschijnsel van een omgekeerden regenboog.



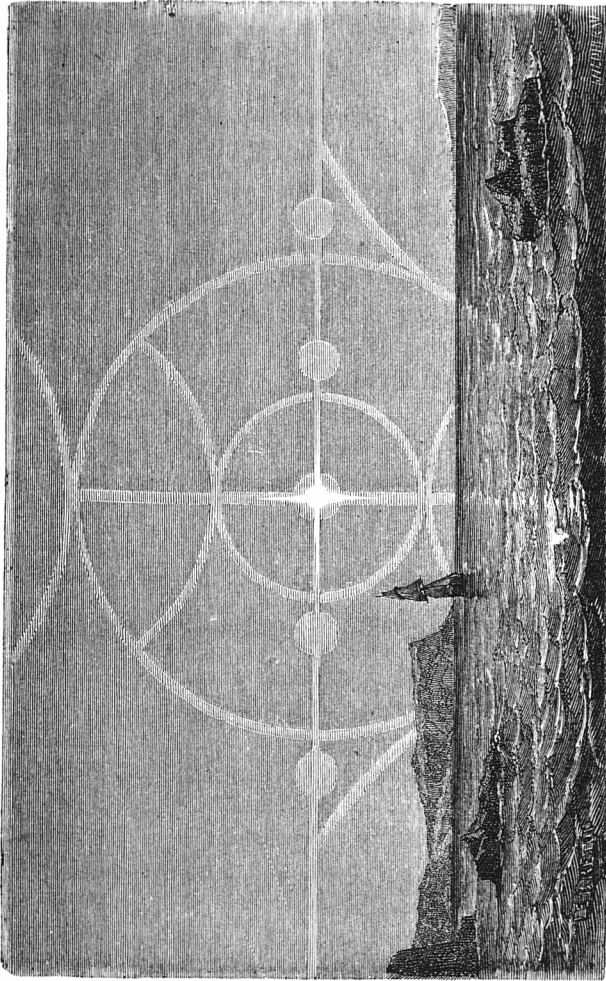
Boven spraken wij reeds meermalen over den tweeden regenboog die zich niet zelden op eenigen afstand boven den eersten vertoont. Zulk een tweeden regenboog noemt men den *secondairen boog*, in onderscheiding van een ander lichtverschijnsel dat men den *supplementairen boog* noemt, en dat zich vertoont als de eerste regenboog zeer helder is. Supplementaire bogen noemt men de gekleurde bogen die geplaatst zijn binnen den eersten en buiten den tweeden of secondairen boog. Na het violet onderscheidt men hierin het rood, dan het groen, en daarna weder het violet. Zelfs kunnen die kleuren zich onderscheidene malen in de zelfde orde herhalen. Het is bij het toppunt van de bogen, en slechts als zij zeer hoog zijn, dat dit verschijnsel zich vertoont. Men verklaart het door de wetten van de gezichtsleer in verband met de diffractie, dat is met de wijzigingen die het licht ondergaat door over de omtrekken der lichamen heen te gaan.

Ook het licht van de maan verwekt somtijds een regenboog, maar de geelachtige tint die over alle kleuren van den *maanregenboog* verspreid is, steekt zeer af bij de helderheid van de kleuren van een *zonregenboog*. Bij een *maanregenboog* ziet men nauwelijks het onderscheid in de kleuren van het prisma, en nooit ziet men den tweeden boog.

Behalve zon- en maanregenbogen kent men ook verschijnsels die men *mistregenbogen* zou kunnen noemen, omdat zij niet in regendruppels maar in de kleine waterblaasjes van een nevel of mist worden gevormd. De groote witte kring door Ulloa en Bouguer gedurende hun verblijf op den Pichincha waargenomen, was zulk een witte regenboog of kring van Ulloa, zooals men dat

verschijnsel geheeten heeft. Zulk een boog heeft de grootte van een gewonen regenboog; men ziet hem slechts op zeer hooge plaatsen, zooals op de toppen van hooge bergen. Terwijl zulk een witte regenboog te zien is, vormen er zich niet zelden tevens kleurige kringen om de schaduwbeelden heen, die op den mist geworpen worden. Wij willen thans hooren hoe Ulloa het beschrijft.

Hij bevond zich, zegt hij, bij het opgaan van de zon met zes reisgezellen op den Panbamarea. De top van den berg was geheel met dikke wolken bedekt; de zon deed, toen zij hooger kwam, die wolken verdwijnen, en weldra was er niets meer over dan een dunne damp die nauwelijks zichtbaar was. Plotseling bespeurde elk der reizigers aan den kant tegenovergesteld aan dien waar de zon opkwam, op een afstand van eenige meters van de plaats waar hij stond, zijn eigen afbeeldsel in de lucht, als op een spiegel. Dat beeld besloeg het middenpunt van drie regenbogen van verschillende kleuren, en was omringd op zekeren afstand door een vierden boog van slechts één kleur. De buitenste kleur van elken boog was scharlaken of rood, de daaraan volgende oranje, de derde geel, de vierde stroogeel, en de laatste groen. Al die bogen stonden perpendiculair op den horizon, zij bewogen zich, en volgden in alle richtingen den persoon wiens beeld zij als een aureool omringden. Zeer merkwaardig was het ook dat ofschoon de reizigers een enkele groep vormden, elk van hen het verschijnsel slechts ten opzichte van zich zelve zag, en bijna niet wilde gelooven dat alle anderen ook zulk een versiersel hadden. Hoe hooger de zon rees, des te grooter werden de bogen, maar ook des te flauwer hun kleuren; de omtrekken werden hoe langer hoe onduidelijker, en



Verschillende kringen enz. in de lucht.

eindelijk was het geheele verschijnsel verdwenen. In het eerst waren de bogen min of meer eirond geweest, maar op het laatst waren zij volkomen cirkelvormig.

---

Als er lichte wolken voorbij de zon en de maan trekken, ziet men niet zelden rondom die hemellichamen een of meer gekleurde kringen, die onder den naam van kroonen, kransen of kringen algemeen bekend zijn. Bij al die kringen onderscheidt men de kleuren van het prisma: het violet is van binnen, het rood van buiten. Zij staan altijd op gelijke afstanden van elkander af, maar die afstanden verschillen naar den toestand van de wolken en van den dampkring.

“Alle wolken, zegt Kaemtz, die niet zoo dik zijn dat het zonnelicht er niet doorheen kan gaan, derhalve de vederwolk, *cirrus*, en de vederlaagwolk, *cirro-stratus*, vertoonen sporen van gekleurde kringen, maar de helderheid der kleuren is niet altijd de zelfde. Ik heb die kringen nooit zoo schoon gezien als op den mist die zich gedurende den nacht in de dalen vormt, en midden op den dag naar de toppen der bergen opklimt. Als er zulke mistwolken tusschen mij en de zon door trokken, waren de kleuren zoo helder als ik zelden gezien had. Zij zijn niet minder schoon op de vederhoopwolken, *cirro-cumulus*, vooral als zij zich als kleine witte massa's vertoonen, waarvan de randen zoo flauw zijn dat men die nauwelijks tegen den hemel kan onderscheiden.”

Ook dit verschijnsel, deze kringen om de maan en de zon, zijn te verklaren door de diffractie van de lichtstralen op de waterdruppeltjes die wolken en mist vormen.

Dit verschijnsel kunnen wij door een zeer eenvoudige

proef nadoen, een proef die ons tevens iets zeer opmerkelijks leert. Men neemt een stukje glas, en strooit daarop een weinig zoogenoemd smetpoeder. Smetpoeder is het stuifmeel van het plantje dat wolfsklauw wordt geheeten. Dit zoo bestrooide glaasje bedekt men met een ander, en vervolgens houdt men alles tusschen het oog en een brandende lamp of een gasvlam, liefst met een ballon er om. Men ziet nu een krans van kleuren om het licht, volkomen gelijk aan den kleurenkrans dien men soms om de maan ziet. Een bewijs alzoo dat die krans om de maan ontstaat door de straalbreking in en op de kleine waterdruppeltjes die de lucht tusschen het oog van den beschouwer en de maan vervullen.

Wij zeiden zoo even dat deze eenvoudige proef ons iets zeer opmerkelijks leert. Indien men in plaats van smetpoeder een ander fijn stof, bij voorbeeld meel, of fijn krijt, of bloem van zwavel tusschen de glaasjes gestrooid had, zou men geen spoor van een gekleurden krans om het licht gewaar worden.

Mikroskopische onderzoekingen hebben geleerd dat de deeltjes waaruit meel, krijt enz. bestaan, niet allen even groot zijn, en dat integendeel alle smetpoederkorreltjes precies de zelfde grootte hebben. Hieruit volgt dus dat, om een krans om de maan te zien, het noodzakelijk is dat de dampblaasjes allen even groot zijn, en dat dit tevens de reden is waarom wij niet alle avonden, als de maan schijnt, een krans om dat hemellichaam zien, namelijk omdat meestal de dampblaasjes ongelijk van grootte zijn.

Behalve de boven besprokene kleurige luchtverschijnsels die allen in waterdruppels ontstaan, zijn er ook nog andere dergelijke verschijnsels die niet aan water-



druppels maar aan kleine ijskristalletjes die als een nevel of wolk in de lucht zweven, hun bestaan te danken hebben. Zulke uit kleine kristallen bestaande nevels mogen in ons land vrij zeldzaam zijn, in koudere aardstreken komen zij bijna dagelijks voor, en, zooals wij door luchtreizigers weten, bestaan zij bijna altijd in de hoogere luchtlagen, en vormen dáár de wolken die vederwolken, *cirrus*, geheeten worden.

Als een lichtstraal, door kleine waterdruppels heengaande, ons reeds zulke fraaie verschijnsels vertoont, kunnen wij vooruit wel nagaan dat, als hij door heldere kristallen met vele facetten gaat, hij ons niet minder schoone verbindingen van kleuren en wiskunstige figuren te bewonderen zal geven.

Halo is de naam dien men aan de gekleurde kringen om de zon en de maan geeft, die op bovengemelde wijze in ijskristalletjes gevormd worden. De kleurenreeks is in deze kringen gewoonlijk juist andersom als in den gewonen regenboog, dat is, het rood is van binnen. De halo's bevinden zich steeds op een standvastigen afstand van het gesternte, en die veel grooter is dan die waarop de boven besprokene kroonen zich vertoonen. Zoo heeft de binnenste halo 22 of 23 graden middenlijn, de tweede, gewoonlijk de buitenste geheeten, 46 graden, en de derde 99 graden. Brewster heeft het verschijnsel der halo's nagemaakt door een glas met aluinkristalletjes bestrooid, voor een lamp te houden. Om de wijze waarop de halo ontstaat wel te begrijpen, moet men onderstellen dat er een groote menigte prismatische ijsnaaldjes in de lucht zweven. In zekeren stand kunnen die prisma's vrij lang door elkander heen zweven, zonder dat de richting van de

gebroke ne lichtstralen merkbaar verandert. De vermenigvuldiging van die stralen in één richting geeft een sterken indruk op het oog, en men ziet gekleurde kringen boven elkander, even als bij den regenboog.

Als de zon of de maan slechts weinig boven den horizon staat, en als bij windstilte de ijsnaaldjes zich verticaal plaatsen, vormen er zich op den horizontalen diameter van de halo's, en een weinig buiten elken ring, schitterende vlekken, flauwe afbeeldsels van het gesternte, en die lichtbeelden noemt men *bijzonnen*, *parheliën*, of *bijmanen*, *paraselenen*. Die *bijzonnen*, vooral die van den binnensten halo, zijn fraai gekleurd, en vertoonen alle kleuren van het spectrum volgende op het rood, dat naar de zon gekeerd is. Naarmate de zon hooger rijst, verwijderen de *bijzonnen* zich van de ringen, maar blijven altijd op den horizontalen diameter.

Somtjids vertoonen er zich ook schitterend gekleurde *bijkringen* bij de halo's. Meestal vertoonen zij zich symmetrisch aan de uiteinden van den verticalen diameter van den halo van 23 graden. Die van den buitensten halo, zeldzamer maar talrijker, raken hem niet slechts in den verticalen diameter, maar ook in den horizontalen op een afstand van 45 graden. De hoogste van deze kringen, die het zenith van den waarnemer tot pool heeft, wordt de *circum-zenithale kring* geheeten.

Wij kunnen hier onmogelijk in bijzonderheden treden ten opzichte van de wijze waarop deze verschijnsels door de breking der lichtstralen in de kristallen ontstaan. Genoeg zij het te weten dat Bravais in zijn geleerde onderzoekingen van dit onderwerp, niet slechts alle omstandigheden van het verschijnsel door zijne be-

rekeningen aangetoond heeft, maar ook dat hij het op kunstmatige wijze heeft voortgebracht, door middel van een donkere kamer en een prisma van glas, dat hij zeer snel deed ronddraaien terwijl de zonnestralen er op vielen.

Wij kunnen hier niet verder in eene beschrijving treden van het voorkomen dat de halo's somtijds kunnen aannemen. Wij zouden dan nog over andere bogen en schijven moeten spreken, die er zich somtijds bij vertoonen. Slechts dit nog: die bogen en schijven worden soms zelven lichtbronnen voor de vorming van andere dergelijke lichtbeelden, maar die natuurlijk zeer flauw zijn.

Op de afbeelding op blz. 67 zien wij de voorname gedeelten van den halo voorgesteld. De horizontale witte strook moet ondersteld worden verlengd te zijn tot tegenover de zon, waar het beeld van dat hemellichaam verscheidene malen herhaald wordt. Doch het geheele verschijnsel wordt zeer zelden volkomen ontwikkeld gezien, en dit hangt zoowel af van den min of meer volkomenen toestand van de kristalletjes, als van de omstandigheid of zij onbewegelijk in den dampkring hangen, of rijzen, of dalen, of de lucht in rust of in beweging is, en van vele andere omstandigheden meer.

Gevolgelijk zal een halo zoo volkomen als de afgebeelde wel hoogst zelden gezien worden, en het behoeft ons in 't geheel niet te verwonderen als wij de halo's door onderscheidene schrijvers verschillend beschreven vinden.

Gewoonlijk bespeurt men dat de hemel binnen in den halo van 23 graden donker grijs van kleur is,

en daardoor vrij sterk afsteekt tegen de algemeene verlichting van de ruimte buiten den kring.

Die bijzonderheid is te verklaren door de richting van zekere gebrokene lichtstralen, door de prisma's die den halo veroorzaken.

Gelijk de zonregenboog veel schitterender is dan de maanregenboog, is er ook een groot verschil in helderheid tusschen den zonhalo en den maanhalo. Bij den laatste zijn de kleuren altijd zeer flauw, maar de witte gedeelten vertoonen zich als een zeer fraai zilverachtig licht.

---

Thans rest ons nog een korte beschrijving te geven van een ander luchtverschijnsel dat niet kleurig is zooals de regenboog, maar integendeel ongekleurd of wit, wat aantoonst dat het niet ontstaat door het gaan van het licht door waterdruppels of ijskristallen heen, maar dat het veroorzaakt wordt door de terugkaatsing van lichtstralen op de vlakken of facetten van kristallen. Men geeft dit verschijnsel den naam van anhelie. Nu eens vertoont het zich als een zwakke lichtglans, dan weder is het zoo schitterend als het zonlicht zelf. Een groote kring, de parhelische kring geheeten, gaat door de zon of de maan heen, snijdt de beide halo's, en loopt op een standvastige hoogte om den geheelen horizon heen. Op dezen kring en vlak tegenover het gesternte vertoont zich het beeld van de zon of de maan, hetzij enkel, hetzij vergezeld van twee anderen, die op gelijke afstanden zijwaarts geplaatst zijn. Soms worden die anhelien ook doorkruist door twee witte bogen, die zich tot op een grooten afstand

uitstrekken, en ook vormen er zich soms verticale zuilen, lichtstrooken die zich tot 25 graden boven en beneden het gesternte uitstrekken, en dus met een gedeelte van den parhelischen kring een kruis met min of meer ongelijke armen vormen.

Volgens Babinet vertoont er 'zich een nabootsing van den parhelischen kring als men de zon door een kristal ziet, welks structuur vezelig is, waarvan een plaatje geslepen is parallel met den loop der vezels, en dat in een verticalen stand geplaatst wordt. De witte horizontale lichtstrook die men dan ziet, ontstaat door de spiegeling van die vezels, en komt volkomen met den parhelischen kring overeen.

Eenige natuurkundigen schrijven aan de spiegeling de lichtbeelden toe die men valsche zonnen of valsche manen heeft geheeten, en die zich soms naast het echte gesternte vertoonen als het zich nabij den horizon bevindt; doch men kan dit verschijnsel ook verklaren door de straalbreking op een menigte kleine prismatische piramidale kristallen.

---



---

## VII.

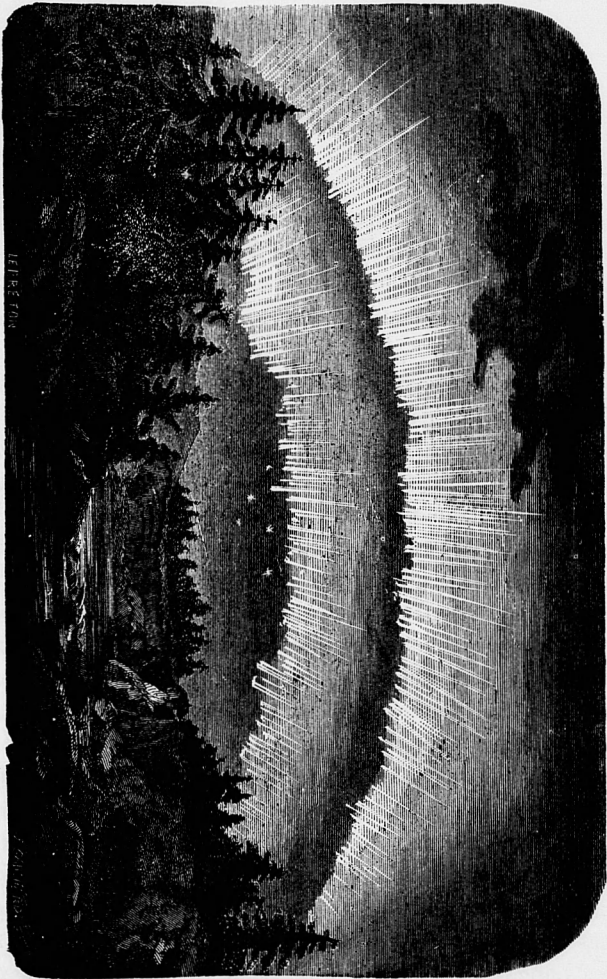
### HET NOORDERLICHT.

---

Een van de treffendste verschijnselen in de lucht is zeker het noorderlicht, zooals het zich zeer dikwijls in de noordelijke streken der aarde vertoont. Op onze aardbreedte zien wij wel is waar ook nu en dan het noorderlicht, doch meestal vertoont het zich bij ons als een rooden of witten gloed in zeker gedeelte van de lucht, en zeer zelden zien wij witte of geelachtige stralen of strooken. Wij moeten ons dus bij het schilderen van het noorderlicht vergenoegen met wat ooggetuigen ons van dat prachtige natuurverschijnsel vertellen, terwijl het plaatje op bladz. 76 ons een denkbeeld mag geven van de wijze waarop het zich niet zelden vertoont, in de gewesten waar sneeuw en ijs gedurende het grootste gedeelte van het jaar heerschappij voeren.

Verscheidene uren en somtijds wel een dag voor de verschijning van het noorderlicht bespeurt men onregelmatige bewegingen van de magneetnaald. Hare afwijking naar het westen neemt gedurende dien tijd aanmerkelijk toe. Langzamerhand wordt de lucht in het noorden donkerder, en men ziet als 't ware een gordijn zich ver-

Het noordenlicht.



heffen, dat echter dun genoeg is om er de sterren door heen te kunnen zien. Het bovenste gedeelte wordt flauw verlicht, vervolgens wordt dit licht langzamerhand sterker, en vormt eindelijk een lichtgelen boog, welks holte naar de aarde en welks top naar den magnetischen meridiaan gekeerd is.

De boog stijgt langzaam opwaarts, en wordt hoe langer hoe lichter. Donkere strepen worden er in zichtbaar; en over zijne geheele lengte openbaart zich een soort van opbruisching. Weldra ziet men stralen die telkens van lengte en licht veranderen, en als vuurpijlen in de lucht stijgen. Het licht, dat tusschenbeide zeer schitterend is, gaat van het purperroode tot het smaragdgroen over, doch meestal heeft een prachtige gele tint den boventoon. Bij het stijgen gaan deze stralen over het zenith heen, en schijnen naar één punt, het magnetische zenith, te streven, dat aangewezen wordt door een magneetnaald die zich vrij, dat is, zoowel naar boven en beneden als zijwaarts, kan bewegen.

Om de plotselinge veranderingen van lichtstralen te schilderen, zegt Bravais, dat zij als pijlen opschieten. "Tusschenbeide zijn zij zoo menigvuldig, dat zij de geheele luchtstreek omvatten, en een opeenhooping van vuur vormen, dat als de golven der zee bewogen wordt. De pracht van zulk een schouwspel gaat alle beschrijving te boven. Al dadelijk als het noorderlicht begint, ondergaat de magneetnaald hevige schommelingen. Zij vermeerderen zoodra de stralen verschijnen. Elke straal die den boog ontsnapt, doet eenigszins het kompas trillen, zoodat de zeelieden zeggen, dat het er door aangedaan wordt. Vervolgens verkondigen hoe langer hoe menigvuldiger wordende tusschenpoozen het einde van

het noorderlicht. Het is bewezen, dat de afwijking van de magneetnaald bij het einde de tegenovergestelde is van die bij het begin plaats had."

Lottin, die met Bravais met een wetenschappelijke zending naar IJsland belast was, beschrijft een merkwaardige, golvende beweging, die men in de stralen waarneemt, als men er met aandacht naar ziet. "Terwijl de boog naar het zenith stijgt, neemt de sterkte van het licht van elken straal trapsgewijze toe. Deze soort van lichtstreek vertoont zich vervolgens verscheidene malen, en meer van het westen naar het oosten dan van het oosten naar het westen. Soms tijds, doch zeer zelden, heeft er dadelijk een terug gaande beweging plaats, en zoodra dit licht vervolgens alle streken van het westen naar het oosten doorloopen heeft, richt het zich naar den tegenovergestelden kant, zoodoende op het punt terugkomende vanwaar het uitgegaan is, zonder dat men kan zeggen of het de stralen zijn die zulk een beweging van bijna horizontale verplaatsing ondergaan, dan wel of dit schitterende licht van den eenen straal op den anderen overgaat, zonder dat zij verplaatsing ondergaan." De geleerden gelooven tegenwoordig dat dit alles inderdaad voorkomt uit het verplaatsen van stralen. Soms tijds, wanneer de boog den horizon verlaten heeft en in de lucht stijgt, doet de golvende beweging van de stralen hem gelijken op een lang verguld gordijn dat in de lucht zweeft, op duizenderlei manieren in elkan der geplooid en gegolfd, alsof de wind het bewoog. Deze eerste boog wordt bleeker en verdwijnt naarmate hij stijgt, maar gedurende dien tijd vertoonen er zich weer anderen, die hetzij als een flauw licht, hetzij met afzonderlijke stralen beginnen.

In de streek waarnaar de stralen zich richten, ziet met dikwijls een verlichten eironden kring, dien men de kroon van het noorderlicht noemt. Hij schijnt een uitwerksel van het perspectief te zijn. De stralen die parallel loopen met de magneetnaald, zijn als de bogen van een cylindrischen tunnel, die zich vereenigen bij het middenpunt van de twee openingen. Wanneer de kroon verschijnt, is het licht in zijn volle ontwikkeling. Zij blijft niet lang zichtbaar, en het verschijnsel verdwijnt weldra. De stralen worden zeldzamer, korter en minder licht. Lottin zegt: "bundels stralen en eene menigte bogen verschijnen en verdwijnen bij tusschenpoozen. Vervolgens worden de stralen meer en meer onzichtbaar, het zijn flauwe en zwakke schijnsels die zich eindelijk over de geheele lucht verspreiden, en bekend zijn onder den naam van lichtvlekken. Hun flauw licht ondergaat dikwijls groote veranderingen in zijn sterkte, gelijk aan bewegingen van uitzetting en samentrekking die van het middenpunt naar den omtrek werken.

Daarop volgt een schemerachtig licht, en het verschijnsel dat langzamerhand zwakker is geworden, wordt onzichtbaar. Op een andere keer verschijnen de stralen nog bij het aanbreken van den dag, en verdwijnen eensklaps; of wel, naarmate de duisternis toeneemt, worden zij onduidelijk, nemen een witachtige kleur aan, en smelten dan samen met de wolken, zoodat men hen daarvan niet kan onderscheiden."

Von Humboldt zegt het volgende van het noorderlicht: "De sterkte van dit licht is soms zoo groot, dat Löwenörn op den 29<sup>sten</sup> Juni 1786 zijne stralen bij helderen zonnenschijn onderscheidde. Beweging maakt



het verschijnsel zichtbaarder. Rondom het punt van het hemelgewelf dat beantwoordt aan de inclinatie van de magneetnaald, vereenigen de stralen zich om de zogenoemde kroon te vormen. Slechts zelden is de kroon of cirkel volkomen, doch als dit het geval is, heeft het verschijnsel zekerlijk zijn grootste hoogte bereikt, en dan worden de uitstralingen minder veelvuldig, korter en minder kleurig. De kroon en de lichtbogen gaan uiteen, en de geheele hemel wordt bedekt met ongeregeld verspreide, aschgrauwe, lichtende, onbewegelijke vlekken die op hare beurt verdwijnen, en niets achterlaten dan een op rook gelijkende vlek aan den horizon. Ook blijft somtijds slechts een dunne witte wolk over, met gevederde randen of op gelijke afstanden in kleine ballen verdeeld, gelijk een vederhoopwolk."

En wat is nu dat heerlijke luchtverschijnsel; wat is eigenlijk het noorderlicht? Een magnetisch onweder, zeggen sommige geleerden. Anderen daarentegen zeggen dat het, in plaats van een magnetisch onweer, een vreedzame verspreiding of vervloeiing van electriciteit is. Flammarion zegt: "het noorderlicht is een uitvloeiing in 't groot van de atmosferische electriciteit. In plaats van een storm die tot een omtrek van eenige mijlen beperkt is, en van toorn en woede loeit, is het een zachte en langzame vereeniging van de negatieve vloeistof van den bodem met de positieve vloeistof van de atmosfeer, die in de hoogere luchtlagen gebeurt."

Dit vloeien van de electriciteit is slechts zichtbaar bij nacht, en vertoont zich in alle mogelijke vormen, naar de wijze waarop het gebeurt, en naar de plaats waar zich de beschouwer bevindt. Nu eens bespeurt het

oog nauwelijks de lichte, snelle, witte of rooskleurige lichtgolven die zich in de lucht vertoonen. Dan weder is het een gordijn van goud en purper uitgespannen in de lucht, en als uit den hemel hangende. Nu eens is het een dauw van vuur die vergezeld gaat van een vreemd geruisch. Dan weder zijn het vlammen en stralenbundels die uit het noorden voortkomen, en naar alle streken van het kompas schieten. Vooral binnen de poolcirkels ontvouwt de electriciteit haar hoogste pracht.

Dat het noorderlicht een electro-magnetisch verschijnsel is, wordt bewezen door de schommelingen van de magneetnaald op vele plaatsen der aarde tijdens er noorderlicht is. Als een noorderlicht den hemel van Stockholm of van Reikjavik verlicht, wordt de magneetnaald van het observatorium te Parijs onrustig. Op Spitsbergen is de magneetnaald die horizontaal aan een niet getwijnden draad zijde hangt, naar het westen gericht: zoodra het noorderlicht zich vertoont, wordt die naald onrustig, en schommelt snel van links naar rechts en van rechts naar links. Hoe sterker het noorderlicht wordt, des te meer neemt de onrust van de naald toe, en op het oogenblik dat de kroon zich vormt, hangt de naald niet meer horizontaal, maar helt zij, en wijst naar de magnetische pool.

In het werk getiteld *de Aarde en haar Volken* lezen wij de volgende beschrijving van het noorderlicht:

Het noorderlicht, hoe zwak somtijds ook, vertoont zich echter elken nacht aan den oplettenden waarneemer. Nu eens vertoont het zich in den vorm van groote verlichte plekken, terwijl het zich dan weder als hel schitterende stralen tegen het uitspansel afteekent, en somtijds eensklaps verdwijnt; op andere tijden

bereiken de stralen het zenith niet, maar schijnen zij plotseling op eenig punt te worden afgebroken, om aan een ander gedeelte van het uitspannel te voorschijn te komen; meermalen neemt het den vorm aan van een bundel stralen, uit den horizon waaiersgewijs uitloopende. Op andere tijden schijnen lange vergulde draperiën boven het hoofd van den waarnemer te zweven; zij kronkelen en plooiën zich alsof zij door den wind voortdurend in beweging worden gebracht. Oogenschijnlijk verheffen zij zich slechts weinig boven het oppervlak der aarde, zoo zelfs dat men zich verwondert het geklapper dier draperiën niet te hooren. Meestal doet het zich evenwel voor als een lichtenden boog in het noorden, door een zwart segment aan den horizon verbonden. Dit donkere segment levert een sterk contrast met de helder witte of schitterend roode kleur van den boog, die eene menigte stralen uitspreidt, zich nu eens verheft, dan weder daalt, daarna den vorm van een kolossalen waaier aanneemt, of zich als eene helder vonkelende kroon voordoet, waarvan tallooze stralen zich langs het gewelf des hemels uitstrekken. Bij dien vorm van het noorderlicht schijnt de hemel een in vlam staand koepeldak te zijn, waarin alle kleuren zich bij afwisseling vertoonen, en de prachtigste schakeeringen vormen. Dit majestueuse schouwspel duurt slechts weinige oogenblikken: de stralen die als vlammen uit de kroon te voorschijn kwamen, verdwijnen spoedig, en het licht van de kroon begint insgelijks te verflauwen; een vaag schijnsel verspreidt zich door de geheele lucht; hier en daar ontwaart het oog eenigszins sterker verlichte punten, die zich als lichte wolken door het uitspannel schijnen te bewegen, zich met ongeloofelijke snelheid

uitzetten en weder inkrimpen, langzamerhand in kracht afnemen, en zich eindelijk geheel oplossen. Het prachtige verschijnsel verkeert dan als het ware in staat van ontbinding; de sterren die door het heldere licht eenigen tijd aan het oog werden onttrokken, beginnen weder zachtkens te vonkelen, en schitteren daarna met vernieuwden glans, en de lange sombere nacht, voor eenige oogenblikken afgebroken, heerscht als het ware met nog meer despotisme over de sneeuwvelden van de aarde en de gestolde watermassa's van den oceaan. Bij het aanschouwen van dit grootsche luchtverschijnsel voelt de dichter zijn dichtvuur ontvonken; de kunstenaar dankt den Schep- per voor het verhevene kunstgenot dat hem in verruk- king brengt; de geleerde bespiedt met arendsoog de ver- schillende afwisselingen die hij zoo nauwkeurig moge- lijk in het geheugen prent, om na het verdwijnen van het schouwspel te analiseeren, te vergelijken, het te be- studeeren en te bespreken. Vraagt men hem of zijne weten- schap de oorzaken van dit vuurwerk der natuur heeft uitgevorscht, dan zal hij u zeggen dat die verlich- ting het gevolg is van de electriche uitstralingen van de polen der aarde, de kolossale magneet, welke noord- pool in het noorden van Amerika is gelegen, niet ver van de koude-pool van het noordelijke halfrond, en welke zuidpool in het zuiden van Australie in de na- bijheid van Victoria moet worden gezocht.

---

## VIII.

### DE BLIKSEM.

---

De bliksem en de donder zijn twee verschijnselen die ons bewijzen dat de dampkring die onze aarde omringt, electrisch is. Wat is electriciteit? De electriciteit is een kracht welke aard en wezen ons onbekend is, zooals de aard van het licht, van de warmte en van de aantreking ons onbekend is. Die kracht brengt uitwerkselen voort, en het is de studie van die uitwerkselen waaruit onze wetenschap bestaat. Om die uitwerkselen van de electriciteit te verklaren, stelt men: 1<sup>mo</sup> dat de electriciteit een vloeistof is die opgehoopt, dichter en ijler kan worden, zich kan bewegen van het eene lichaam naar het andere, en ontzaglijke afstanden kan afleggen met een snelheid die men bevonden heeft nog grooter te zijn dan die van het licht, welke laatste niettemin van 77 000 mijlen in de sekonde is; 2<sup>do</sup> dat deze vloeistof twee wijzen van bestaan heeft, twee wijzen van zich te uiten, die men onderscheidt door de eene positief en de andere negatief te noemen. Dit zijn echter onderscheidingen die



in de natuur niet bestaan , en die voor onze zinnen slechts veroorzaakt worden door betrekkelijke veranderingen of wijzigingen van intensiteit. Hoe dit ook zij , men heeft waargenomen dat de tegenovergestelde electriciteiten elkander aantrekken , terwijl de gelijknamige electriciteiten elkander afstooten. De vereeniging van gelijke hoeveelheden vloeistoffen van tegenovergestelde namen vormt een onzijdige of natuurlijke vloeistof , die men onderstelt dat in alle lichamen in een onuitputtelijke hoeveelheid bestaat. Onder verschillende invloeden , waarbij de wrijving vooral genoemd moet worden , wordt de onzijdige vloeistof ontleed in die twee elementen. De aardbol en de atmosfeer zijn twee groote voorraadschuren van electriciteit , tusschen welke onophoudelijke wisselwerkingen van ontleding en wedersamenstelling plaats hebben , en die in het leven van planten en dieren een rol spelen , die de werking van de warmte en de vochtigheid ondersteunt.

De algemeene uitkomsten van de onderzoekingen omtrent den toestand der electriciteit van de oppervlakte der aarde en in de atmosfeer , schijnen te bewijzen dat de aardbol in den normalen toestand beladen is met negatieve electriciteit , terwijl de atmosfeer bezwangerd is met positieve electriciteit. Op de oppervlakte van den grond , waar onophoudelijk wisselingen geschieden , is de electriciteit in den onzijdigen toestand , even als in de onderste luchtslaag die in aanraking is met de oppervlakte zoowel van het land als van de zee. De positieve electriciteit neemt met de hoogte in de atmosfeer toe.

In 't algemeen genomen zijn de wolken beladen met positieve electriciteit. De ontzaglijke verdamping van water uit den oceaen in de keerkringstreken belaadt de wolken met positieve electriciteit , en die wolken door

de winden naar de poolstreken gedreven, hoopen daar die electriciteit op in de atmosfeer. De invloed van deze positieve electriciteit veroorzaakt in den bodem van de poolstreken eene tegenovergestelde verdichting van negatieve electriciteit. Het noorderlicht, zooals wij boven reeds zagen, is vooral een gevolg van die twee tegenovergestelde werkingen: het is een stilzwijgende maar zichtbare herstelling van de natuurlijke vloeistof door de twee tegen elkan- der overgestelde werkingen van de atmosfeer en den bodem. Het verschijnen van het noorderlicht gaat vergezeld van electrische stroomen die den bodem doortrekken over zulke groote afstanden, dat de bewegingen van de magneetnaald op het observatorium van Parijs aantoonen dat er noor- derlicht is in Zweden en Noorwegen, zooals wij reeds gezegd hebben toen wij over het noorderlicht spraken.

De vorming van wolken boven den oceaan en de vaste- landen, die van nevels in onze streken, het trekken der wolken over bergen en dalen, ontwikkelen afwisselende hoeveelheden electriciteit. -Er ontstaat een onweer, als die electriciteit der wolken, in plaats van geregeld te wisse- len en weg te vloeien, zich op zekere punten ophoopt, zich verdicht, als 't ware de wolken verzadigt, en eindigt met plotseling uit te barsten om zich te vereenigen met de negatieve electriciteit die ondertusschen opgehoopt is hetzij in den bodem, hetzij in andere wolken.

Als de electriciteit zich losmaakt uit een overmatig beladene wolk, en zich stort op een andere wolk of op een punt van den bodem dat met tegenovergestelde elec- triciteit beladen is, dan ontstaat er een electrisch licht, een vonk. Deze vonk doorloopt in een oogenblik den afstand die de beide geëlectriseerde punten scheidt: men heeft bewezen dat zij niet een tienduizendste gedeelte van

een sekonde duurt. Die electriche vonk noemen wij den bliksem.

In 't algemeen evenwel zien wij den bliksem niet in den vorm van een vonk die door de lucht vliegt, maar meestal als een plotseling licht dat de wolken, den hemel en de aarde verlicht, en dieterstond daarna weer in duister-  
nis worden gehuld. Wij noemen den bliksem dan weerlicht. Dit verschijnsel gaat niet altijd van donder vergezeld, of is te ver af dan dat de donder gehoord kan worden. Als het weerlicht zich vertoont, wordt de geheele lucht, maar vooral de horizon, plotseling door eene flikkering verlicht. Over de oorzaak van het weerlicht zijn de geleerden het niet eens. Matteucci onderstelt dat de electriche vloeistof die het weerlicht veroorzaakt òf gedurende de uitdamping gevormd, òf wel, volgens de theorie van Pouillet, door den plantengroei ontwikkeld wordt, òf dat zij door scheikundige werking ontstaat in het groote laboratorium der natuur, de aarde, en zich in de benedenste luchtlagen ophoopt, omdat de grond een slechte geleider is.

Arago en Kuntze beschouwen echter het weerlicht als eene weerkaatsing van verwijderde bliksemstralen. De Saussure nam het weerlicht waar in de richting van Genève, uit het hotel op den Grimsel, op den 10<sup>den</sup> en 11<sup>den</sup> Juli 1783, terwijl ter zelfder tijd een hevig onweer te Genève woedde. Howard zag van Tottenham bij Londen op den 31<sup>sten</sup> Juli 1813 het weerlicht in het zuidwesten, terwijl de lucht vol sterren, en er geen wolkje te bespeuren was. Op den zelfden tijd woedde er echter een onweer te Hastings, en in Frankrijk van Calais tot Duinkerken. Arago voert ten bewijze van zijn gevoelen dat het weerlicht eene weerkaatsing van licht

is, het volgende aan: In 1803, toen er waarnemingen gedaan werden om de lengte te bepalen, ontstak de heer de Zach eenige onsen buskruit tot een signaal op den Brocken, en het schijnsel daarvan was, op zestig mijlen afstands, op den Keulenberg zichtbaar, ofschoon men den eenen berg niet van den anderen kon zien. Twee gevallen zijn ter verklaring van het weerlicht dus mogelijk, namelijk òf de wisseling van electriciteit tusschen de wolken geschiedt over een groote oppervlakte die daardoor verlicht wordt, òf er is wel een vonk zooals bij de bliksemstralen, maar zij wordt voor ons oog bedekt door wolken, zoodat wij haar zelve niet zien, maar slechts het licht dat zij verspreidt. Zulke weerlichten komen het meest voor; gedurende een onweersnacht kan men honderde weerlichten zien tegen een enkelen bliksemstraal.

Deze laatste evenwel is de eigenlijke bliksem. Het is een electricische vonk, een kleine vuurbol die uit de onweerswolk overspringt op de aarde, of op een andere wolk, of zelfs van de aarde naar de wolken opstijgt, en welker snelle beweging ons den indruk geeft van een dunne lichtstreep. Zelden legt de vonk zijn weg in een rechte lijn af, hoewel die de kortste is: hetzij ten gevolge van de afwisselende verdeeling der vochtigheid in de lucht, waardoor zij een min of meer goede geleider van de electriciteit wordt; hetzij van de verschillende graden van geladenheid van onderscheidene punten der wolken en van den bodem — de bliksem vertoont zich bijna altijd *en zigzag*. Meestal zijn die zigzaglijnen met stompe hoeken, of wel zij vertoonen zich slangvormig. Soms vertakken zij zich in twee of meer takken, zelfs is er door Liais een bliksemstraal waargenomen die zich in vijf takken splitste.

Men heeft veelal zeer gebrekkige denkbeelden over de lengte van een bliksemstraal. Terwijl wij met onze toestellen de grootste moeite hebben om een electriche vonk van eenige centimeter lengte voort te brengen, verwekt de natuur bliksemstralen die 1, 5, 10 zelfs 15 kilometer lang zijn, en Petit heeft te Toulouse bliksemstralen van 17 kilometer lengte gemeten. Arago spreekt van een lengte van 3 tot 4 mijlen.

Die lengte van den bliksem is de voornaamste oorzaak van het rollen van den donder. Immers de donder is niets anders als het gedruis hetwelk de vonk maakt in haar overspringen van het eene punt op het andere. In haar schieten door de lucht dringt zij de moleculen ter zijde, en veroorzaakt een oogenblikkelijk ledig, waarin de omringende lucht zich terstond stort, en zoo vervolgens tot over zekeren afstand. Pouillet heeft deze natuurlijke verklaring bestreden, door te beweren dat als dit de oorzaak was van den donder, een kanonskogel ook een dergelijk geluid moest verwekken. Maar een kanonskogel heeft de snelheid van een schildpad, vergeleken bij die van den bliksem. De donder ontstaat zekerlijk door het invallen van de lucht ter plaatse waar een ledig gemaakt wordt, zooals ook het geval is met vuurwapenen, met het barsten van een blaas, enz.

Als men zich bevindt op de plaats waar de bliksem eindigt, waar de donder inslaat, zooals de gewone uitdrukking is, is het geluid nooit zeer langdurig, en komt volkomen overeen met een kanonschot, een gewerschot of een pistoolschot, naarmate van de intensiteit. Maar een van de meest bekende kenmerken van den donder is zijn rollen, en daardoor komt het dat in bijna alle talen zijn naam dat rollen nabootst: *donder*, *Donner*,



*thunder, tonnerre, tonitruum, brontè, trueno, enz.*

Waardoor ontstaat dus het rollen van den donder? In de eerste plaats door de lengte van den bliksem, en in de tweede door het verschil in snelheid tussehen het geluid en het licht. Ontbrandt de bliksem slechts 300 meter vóór ons, dan hooren wij den donderslag eerst eene sekonde nadat wij den bliksem zagen. Verwijdert zich de bliksem, door de wolken heen schietende, tot op een mijl afstands, dan moet voor elke 300 meter verder de donderslag eene sekonde later ons oor treffen — de donder moet 24 sekonden duren, zonder het naderhand nog volhoudende ratelen van den weérklank te rekenen. Was de lucht overal van een en den zelfden aard, dan zou men slechts één zoo lang aanhoudenden knal hooren. Daar echter de lucht hier warmer en dáár kouder, hier rijker en dáár armer aan waterdamp, hier met nevelblaasjes, dáár met regendruppels is vervuld, wordt elke knal voor ons dikwijls afgebroken en als 't ware verbrokkeld. Wij vernemen dus eene reeks van meer of min schielijk op elkander volgende slagen, welke wild door elkander rommelen en dreunen door den rollenden weérklank tegen de wolken en den aardbodem wordt versterkt.

Onweders, dat is verschijnselen van bliksem en donder, die meestal met geweldige wolkvormingen en regenbuiën verbonden zijn, hebben plaats bij zekere toestanden van de lucht, onder den invloed van de warmte en het licht der zon. Zij vertoonen zich meer in warme dan in koude streken. Tusschen de keerkringen zijn zij zeer talrijk, vooral gedurende den overgang van het drooge tot het natte jaargetijde; in de gordels der windstilten



behooren zij tot de dagelijksche gebeurtenissen. In onze streken komen op elk jaar ongeveer 18 onweders — maar de jaren verschillen in dit opzicht zeer veel. In het midden van Skandinavie heeft men jaarlijks gemiddeld slechts 4 of 5 onweders; nog zeldzamer worden zij nabij den poolkring, en hooger naar de pool zijn zij bijna volkomen onbekend. In den zomer zijn zij veelvuldiger dan in den winter: een winteronweder is bijna overal eene zeldzaamheid. Desniettemin zijn er toch streken waar juist in den winter de meeste onweders voorvallen. Het is genoeg dat alle voorwaarden tot het ontstaan van een onweder bij een komen, en dit kan even zoowel in den winter als in den zomer geschieden.

Nu nog een woord over de uitwerkselen van den bliksem. Maar hier geraken wij in de grootste verlegenheid, want wat zullen wij kiezen uit de duizenden van merkwaardige gevallen, en de wonderbare dingen die door den bliksem zijn gedaan? Zonder twijfel zijn ook de uitwerkselen van den bliksem, gelijk alle daden van de natuur, aan wetten onderworpen, maar tot heden zijn die wetten ons volkomen onbekend. Hier doodt de bliksem een mensch, en verbrijzelt hem, zonder dat de kleederen van dien man de minste scheur, het geringste spoor van brand vertoonen. Dáár berooft hij plotseling een ander van al zijn kleedingstukken, en laat hem naakt staan, zonder dat hem het minste letsel is toegebracht. Ginds slaat hij de geldstukken uit een portemonnaie, zonder aan den zak van den bezitter te raken. Elders rooft hij het verguldsel van een lustre, en plakt het op een gipsbeeldje dat de kamer versiert. Hier trekt hij een reiziger de laar-



De bliksem slaat een armband van den arm eener dame.

zen uit, en werpt hen tien meter ver weg, terwijl hij in een naburig dorp een stapel tafelborden doorboort, maar zóó dat er beurtelings twee borden in 't midden een gat vertoonen, en dan weer twee ongeschonden blijven. Wat zijn de wetten die zulke feiten bepalen?

Gedurende een hevig onweer schuilden drie soldaten onder een lindeboom bij Vic-sur-Aisne in Frankrijk. De bliksem sloeg alle drie te gelijk dood. Echter bleven zij staan alsof zij niet dood waren: hun kleederen waren ongedeerd. Na den storm werden zij door voorbijgangers gezien, die hen toespraken, maar geen antwoord kregen, nader bij kwamen, hen aanraakten, en... alle drie vielen ineen, en waren niets meer dan een hoopje asch.

Op den 24sten Juli 1869 stond de maire van Prudette gedurende een onweer te schuilen onder een hoo-gen populier. De bliksem sloeg in den boom, en doodde den man tevens. Maar toen men hem vond, was hij geheel ontkleed, en zijn kleeren lagen rondom hem verspreid: slechts aan den eenen voet had hij nog den schoen.

Een man werd de geheele rechterzijde door den bliksem verbrand, alsof hij op zijde op een brandstapel had gelegen, maar zijn hemd, onderbroek en overige kleederen waren niet het minste door het vuur beschadigd.

Doctor Gaultier de Claubry werd eens door den bliksem getroffen: zijn baard werd niet slechts weg genomen, maar zelfs geheel vernietigd, want hij groeide later niet meer aan.

Quatrefages spreekt van een man die door den blik-



Een moordenaar door den bliksem getroffen.

sem werd getroffen: zijn kousen werden in duizend stukjes gescheurd, een van zijn schoenen werd in een hoek van de kamer gevonden, twee spijkers uit den schoen zaten in de vloer geslagen, terwijl een andere spijker juist in de tegenovergestelde richting gegaan, en diep in den hiel van den doode was gedrongen.

Iemand dronk uit een beker, de bliksem slaat hem den beker uit de hand, en werpt dien uit het venster, zonder dat de man gekwetst werd.

Twee dames zaten te breien: de bliksem rukt haar de breipennen uit de handen.

Zekere dame had een testament weten te krijgen van zekeren vorst, waarin de laatste erkende dat haar zoon zijn kind was. De dame rekende dat kostbare stuk te gebruiken na den dood van den vorst, en dus onrust te verwekken in den staat. Zij sluit het geschrift in een koffertje, gaat er mede naar het bosch, en verbergt het in een hollen boom; want toen de roes van den vorst voorbijgegaan was, liet hij overal nasporingen doen om dat stuk weder in handen te krijgen.

De bliksem komt hem te hulp, de boom wordt in een onweer door den bliksem getroffen en gespleten: het koffertje valt er uit, en wordt door een boer gevonden.

Een dame was op een bal: om eens frissche lucht in te ademen, gaat zij op het balkon. De lucht is donker, misschien regent het, en de regen zou haar toilet kunnen bederven. Zij steekt de hand uit om te voelen of het regent: een bliksemstraal treft haar gouden armband, en rooft hem vlugger dan een gauwdief het had kunnen doen.

Eene andere dame gebeurde het tegenovergestelde:





Een klokkeluiders door den bliksem getroffen.

haar werd namelijk door den bliksem niets ontnomen, maar integendeel iets gegeven. De italiaansche geleerde Olioli verhaalt dat eene dame eens gedurende een onweer bij het opene venster van haar kamer zat. Op de vensterbank stond een bloempot met een bloem. De bliksem slaat neer, de dame voelt een schok, maar wordt gelukkig niet gekwetst, doch de bloem stond volkomen zuiver afgebeeld op haar been, en bleef er sedert altijd op staan.

Een boosdoener sluipt een reiziger na met plan hem te vermoorden. Hij heeft een stormachtige, donkere nacht afgewacht, sluipt langs de boomen, en houdt zijn adem in, trekt zijn dolk uit zijn gordel, heft de hand op gereed om toe te stooten... dáár knalt een vreeselijke donderslag, een onzichtbare kracht werpt hem ter aarde, en de dolk ligt op twintig schreden afstand op den grond.

Op den 15<sup>den</sup> April 1718 sloeg de bliksem in den toren van Chabeuil bij Valence, en doodde den ongelukkigigen klokkeluider.

Arago verhaalt dat een rooverbende gevangen zat in eene beiersche gevangenis. Het opperhoofd dier bende zat aan een grooten steen geboeid; die steen diende hem tot tribune om zijn godslasterlijke taal te verkondigen. Een bliksemstraal trof hem te midden van zijn rotgezellen, op het oogenblik waarop zijn mond een vloek uitstiet.

---

## IX.

### HET ST. ELMSVUUR.

---

De electriciteit van de lucht vertoont zich soms in den vorm van vlammen op torenspitsen, scheepsmasten en andere hooge en spitse voorwerpen, vooral gedurende een onweersstorm. Algemeen noemt men die electricische vlammen St. Elmsvuur. Het plaatje op blz. 101 vertoont ons een ijzeren schip, zooals het in Maart 1866 in het kanaal zeilde, en op de masten, de ra's, den boegspriet en andere deelen met St. Elmsvuur werd versierd. De kapitein van het schip klom in den grooten mast, waarop het vuur het sterkst was, om het van dicht bij te bestudeeren. Toen hij zijn hand zeer nabij de vlam hield, bespeurde hij geen de minste warmte, maar zijn lichaam werd in eens een geleider van de electriciteit, en op zijn vingertoppen vertoonden zich electricische vlammetjes. Dat het St. Elmsvuur een electricisch verschijnsel is, schijnt bewezen te worden door dat het zich slechts vertoont als de electricische spanning der lucht verbroken

wordt, en dus vooral tijdens een onweer. Men heeft waargenomen dat het St. Elmsvuur soms van een zacht knetterend geluid vergezeld gaat. Maar men heeft tot



St. Elmsvuur op een kerktoeren.

heden nog slechts een zeer geringe kennis van den aard van dit verschijnsel, en meent het te moeten houden voor een bliksem zonder donder, voor een plaatselijk

weerlicht, in elk geval voor een bewijs dat de lucht elektrisch is, maar dit verklaart ons volstrekt niets.

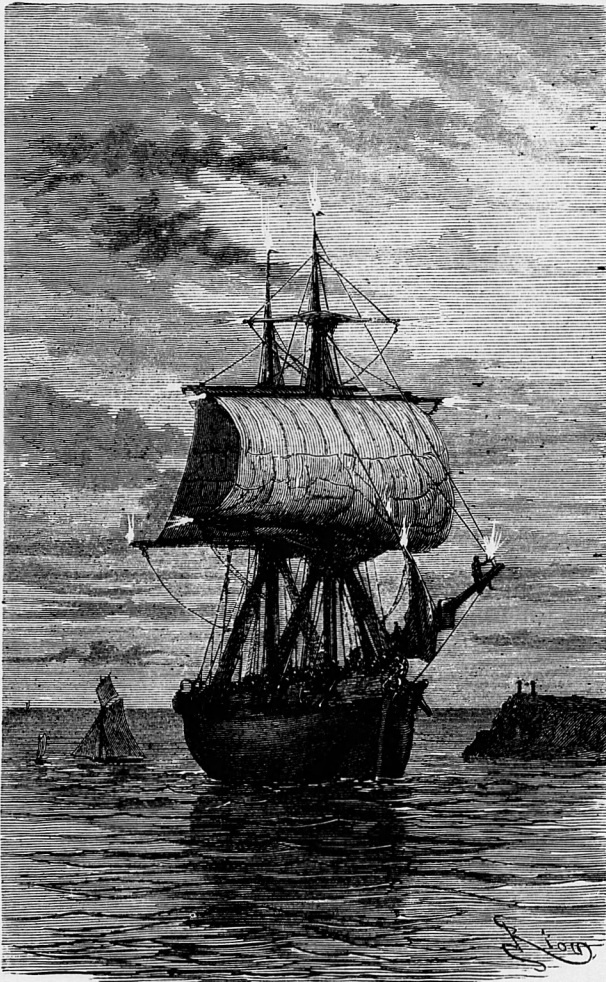
Plutarchus verhaalt dat de matrozen van Lysander zagen dat er een vlam zich nederzette op beide zijden van de galei van dien scheepsbevelhebber, op het oogenblik toen hij de haven van Lampsacus verliet, om de atheensche vloot op de reede van Agos-Potamos te bevechten. Dat werd als een voorteeken van de overwinning beschouwd, die aan de stad van Lycurgus het rijk van den Peloponesus zou onderwerpen. Procopus verhaalt dat de pieken van de soldaten van Belisarius vonken verspreidden, toen die groote veldheer toebereidselen voor zijn grooten tocht tegen de Vandalen maakte.

Nooit vergaten de oude geschiedschrijvers alle verschijnselen van de electriciteit die zij vernamen, te vermelden. Cesar verhaalt dat de werpspiesen van zijn soldaten van het vijfde legioen, gedurende den afrikaanschen oorlog in vlam schenen te staan. Seneca vertelt als een zeer veel beteekenend voorteeken, dat een ster viel op het schild van Gylippus, toen hij zich gereed maakte om Nicias en Demosthenes, de beide atheensche veldheeren bij de belegering van Syracuse, te bestrijden.

Zelfs in het eerst van de nieuwere geschiedenis verschijnt het St. Elmsvuur nog, als verbonden met een van de grootste gebeurtenissen die ooit op aarde voorgevallen zijn. Het vuur des hemels verscheen, zegt de kronijk, op den top van den grooten mast van het schip waarop Columbus zich bevond, op zijn reis ter opsporing van Amerika.

In onze dagen hechten de zeelieden in zoover nog eenig gewicht aan het St. Elmsvuur, omdat zij vrij





St. Elmsvuur op een schip.

algemeen onderstellen dat daardoor het einde van den storm wordt aangekondigd.

Men moet het St. Elmsvuur niet verwarren met een ander lichtverschijnsel dat er overigens een vrij groote overeenkomst mede heeft, namelijk met de zogenoemde dwaallichtjes, want deze laatsten zijn in 't geheel niet electriche verschijnselen. Een dwaallichtje — *feu follet* noemen de Franschen het — is een vlammetje of lichtje dat ontstaat door het uitvloeien van phosphorhoudend waterstofgas uit plaatsen waar dierlijke of plantaardige zelfstandigheden verrotten, zooals uit kerkhoven, slachtplaatsen, moerassen en venen, een gas 't welk soms uit zich zelve, spontaan, ontbrandt, door zich met de zuurstof van de lucht te verbinden.

Die zwevende lichtjes, die dwaallichtjes hebben steeds een diepen indruk gemaakt op den bijgeloovigen geest van het volk. De verbeelding zag er zielen in die rond-dwaalden tusschen bouwvallen en op woeste plaatsen.

Soms, als een oud graf geopend wordt, ontsnapt het bovengenoemde gas, en geraakt in brand, en ook dat geeft dan weer voedsel aan het bijgeloof.

De commune van Parijs in 1871, die in bloed en vlammen is geëindigd, heeft, voordat de troepen van de regeering de opperhoofden der communisten verjoeg, duizende mannen uit het volk doen dood schieten, arme lieden die de commune slechts steunden om brood te kunnen geven aan hun gezin. Een groot getal van die slachtoffers werden in een algemeenen kuil geworpen, en, slecht met aarde overdekt, verrotteden zij gezamenlijk onder den invloed van den regen en de Junizon. Voor den intocht van de regeeringstroepen in Parijs

was de bodem in het westelijke gedeelte der stad, het tooneel van zooveel straatgevechten, reeds opgevuld met lijken, en de ravijnen van Issy en van Meudon vormden de laatste rustplaats van de bataljons der gefedereerden. De waterstof van die verrottende lijken steeg 's avonds als gas uit den grond op, in de gedaante van dwaallichtjes, van blauwe vlammetjes — een treffend beeld van het einde der commune.

---

---

X.

VALLENDE STERREN, VUURKOGELS EN LUCHTSTEENEN.

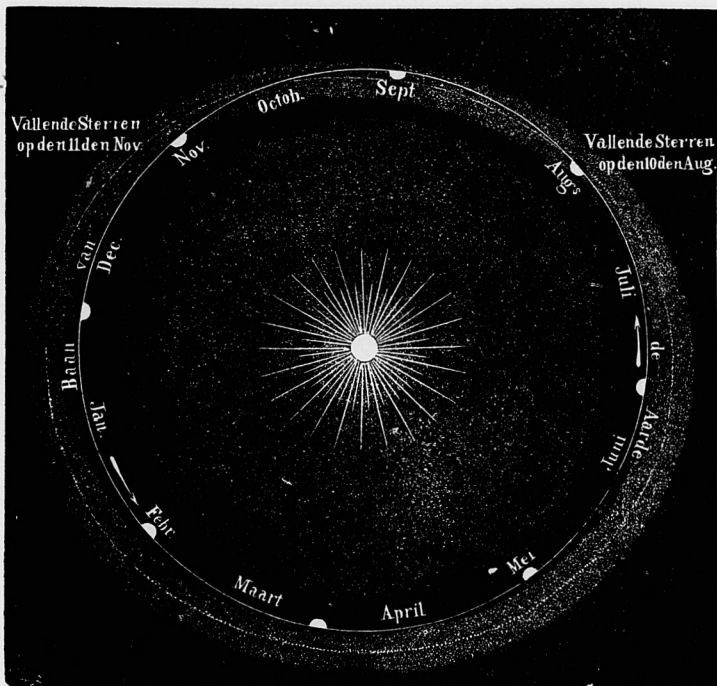
---

Geen mensch is er die niet meer dan eens in zijn leven, in een kalmen schoonen nacht, het treffende verschijnsel aan den hemel gezien heeft 't welk men het vallen of het verschieten van een ster noemt. Misschien is er onder onze lezers ook wel iemand die het meer zeldzame verschijnsel heeft gezien, dat men een vuurkogel of vuurbol noemt, een vurige bol die door de lucht vliegt, een helder licht in 't rond verspreidt, een streep van vuur achter zich vertoont, en soms barst onder een geluid als dat van een kanonschot. En zelfs is het mogelijk dat de een of ander, door een zeer zeldzaam en gelukkig toeval begunstigd, in de gelegenheid is geweest een stuk van zulk een vuurkogel op te rapen van den grond, een steen gevallen uit de lucht, een luchtsteen, meteoriet of aërolieth.

Deze drie merkwaardige verschijnsels der natuur zijn ten nauwste met elkander verbonden, ten minste in zooverre als de wetenschap tegenwoordig gevorderd is.

Wij zullen dan ook alle drie in verband met elkander beschouwen.

Iedereen heeft die lichtstrepen gezien die bij nacht door de lucht schieten, en volkomen het voorkomen



Denkbeeldige voorstelling van den ring van kosmische stof rondom de zon.

hebben alsof een ster van het gewelf des hemels losgemaakt wordt en naar beneden valt. Het is zeker niet noodig te betoogen dat de naam van vallende sterren, dien men aan die luchtverschijnselen geeft, zeer ongepast is, want dat eene ster niet kan vallen, begrijpt



iedereen die weet wat eene ster is. Wij zullen die verschijnselen toch maar vallende of verschietende sterren blijven noemen, want de naam doet niets tot de zaak, en wij weten in eens wat er mede bedoeld wordt.

Zijn die verschijnselen die zich nu eens zeldzaam en afzonderlijk, en dan weer talrijk en op vaste tijden vertoonen, verhevelingen die in de atmosfeer ontstaan, of zijn zij bewijzen van het bestaan van lichamen die in de ruimte buiten onzen aardbol zwerven? Wij willen deze vraag trachten te beantwoorden.

Het getal van vallende sterren is zeer verschillend naar de tijden van het jaar, en vandaar het onderscheid dat men maakt tusschen de verspreid voorkomende vallende sterren, en de zwermen van vallende sterren die veelal op bepaalde tijden verschijnen. In gewone nachten is het gemiddelde getal van vallende sterren dat in een uur waargenomen wordt, volgens sommige waarnemers 4 of 5, en klimt zelfs volgens anderen tot 8. Maar in twee maanden van het jaar, omstreeks den 10<sup>den</sup> Augustus en den 11<sup>den</sup> November, zijn die verschijnselen zeer veelvuldig: in den tijd van een uur ziet men dan dikwijls een getal tienmaal grooter dan anders in een geheel gewonen nacht. Zoo hebben in den nacht van den 10<sup>den</sup> Augustus 1839 Capocci en Nobile te Napels in den tijd van vier uren 1000 vallende sterren geteld, en Walferdin telde in den nacht van den 8<sup>sten</sup> op den 9<sup>den</sup> Augustus 1836 te Bourbonne-les-Bains in een uur 316. Voorheen noemde het volk in het katholieke Ierland zulk een regen van vallende sterren St. Laurentiusregen: men hield die lichtstrepen voor de gloeiende tranen van den genoemden heilige, wiens feest op den 10<sup>den</sup> Augustus invalt.

De Novemberperiode is nog merkwaardiger; vooral de nachten van den 12<sup>den</sup> November 1799 en van den 12<sup>den</sup> November 1833 zijn waard om vermeld te worden. Von Humboldt en Bonpland die zich op den eerstgenoemden datum te Cumana bevonden, verhalen dat tusschen twee en vier uur 's morgens de hemel als doorploegd was met lichtende strepen, die van het noorden naar het zuiden door de lucht schoten. Het geleeek een schitterend vuurwerk; dikke vuurkogels zoo groot als de maan en zelfs grooter vermengden zich met de lange phosphoresceerende strepen der vallende sterren. In Brazilië, Fransch Guyana, Labrador, Groenland, en ook in Duitschland werd het zelfde verschijnsel gezien.

Ook de nacht tusschen den 12<sup>den</sup> en 13<sup>den</sup> November 1838 was niet minder merkwaardig. "Men zag die meteoren, zegt Arago, langs de oostkust van Amerika, van de Golf van Mexico tot Halifax, van 9 uur 's avonds tot het opgaan der zon, en zelfs op sommige plaatsen bij dag tot 8 uur 's morgens. De sterren waren zoo talrijk, en zij vertoonden zich op zooveel plaatsen aan den hemel tegelijk, dat het niet mogelijk was haar te tellen. Olmstedt van Boston vergeleek haar op het oogenblik waarop de meesten zich vertoonden, bij de helft van het getal sneeuwvlokken dat men gedurende een gewone sneeuwbus in de lucht ziet zweven. Toen het getal reeds veel kleiner geworden was, telde hij nog 575 sterren in 15 minuten, ofschoon hij zich tot een gezichtsveld bepaalde dat geen tiende gedeelte van den zichtbaren horizon was. Dit getal was volgens hem slechts het tweederde gedeelte van het geheel, en dus had hij 866 moeten tellen, en in geval hij den geheelen horizon had kunnen omvatten 8660. Dit laatste cijfer zou in

het uur 34 640 beloopt, en daar het verschijnsel meer dan 7 uren duurde, gaat het getal vallende sterren die zich in dien nacht te Boston vertoonden 240 000 te boven, want men moet niet vergeten dat de grondslag van deze berekening genomen werd op een oogeblik toen het verschijnsel reeds merkbaar verzwakt of afnemende was."

Versecheidene minder belangrijke perioden heeft men op andere tijden van het jaar waargenomen, doch dezen zijn geenszins zoo geregeld als die van Augustus en November. Verder schijnt het dat deze laatsten, wat het getal vallende sterren in het uur betreft, nu eens afnemend en dan weder toenemend zijn. Van het getal 110 in Augustus 1848 is het in het uur gedaald tot 40 in 1858, en sedert dat jaar is het verschijnsel in die maand weer toenemende geweest tot in 1863, waarop het getal vallende sterren in het uur omstreeks middernacht op den 9, 10 en 11<sup>den</sup> Augustus geklommen is tot 67 sterren. In 1864 is dit getal gedaald tot 64, en in 1865 tot 58, volgens Coulvier Gravier. Doch die getallen hebben evenwel slechts een betrekkelijke waarde. Andere waarnemers die misschien een betere standplaats hadden, hebben meer sterren zien verschieten; zoo, bij voorbeeld, heeft Heis van Munster het getal van 141 sterren gevonden voor het uur ter middernacht in 1863. De Novemberval, die voorheen zoo merkwaardig was, is sedert 1834 zoodanig verminderd dat hij thans reeds minder is dan die in de laatste nachten van October gezien wordt. Sedert 1862 schijnt dit verschijnsel echter weer in toenemende richting en op weg naar een nieuw toppunt te zijn, dat volgens Olbers in 1876 bereikt zal worden.

Meestal zijn de strepen die de vallende sterren in de lucht maken, rechte lijnen, zooals gemakkelijk te zien is. Doch er zijn hierop ook uitzonderingen, en men heeft er gezien die voordat zij verdwenen een kromme lijn beschreven.

Ook hun gloed is zeer onderscheiden: sommigen zijn schijnbaar grooter dan de grootste vaste sterren, en zelfs dan Venus en Jupiter. Op een gegeven getal vallende sterren heeft men ongeveer tweederden wit van kleur bevonden, terwijl het overige derde gedeelte uit gele, oranjekleurige en groene sterren bestond.

Wij moeten nu over een zeer belangrijk feit spreken dat veel licht op den oorsprong van de luchtverschijnselen waarover wij thans handelen, geworpen heeft, en waardoor bewezen is dat zij van kosmischen aard zijn. Door het bestudeeren van de richting waarin de vallende sterren door de lucht schieten, heeft men bespeurd dat de meesten uit het zelfde punt des hemels voortkomen, hoewel zij zich overigens naar alle mogelijke richtingen verspreiden. De ster *Gamma* in het sterrebeeld de Leeuw is het uitgangspunt van de zwermen van November, en de ster *Algol* in het sterrebeeld Perseus, dat van die van Augustus. Bovendien blijven die punten de zelfden voor elke plaats waar men zich ook op aarde bevindt, en dus voor alle horizons. Daaruit moet men besluiten dat de vallende sterren licht gevende lichamen zijn, welker beweging onafhankelijk is van de omwenteling der aarde, en dus in het algemeen zich buiten de atmosfeer der aarde moeten bevinden; en dit besluit wordt ten krachtigste bevestigd door het feit dat het juist de sterrebeelden de Leeuw en Perseus zijn, waarheen onze aarde op hare baan rondom de zon zich in de twee tijdperken

van November en Augustus richt. Het is dus hoogst waarschijnlijk dat het verschijnsel hetwelk onder den naam van vallende sterren bekend is, veroorzaakt wordt door dat de aarde op haren weg rondom de zon een ring ontmoet, die uit myriaden van kleine hemellichamen samengesteld is, die gelijk de planeten rondom de zon wentelen, en waarvan de parallellopende bewegingen, van de oppervlakte der aarde gezien, schijnen te stralen uit het zelfde punt des hemels als waarheen onze planeet zich richt. Zoo zou werkelijk in deze onderstelling het voorkomen van de banen dezer lichamen volgens de wetten der perspectief zijn.

Bestaat er een enkele ring, die, op de eene plaats rijker en op de andere armer aan zulke kleine hemellichamen zijnde, daardoor eene verklaring geeft van het verschijnsel dat zij het eene jaar in veel grooter getal waargenomen worden dan in het andere? Of wel, moeten wij het bestaan van onderscheidene van elkander verwijderde ringen aannemen, die opvolgend door de aarde ontmoet worden? Volgens Faye is het Augustusverschijnsel vrij eenvoudig te verklaren door het bestaan van een ring van luchtverhevelingen die om de zon wentelt en de baan der aarde snijdt, maar dat van November is een veel meer samengesteld verschijnsel. De afzonderlijke vallende sterren die men elken nacht van het jaar en in alle richtingen ziet, zijn waarschijnlijk satellieten van onze aarde, die door haar medegesleept worden op haren weg door de zwermen heen. De thans bestaande voorraad van die satellieten, zegt Faye, zou eindelijk uitgeput geraken, als hij niet telkens omstreeks den 10<sup>den</sup> Augustus vernieuwd werd ten koste van den ontzaglijken ring van kosmische stof die om



de zon wentelt. Zodoende kan men, bij voorbeeld, een zeer merkwaardig feit verklaren: de zwerm van November 1837 werd in Engeland met eene groote pracht gezien als een regen van meteoren, terwijl men in Pruisen bij een helderen hemel niets meer zag dan de enkele vallende sterren van een gewonen nacht. Men begrijpt dat een zwerm van satellieten op de eene plaats opgehoopt kan zijn, maar zulks zou van een om de zon wentelenden ring niet te begrijpen zijn." Welke dezer twee hypothesen is de ware? Of wel in welke mate zijn beiden waar?

Uit de figuur op blz. 105 wordt het ons duidelijk hoe in de onderstelling van een enkelen ring de periodieke verschijnselen van Augustus en November verklaarbaar zijn. Het is daartoe genoeg te onderstellen dat het vlak van den ring bijna met het vlak van de ecliptica samenvalt, en dat de banen der vallende sterren een langeren ellips vormen dan de loopbaan der aarde. Door eenvoudig de figuur te beschouwen blijkt het ons dat de aarde een grooter getal vallende sterren moet ontmoeten in het gaan uit haar aphelium in Juli naar haar perihelium in het laatst van December, dan in het tegenovergestelde tijdperk van hare omwenteling. Dit is ook met de waarnemingen in overeenstemming.

Onderstellen wij twee verschillend op het vlak der ecliptica hellende ringen die dat vlak snijden, de eerste in Augustus en Februari, de tweede in Mei en November, dan kunnen wij de beide voornaamste zwermen van het jaar verklaren, en tevens de beide tijden waarop de minste vallende sterren gezien worden, namelijk in Februari en Mei. En zonderling! deze zelfde

hypothese kan een voldoende verklaring geven van het verdonkeren der zon op zekere tijdstippen, doordat de deeltjes van den ring zich tusschen de zon en de aarde bevinden; en tevens ook de verlaging van de temperatuur waardoor de maanden Mei en Februari gekenmerkt worden, verklaren. Maar voordat men die hypothese aanneemt, moet men weten of de verdonkeringen, waarover wij spreken, niet veroorzaakt worden door atmosferische verschijnselen, zooals bij voorbeeld een drooge mist, en vervolgens moet men met meer juistheid de wetten kennen die de afwisselingen der temperatuur op de zelfde tijdstippen volgen. Deze dingen evenwel worden tegenwoordig ijverig door Sainte-Claire Deville bestudeerd.

Men is er in geslaagd om de hoogte van een groot getal van vallende sterren op het oogenblik van haar verschijnen te bepalen, en heeft bevonden dat die zeer verschillend kan zijn. Humboldt zegt: "vallende sterren dalen bijna tot op de toppen van den Chimborazo en den Aconcagua, op 8000 meter boven den waterspiegel der zee." Aan den anderen kant zegt Heis dat eene vallende ster die ten zelfden tijde te Berlijn en te Breslau gezien werd, zich op eene hoogte van 46 myriameter bevond op het oogenblik waarop zij ontbrandde, en van 31 myriameter toen zij uitdoofde. Alle mogelijke hoogten tusschen die twee grenzen zijn er waargenomen, maar de meesten gaan 60 kilometer te boven, dat is de waarschijnlijke grenzen van de atmosfeer der aarde. Wij weten echter niet of er nog niet veel hooger zijn, daar het getal metingen betrekkelijk zeer klein is.

De afstand van eene vallende ster, berekend naar de

twee uiteinden van hare lichtstreep en den duur van haar verschijnen, zijn de twee dingen waardoor het mogelijk geweest is de gemiddelde snelheid van het lichaam gedurende den val te berekenen. Zoo heeft men de overtuiging bekomen dat die snelheid zeer groot is, en dat zij zelfs dikwijls de omwentelingsnelheid van de aarde overtreft, welke laatste, gelijk men weet, bijna 30 kilometer in de seconde is. Men spreekt van vallende sterren die zich in de ruimte bewogen met de verbazende snelheid van 70 kilometer, en van anderen met snelheden van 85 en zelfs van 175 kilometer in de seconde, wat dus van twee- tot vijfmaal de snelheid van de aarde is.

De groote snelheid waarmede de vallende sterren door de ruimte schieten, verklaart tot op zekere hoogte haar plotseling ontbranden. Onderstellende dat het vaste lichaampjes zijn, samengesteld uit gemakkelijk in brand gerakende stoffen, zooals, bij voorbeeld, zekere zwavelmetaalen zijn, dan moet de groote wrijving die zij in de bovenste lagen der atmosfeer ondergaan, eene zeer groote verhooging van temperatuur veroorzaken, die voldoende is om hare buitenste lagen in gloeiing te brengen.

Door verschillen in de scheikundige samenstelling is ook het verschil van kleur dat haar licht vertoont, te verklaren.

Onder het onmetelijke getal van vallende sterren die in den loop van een jaar in onzen dampkring aanlanden — men schat dat getal op millioenen — zijn er zonder twijfel velen die slechts door de atmosfeer der aarde heengaan, en vervolgens hare baan in de ruimte vervolgen, na ons het schouwspel van eene voorbijgaande gloeiing gegeven te hebben. Maar het is niet minder waar-

schijnlijk dat eene menigte ook in de sfeer van aantrekking van onze planeet aanlanden, om haar nooit weer te verlaten, en zoodoende de oppervlakte der aarde bereiken. Als dat zoo is, heeft men die vreemde lichamen op den aardbodem moeten vinden, ten minste als de hypothese dat het vaste lichamen zijn, niet valsch is. Het vallen van luchtsteenén, van ijzermassa's en van luchtstof, van dingen dus afkomstig uit de lucht, is evenwel bewezen, en in 't geheel niet meer een hypothese.

De overgang van de vallende sterren tot de vuurkogels is bijna onmerkbaar, de grenzen tusschen deze twee soorten van verschijnselen zijn bijna niet aan te geven.

Vuurkogels zijn lichtende massa's van een ronde of liever bolvormige gedaante. Gelijk de vallende sterren verschijnen zij plotseling, maar in 't algemeen bewegen zij zich langzamer en verdwijnen na eenige seconden. Hun licht is gewoonlijk minder helder, maar hunne veel grootere schijnbare afmetingen vergoeden dat verschil. Het licht dat een vuurkogel over de aarde verspreidt, staat soms bijna gelijk met dat van de maan.

De meesten hebben een lichtende streep achter zich, anderen breken bovendien in stukken, en soms gaat dat breken vergezeld van ontploffingen gelijk aan kannelschoten. Dr. Schmidt heeft te Athene in den morgen van den 19<sup>den</sup> October 1863 een zonderlingen vuurkogel waargenomen. Hij was dubbel, voorafgegaan en gevolgd door eene menigte kleine verhevelingen, die twee aan twee in parallele richting door de lucht vlogen, tot op het oogenblik waarop haar licht uitdoofde.

Vuurkogels zijn veel zeldzamer dan vallende sterren :

op zijn hoogst zijn er duizend zulke verschijnselen opgeteekend, en daarbij moet men in acht nemen dat ook de vuurkogels waarvan de geschiedverhalen van oude volken spreken, er bij gerekend zijn.

Het is zeer merkwaardig, en schijnt den zelfden oorsprong voor de vallende sterren en de vuurkogels aan te toonen, dat er meer vuurkogels in Augustus en November gezien worden dan op andere tijden van het jaar, en het geheele getal van Juli tot December overtreft ook dat van de vuurkogels die van December tot Juli waargenomen worden.

De hoogte waarop de vuurkogels zich bevinden, is soms zeer groot: zij verschilt van 12 tot 500 kilometer. "Daaruit moet men dus besluiten, zegt Arago, dat het plotselinge ontbranden der vuurkogels ver buiten de streken gebeurt, waarvan men thans onderstelt dat de luchtlagen zoo ijl zijn dat het onmogelijk zijn moet dat zij eenigen invloed op de stoffen waaruit de vallende bollen bestaan, kunnen oefenen."

Men heeft ondersteld, en niet zonder eenige waarschijnlijkheid, dat de aantrekkingskracht van de aarde in staat is om de vuurkogels als blijvende satellieten vast te houden.

De werken die over sterrenkunde handelen, halen de berekeningen aan van een fransch geleerde, Petit van Toulouse, die aan een dezer lichamen eene omwenteling om de aarde toekent, waarvan de duur 3 uren 20 minuten zou zijn. De afstand van dezen zonderlingen kameraad van onze maan wordt geschat op 8140 kilometer, van de oppervlakte der aarde af gerekend.

Vuursteen, luchtsteen, aëroliethen, meteorieten, of hoe men die lichamen wil noemen,



zijn ongetwijfeld delfstoffelijke zelfstandigheden die klaarblijkelijk uit de atmosfeer op aarde vallen, en wel als gevolgen van het barsten van een vuurbol of *bolide*: het zijn de brokken van zulk een hemellichaam. En daaraan is geen twijfel, want men heeft duidelijk de brokken van zulk een barstenden vuurbol op aarde zien vallen, en kunnen aanraken terwijl zij nog heet waren.

Soms dringen zulke luchtsteen diep in den bodem. Zoo, bij voorbeeld, ligt er in den grond van het eiland Lanaia-Uwai een aërolieth van 6 tot 7 meter in doorsnede, die men tot heden te vergeefs getracht heeft uit den grond op te halen.

Als men zulke steenbrokken aanraakt, onmiddellijk nadat zij op aarde gevallen zijn, brandt men zich de hand daaraan, maar zij koelen snel af, waardoor be-  
wezen wordt dat die hooge temperatuur slechts aan de buitenste gedeelten, aan de korst, en niet aan de geheele massa eigen is.

Men gelooft tegenwoordig vrij algemeen dat de boliden in zekere betrekking staan, wat hun oorsprong en wijze van bestaan betreft, met de menigte van kleine planeten die rondom de zon wentelen, en dat zij waarschijnlijk zelve een deel uitmaken van ons zonnestelsel.

Hoe dit alles ook zij, zeker is het dat de luchtsteen die op aarde vallen, voor ons zeer belangrijk zijn, als brokken van lichamen die vreemd zijn aan den bol dien wij bewonen. Daarom verzamelt men ook tegenwoordig vlijtig alle meteorieten die men kan vinden, en reeds vindt men belangrijke verzamelingen te Parijs, te Londen, te Weenen, en op eenige andere plaatsen, in ons land, vooral die van Prof. von Baumhauer te Haarlem. Die te Parijs, onder toezicht van Daubr e, bevat monsters

van 240 boliden, terwijl er, volgens Flammarion, gezamenlijk in de verschillende verzamelingen slechts 255 verschillenden gevonden worden.

Voorbeelden dat er door het vallen van zulke gloeiende luchtsteenen brand ontstaan is, zijn niet zeldzaam, en men kent in 't geheel veertien gevallen dat menschen gedood zijn door het vallen van een steen uit de lucht.

De grootste steenen die uit de lucht zijn gevallen, zijn de volgende:

De aërolieth die op den 15<sup>den</sup> Juni 1821 te Juvénas in Frankrijk is gevallen, weegt 92 kilogram zonder de verspreide stukken te rekenen.

Die van Chile, gevonden tusschen den Rio Juncal en Padernal in de Cordilleras van Macama, weegt 104 kilogram. Hij is op de tentoonstelling van 1867 te Parijs te zien geweest.

Die van Murcia, in het museum te Madrid, weegt 114 kilogram.

Die van Engisheim welke in 1492 daar gevallen is, weegt 138 kilogram. Maximiliaan I heeft hem zien vallen. Deze steen drong bijna twee meter diep in den grond, en is langen tijd als een wonder in de kerk bewaard.

De luchtsteen die op den 25<sup>sten</sup> December 1869 te Moerzoek te midden van een troepje Arabieren is gevallen, moet nog zwaarder zijn, want hij heeft bijna een meter in doorsnede. Hij zal in den loop van dit jaar naar Constantinopel worden gebracht, maar ongelukkig is er sprake van hem vooraf in stukken te slaan, om hem gemakkelijker te kunnen vervoeren.

De aërolieth van Caille in Frankrijk, die tot een bank bij de deur van de kerk heeft gediend, maar tegenwoordig in het museum te Parijs is, weegt 625 kilogram.

De aërolieth die in 1810, in den nacht tusschen den 20<sup>sten</sup> en 21<sup>sten</sup> April, te Santa Roca in Nieuw-Grenada is gevallen, weegt 750 kilogram. Toen men hem vond, lag hij bijna geheel in den grond.

De grootste en zwaarste luchtsteen die tot heden bekend is, is de aërolieth die door den veldtocht der Franschen in Mexico, naar Parijs is gekomen, en niet minder dan 780 kilogram weegt.

De scheikundigen hebben door een menigte analyses bewezen dat de luchtsteen geen enkele stof bevatten, die ook niet op of in de aarde wordt gevonden. De grondstoffen die men er in heeft ontmoet, zijn ten getale van twee en twintig. Ongeveer naar de hoeveelheid gerangschikt, zijn het volgende:

IJzer, magnesium, silicium, zuurstof, nikkel, cobalt, chroom, mangaan, titaan, tin, koper, aluminium, kalium, natrium, calcium, arsenik, phosphor, stikstof, zwavel, sporen van chloor, koolstof en waterstof.

---

---

## XI.

### DE WIND.

---

Salomo wist met al zijn wijsheid niet waar de wind van daan kwam en waar hij heen ging. In de omstreeks twee duizend jaar die er verlopen zijn sedert Salomo leefde, heeft de menschelijke geest niet stil gezeten: ook de wind is tot een voorwerp van studie gemaakt, en wat wij nu weten van den wind, waar hij van daan komt en waar hij heen gaat, willen wij in de volgende bladzijden mededeelen.

Een stroom in de lucht geven wij den naam van wind. Gelijk de stroomen in de zee aan wetten zijn onderworpen, zijn ook de stroomen in de lucht, de winden, geen verschijnsels die onbestendig, veranderlijk, wuft zijn als de wind, zooals het algemeen meent. Geenszins, ook in het gebied van Eolus, den god der winden, heeft de wetenschap vaste wetten opgespoord.

De waarneming heeft ons geleerd dat er op sommige plaatsen van den aardbol op vaste tijden vaste winden

waaien. Zulke vaste winden noemt men passaatwinden. Van het noorden en zuiden gaan twee altijd aanhoudende luchtstroomen naar den evenaar, waar eene bijna onafgebrokene windstilte heerscht, met eene afwijking naar het oosten, en vormen dus niet een noordewind en een zuidewind, maar een noordooste- en een zuidoostewind. Dit zijn de bekende passaatwinden, welker oostelijke afwijking van een rechten hoek met den evenaar een gevolg is van de omwenteling der aarde om hare as, en waardoor die beide luchtstroomen in zekere mate medegesleept worden.

Die in volle zee heerschende winden zijn reeds sedert langen tijd bij de zeelieden bekend geweest. De verklaring van het ontstaan dier passaatwinden is niet moeielijk. De heete luchtstroom die onder den evenaar met waterdamp bezwangerd opstijgt, verspreidt zich in de hoogte naar beide zijden, naar het noorden en het zuiden, en stroomt zoo verdeeld naar de beide polen. Op dezen weg, die door de omwenteling der aarde om hare as eveneens eene afwijking moet ondergaan, koelt de lucht, hoe nader naar de polen, steeds meer en meer af, laat haren waterdamp onder weg als regen, sneeuw enz. vallen, en valt zelve, door afkoeling dichter en zwaarder geworden, op de polen neder, om als passaatwinden naar den evenaar terug te keeren. De passaatwind wordt derhalve daardoor veroorzaakt dat er in de ledige ruimte, waaruit de verdunde, door de zonnestrallen verhitte lucht opgestegen is, aanhoudend lucht van het noorden en zuiden in-treedt, welker ledige ruimten van den zelfden kant af steeds weder door nakomende lucht aangevuld worden, en zoo gaat dit vervolgens tot aan de polen voort. Aan



de polen valt nu die van den evenaar gekomenen luchtstroom, geheel afgekoeld en zwaarder geworden, naar beneden, en gaat in de zoo even gemelde richting als benedenste luchtstroom naar den evenaar terug. Er moet dus, zoowel op het noordelijke als op het zuidelijke halfond, een bovenste luchtstroom zijn die van den evenaar naar de polen trekt, en een benedenste die van de polen naar den evenaar is gericht.

Maar ten opzichte van dien boven- en benedenstroom gaat het inderdaad in 't geheel niet zóó eenvoudig in het werk, want was dit zoo, dan zouden wij — zonder de onregelmatige winden boven het vaste land te rekenen — op het noordelijke halfond slechts noord-oost-passaten, en op het zuidelijke niets anders als zuid-oost-passaten hebben, wat, gelijk bekend is, geenszins het geval is.

De waarnemingen van den laatsten tijd hebben geleerd dat van die beschrevene luchtstroomen, welke tusschen den evenaar en elke pool waaien, de bovensten en de benedensten elkander in de keerkringen overkruisen, dat is dat de bovenste, van den evenaar naar de pool stroomende, bij den keerkring naar beneden daalt en een onderste wordt, terwijl de van de pool komende een bovenste is tot aan den keerkring, maar van daar tot aan den evenaar, een onderste, de passaat, wordt.

Als wij ons nu herinneren dat die bij den evenaar opstijgende verwarmde lucht aan weërskanten naar de polen afvloeit, dan spreekt het van zelf dat er aan beide polen eveneens windstilten bestaan moeten, daar de luchtstroomen die met gelijke kracht van alle kanten, als stralen naar een middenpunt, aan de pool bij-

eenkomen, elkander moeten vernietigen, gelijk twee even zware kogels die met eene gelijke snelheid tegen elkander aanrollen, bij het samenstooten stil moeten blijven liggen.

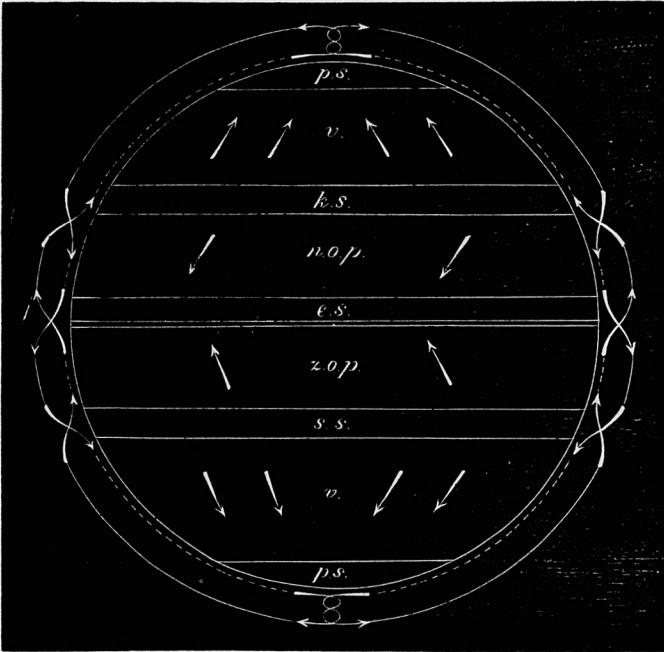
De figuur op blz. 123 zal ons den omloop van de lucht rondom de aarde duidelijk maken.

Ten noorden van de dubbele lijn, waarvan de onderste den evenaar beteekent, vinden wij (en dus niet nauwkeurig op den evenaar liggende) den gordel van de evenaarwindstilte en van den tropischen regen. Door *k. s.*, *s. s.* en *p. s.* zijn de beide keerkringswindstilten en de beide poolwindstilten uitgedrukt. Aan den evenaar stijgen de twee benedenste luchtstroomen, die van de beide keerkringen komen, opwaarts, terwijl zij elkander kruisen, en vloeien, als zoogenoemde bovenste passaten, naar het noorden en zuiden af. Bij de keerkringen ontmoeten zij de eveneens bovenste luchtstroomen, die van de polen komen, met welke zij zich kruisen, om nu als benedenste winden naar de polen af te vloeien, waar zij elkander weder kruisen, en van de polen af, naar oost en west, heengaan. De pijlen op de figuur beteekenen de richting der luchtstroomen, waarvan de benedenste stroomen door eene gestippelde, en de bovensten door eene onafgebrokene lijn aangewezen zijn. De bovenste en benedenste stroomen kruisen elkander dus vijfmaal, eenmaal aan den evenaar, tweemaal aan de keerkringen, en tweemaal aan de polen.

De aardbol is alzoo bestendig omringd door twee parallel stroomende luchtlagen, eene bovenste en eene benedenste, die echter op zekere plaatsen wisselende, uit ondersten bovensten en uit bovensten ondersten worden.

Zoo is in het algemeen de omloop van de lucht rondom de aarde, de oorzaak van de winden.

Als wij zeggen "in het algemeen" dan zonderen wij, wat van zelf spreekt, daarvan de onregelmatige landwinden uit, welke onregelmatigheid door oneffenheden



*p s*, poolstijl; *v*, veranderlijke richting van den wind van den evenaar naar de pool; *k s*, kreeftstijl; *n o p*, noordoostpassaat; *e s*, evenaarwindstijl; *z o p*, zuidoostpassaat; *s s*, steenbokstijl.

van den grond, door dichten plantengroei, door groote meren, door eene plotselinge of regelmatige verkoeling van bepaalde gedeelten der lucht, en door meer dergelijke oorzaken verwekt wordt.

In den winter wordt het land van Zuid-Afrika buitengewoon sterk verwarnd, terwijl ten zelfden tijde de hoog gelegene landvlakten van Midden Azie door eene hevige koude verstijven. Daardoor wordt de noordoostpassaat van het noordelijke halfmond buitengewoon versterkt, en zoo heerscht er dan van October tot April een zeer geregelde en krachtige noordoostpassaatwind op de zee tusschen Oost-Indie en Zuid-Afrika. In den zomer daarentegen gloeien de landvlakten van Midden-Azie in de brandende zon, terwijl in Zuid-Afrika het koele jaargetijde heerscht. Dan wordt de zuidoostpassaat van het zuidelijke halfmond tusschen die landen afgeleid, en waait als zuidwestewind naar de middenbreedten van het noordelijke halfmond: op de zee tusschen Afrika en Oost-Indie waait van April tot October een geregelde en krachtige zuidwestpassaat. Daar is de zeeman verzekerd van naar het jaargetijde of een noordoostewind of een zuidwestewind te zullen aantreffen, en zulke winden noemt men dus met recht jaargetijdewinden, of etesische winden. De Maleiers noemen hen *moessin*, jaargetijde, vandaar ons moesson. Zulke moessons kan men in vele streken waarnemen; bijna overal oefenen zij zekeren invloed op de windrichting, die in zeker jaargetijde de bovenhand heeft.

De zonnegloed van Afrika's woestijnen verhit de lucht die als bovenstroom noordwaarts vloeit, en meer of min oostwaarts afgeleid wordt, naar dat zij sneller of langzamer stroomt. Nederdalende, bereikt die stroom den aardbodem of reeds op de kusten van Noord-Afrika, of eerst in Italie, breekt tegen de Alpen, stijgt opwaarts en wordt terug geworpen, zoodat hij eerst weder

op eene groote hoogte den weg naar het noorden ruim heeft. Niet zelden bereikt hij dan aan de kusten van de Oostzee weder den aardbodem. Die wind is de *Simoen* van Afrika, de *Sirocco* van Italie, de *Fohn* van Zwitserland, de groote regelaar van het weder in Europa.

De zon verwarmt na haren opgang het land veel sneller dan de zee. Het gevolg daarvan is het opstijgen van de lucht boven het land, en het stroomen van de lucht die zich boven de zee bevindt, naar het land. Daar de werking der zon steeds in het oosten begint, ontstaat dat opstijgen der lucht vroeger in het oosten dan in het westen: de lucht stroomt derhalve van het westen naar het oosten, als 't ware de zon te gemoet. Die oostwaarts stroomende lucht is nog niet verwarmd. Daarom is de morgenwind een frissche, soms zelfs een recht koude wind. Wijl hij uit zee opkomt, noemt men hem ook wel zeewind. 's Avonds, als de zon ondergegaan is, koelt het land snel af, terwijl de zee hare warmte langer behoudt. Dan ontstaat er een wind van het land naar zee, de landwind of de avondwind, die als 't ware de zon achterna waait. Die beide dagwinden zijn in sommige streken zeer geregeld, vooral aan de westkusten der vaste landen. Aan zulke kusten die naar het oosten liggen, ontstaat bij dag een koele landwind en bij nacht een warme zeewind. Het omgekeerde geschiedt aan de tegenovergestelde kusten.

Naar de verschillende warmte, die een luchtstroom veroorzaakt, en naar den graad van verbreking van het evenwicht in de lucht, wat door den wind hersteld moet worden, beweegt zich de lucht met eene ongelijke snelheid. Van eene volkomene windstilte tot zeer sterke



luchtstroomen vindt met alle trappen. Zeer snel stroomende winden heeten stormen. Zij trachten met vreeslijk geweld alle voorwerpen die zij op hunnen weg vinden, mede te slepen. Spreekt men van de verschrikkingen van den storm, dan denkt men veelal tevens terstond aan de zee. Maar ontzettender zijn de stormen nergens dan in de steppen van Azie, waar zij nog heviger waaien dan op de wateren van den oceaán, en even als dáár, zonder belet te worden, voortsuizen. En ontzettend ook zijn zij in de woestijn van Sahara, waar zij den zandigen bodem zelf in beweging brengen, en het zand in dichte wolken omhoog jagen.

Treft het dat er twee verschillende luchtstroomen, welker richtingen slechts weinig verschillen, ten zelfden tijde waaien, dan vereenigen zij zich, en gaan voort in de richting van den sterksten. Verschillen echter de richtingen van beiden zooveel dat zij meer dan een rechten hoek uitmaken, dan stooten zij tegen elkander, en stroomen afgeleid nevens elkander voort. Daarbij wrijven zij noodzakelijk tegen elkander, en er ontstaat eene draaiing in de lucht, die op de plaats van samentreffing begint, en voortloopt zoo lang de beide winden nevens elkander waaien. Wanneer stormwinden zulk een draai- of wervelwind maken, noemt men dien wind een cycloon. Alles wat bewegelijk is, rukt hij mede voort; het zand der woestijn, zoowel als het water der zee, en vormt daaruit soms eene al ronddraaiende en voortgaande schroefvormige zuil, die zich van boven in eene wolk uitspreidt. Vrij smakeloos noemt men die verschijnselen windhozen, en onderscheidt naar de stoffen die door haar opgewonden worden, zandhozen of waterhozen.

Zulk eene ontmoeting van tegen elkander stroomende winden vindt voornamelijk plaats in streken waarin tijdelijk eene volkomene windstilte heerscht, en waar de passaatwinden zich nooit ongestoord kunnen ontwikkelen. Door de zeelieden worden derhalve zulke streken zeer gevreesd. Dergelijke oorzaken verwekken ook in andere streken zulke wervelwinden, vooral in de nabijheid van kusten, waar de op zee waaierende passaatwinden door de afwijkende landwinden gestuit worden. Zoo is de zee ten zuidoosten van China berucht wegens de zoogenoemde tyfoens of tyfoons. Daar de winden die in de wervelwinden tegen elkander kampen, gewoonlijk met de heerschappij van den een beginnen, en, langzamerhand overwonnen, met den zegepraal van den anderen eindigen, is, behalve de wervelbeweging die op de plaats van samentreffen ontstaat, ook in het algemeen eene langzame verandering van de richting van den luchtstroom merkbaar: de wervelwind rukt dus voort, een grooten boog beschrijvende, die in elke streek ongeveer steeds den zelfden vorm aanneemt. Door eene menigte nauwkeurige waarnemingen heeft men dien loop der stormen in den laatsten tijd beter dan vroeger leeren kennen, en men vertrouwt, door volhouden in het verzamelen van feiten, de wetten waarnaar die loop zich richt, zóó goed te zullen leeren kennen, dat het mogelijk zal worden vooruit te weten waar en wanneer een stormwind zal waaien. Dat die kennis voor den zeeman hoogst belangrijk is, behoeft geen betoog.

Nu nog een enkel woord over de snelheid waarmede de luchtstroomen voortgaan. De zeeman noemt een luchtstroom die in eene seconde eene ruimte van

1 meter doorloopt, eene koelte of een bries; van 1 tot 3 meter is de koelte flauw; van 3 tot 5 meter is zij eene labberkoelte; van 5 tot 7 meter eene frissche; van 7 tot 10 meter eene stijve; van 10 tot 15 meter eene harde koelte; ook wel harde wind of storm. Doorloopt de wind meer dan 15 meter in de seconde, dan is de storm hevig, en van 30 tot 50 meter vliegend.

Elke wind brengt de warmte mede van de streek waarin hij ontstaat. Nu eens is de lucht die door den wind tot ons komt, warmer, dan weder kouder dan de lucht bij ons is. Men spreekt derhalve van warme, milde, koele en koude winden. De landwinden zijn meestal in den zomer warmer, en in den winter kouder dan de zeewinden. De laatsten matigen in den zomer den gloed, en in den winter de vorst op het land. De onderpassaatwinden zijn in 't algemeen koel en de bovenpassaten daarentegen warm. In elke streek is de invloed van de verschillende windrichtingen op den warmtetoestand anders. Bij ons zijn de noorde- en oostewinden koud, de zuide- en westewinden warm. De zuidwestewind brengt ons de meeste warmte.

---

l  
er  
e  
0  
e  
r  
t  
  
k  
n  
e  
,  
n  
r  
n  
t  
el  
k  
n  
-  
-

