



# **Jaarlijksch verslag betrekkelijk de verpleging en 't onderwijs in het Nederlandsch Gasthuis voor Ooglijders met wetenschappelijke bijbladen.**

<https://hdl.handle.net/1874/363860>

Deel

2900.

ZEVENTIENDE JAARLIJKSCH VERSLAG

BETREKKELIJK

DE VERPLEGING EN HET ONDERWIJS

IN HET

NEDERLANDSCH GASTHUIS

VOOR

OOGLIJDERS.

UITGEBRACHT IN MEI 1876

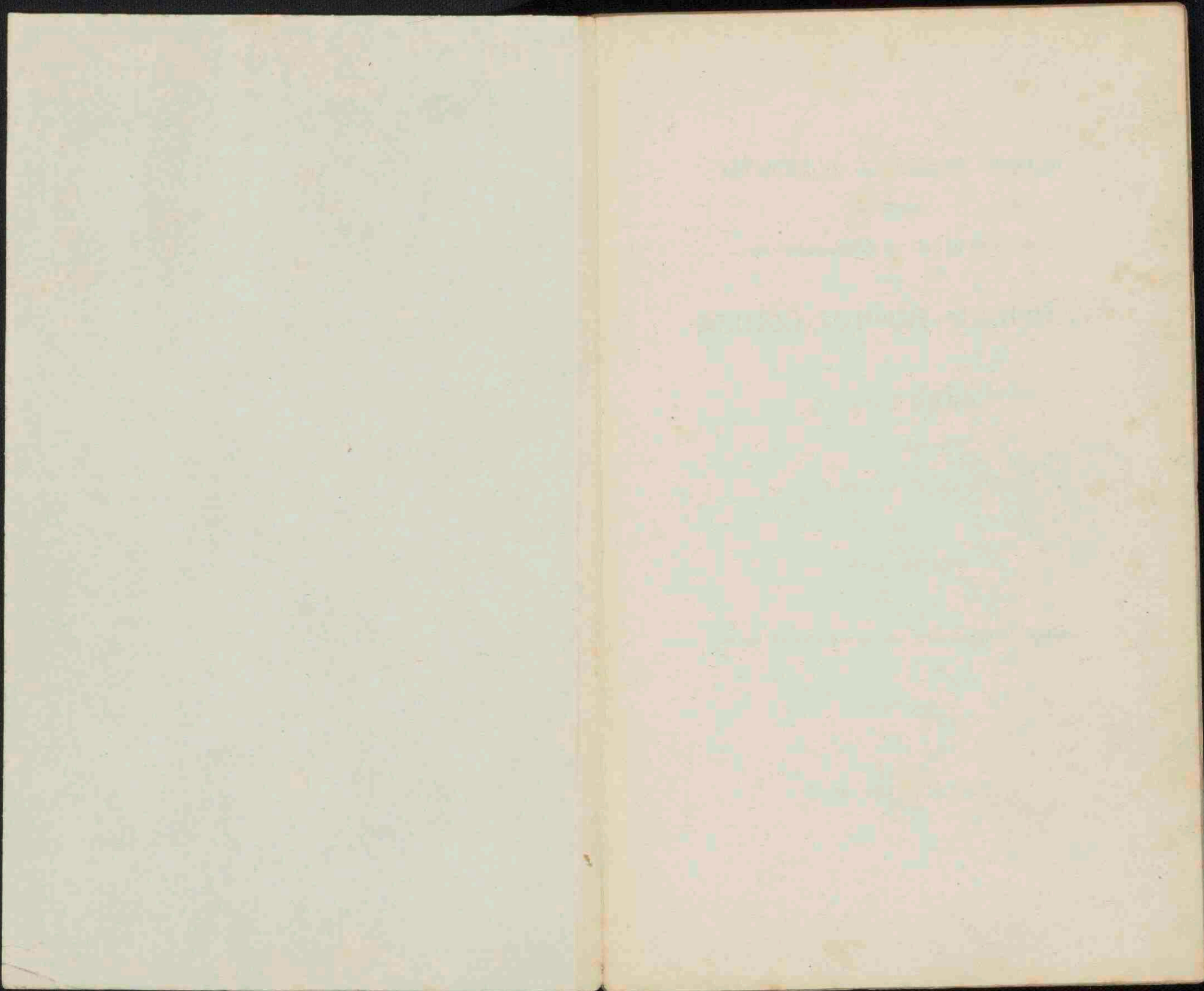
DOOR

F. C. DONDERS.

Met het dertiende nummer der wetenschappelijke bijbladen.

UTRECHT,  
P. W. VAN DE WEIJER.  
1876.





2900.

ZEVENTIENDE JAARLIJKSCH VERSLAG

BETREKKELIJK

DE VERPLEGING EN HET ONDERWIJS

IN HET

NEDERLANDSCH GASTHUIS

VOOR

OOGLIJDERS.

UITGEBRACHT IN MEI 1876

DOOR

F. C. DONDERS.

Met het dertiende nummer der wetenschappelijke bijbladen.

UTRECHT,  
P. W. VAN DE WEIJER.  
1876.



ZWAARTENDIEN JAARLIJKSCH VERSLAG

VERZAMELT

DE VERZAMELINGS-EN HET ONTWERP

NEDERLANDSCH GASTHUIS

DOOR DR. F. C. DONDERS



Het bij de afzender bedoelde boek is vóór de afzender afgeleverd

HERMAN SNELLEN  
DE W. VAN DE WERKEN  
1891

## INHOUD

Zeventiende jaarlijksch verslag door F. C. DONDERS. . . . . Blz. 1

### WETENSCHAPPELIJKE BIJBLADEN.

1. Over parallelle rolbewegingen der oogen, (met plaat I),  
door Dr. M. E. MULDER . . . . . 1
2. Naschrift, over de wet der ligging van het netvlies in be-  
trekking tot die van het blikvlak, door F. C. DONDERS . . . 68
3. Proeve eener genetische verklaring der oog-bewegingen,  
door F. C. DONDERS. . . . . 73
4. Die Directionskreise des Blickfeldes (hierzu Tafel II), door  
Dr. F. KÜSTER . . . . . 137
5. De Phakometer, ter bepaling van focus en centrum van  
brilglazen (met plaat III), door Dr. HERMAN SNELLEN . . . 204

ZEVENTIENDE JAARLIJKSCH VERSLAG,  
betrekkelijk de verpleging en het onder-  
wijs in het *Nederlandsch Gasthuis voor*  
*Ooglijders*, van den 1. Januari 1875 tot  
den 1. Januari 1876, — ter vergade-  
ring van Bestuurders en Afgevaardigden,  
gehouden te Utrecht den 22. Mei 1876,  
uitgebracht door F. C. Donders, Direc-  
teur der Instelling.

*Hooggeachte Heeren, Bestuurders en Afgevaardigden!*

Het jaar 1875, in dezen gelijk aan zijne zestien voor-  
gangers, heeft alleszins verblijdende uitkomsten voor  
onze stichting opgeleverd. Zij bleef naar vermogen be-  
antwoorden aan hare dubbele roeping, van te zijn een  
instelling van liefdadigheid, waarin behoeftige en min-  
vermogende ooglijders hulp vinden, en een inrichting van  
onderwijs, die aan de ontwikkeling en verspreiding der  
oogheelkunde dienstbaar is.

Indien bestendigheid van uitkomsten in opvolgende  
jaren een kenmerk heeten mag van de deugdelijkheid der  
grondslagen, waarop een instelling is gebouwd, dan mag  
men wel beweren, dat die hier gebleken is. Om U hier-  
van te overtuigen, zal het voldoende zijn, de resultaten  
der jaren 1874 en 1875, die inderdaad een merkwaar-  
dige overeenkomst aanbieden, naast elkander te plaatsen.

Wij vinden:	1874.	1875.
behandelde lijders. . . . .	1735.	1726.
verpleegde „ . . . . .	348.	362.
aantal verpleegdagen. . . . .	8987.	9197.

## Lijders afkomstig uit:

	1874—1875.		1874—1875.	
	Behandelden.		Verpleegden.	
de stad Utrecht . . . . .	553.	546.	8.	7.
„ prov. Utrecht . . . . .	249.	282.	21.	22.
„ „ Friesland . . . . .	14.	8.	4.	5.
„ „ Groningen . . . . .	13.	12.	7.	8.
„ „ Drenthe . . . . .	13.	11.	8.	7.
„ „ Overijssel . . . . .	82.	63.	32.	36.
„ „ Gelderland . . . . .	203.	201.	65.	72.
„ „ N. Holland . . . . .	132.	124.	28.	25.
„ „ Z. Holland . . . . .	230.	204.	51.	43.
„ „ Zeeland . . . . .	35.	41.	17.	28.
„ „ N. Brabant . . . . .	198.	210.	99.	107.
„ „ Limburg . . . . .	3.	1.	1.	0.
Vreemdelingen. . . . .	10.	3.	7.	2.
	1735.	1726.	348.	362.

Is voor sommige provinciën eene vermeerdering, voor andere eene vermindering te bespeuren, de verschillen zijn zoo luttel, dat wij naar de oorzaken daarvan niet behoeven te vragen. Maar het treft ons, dat op den duur de noordelijke provinciën zoo schraal vertegenwoordigd zijn. Zoo was het aanvankelijk ook met Noord-Brabant, dat thans zijnen weg hierheen gevonden heeft, en zoo is het nog met Limburg, de zuidelijkste onzer provinciën. Onze voorspelling, dat de gemakkelijker

communicatie-middelen daarin een verandering zouden brengen, is dus nog niet bewaarheid geworden. Ongetwijfeld zijn in die provinciën, waar geene speciale instellingen bestaan, nog vele lijders van de gewenschte hulp verstoken.

Met het aantal verpleegden van 348 tot 362 is ook dat der verpleegdagen iets toegenomen, van 8987 op 9197, zoodat de gemiddelde verplegingsduur genoegzaam gebleven is wat hij was — het vorig jaar minder dan 26, thans meer dan 25 dagen.

Van de verpleegden werden opgenomen:

	182 voor eigen rekening	met 3716 verpleegdagen
31 „ rekening van particulieren		„ 1105 „
21 „ „ „ diaconiën		„ 588 „
65 „ „ „ armbesturen		„ 2220 „
45 „ „ „ gemeente-besturen		„ 1191 „
12 „ „ „ liefdegestichten		„ 273 „
6 kosteloos		„ 104 „
362		9197 „

Kosteloze verpleging kwam weinig voor. Toch aarzelen wij niet, de lijders, die zich aanmelden, onmiddellijk op te nemen, wanneer dit door den aard van hun lijden gevorderd wordt, ook dan niet, wanneer het onzeker is, of op eenige tegemoetkoming in de verpleegkosten te rekenen valt. Meestal intusschen worden armbesturen, gemeentebesturen of diaconiën bereid gevonden ze te dragen voor hen, die niet zelve in staat zijn, daarin te voorzien of niet reeds door particulieren waren aangevraagd, met de verklaring er voor in te staan. Het verpleggeld is trouwens zeer laag gesteld. Terwijl de verpleegdag der instelling op meer dan één gulden te staan komt, afgezien van het kapitaal, waarmede zij werd gevestigd,

wordt slechts een tegemoetkoming van f 0.60 gevorderd. De vraag is wel gerezen, of het niet wenschelijk ware, dit bedrag hooger op te voeren. Ongetwijfeld komen er onder de verpleegden enkelen voor, die zeer wel zouden in staat zijn het volle bedrag der werkelijke kosten te voldoen, en het zou geen onrecht zijn aan gemeenten en armbesturen, naast de kosteloze behandeling, algeheele schadeloosstelling te eischen voor de verpleging. Maar zeker is het, dat, bij het kleine verpleeggeld, deze laatste vrijgeviger zijn in het verstrekken van verpleging, en dat dus de behoeftige ooglijders er zelve door worden gebaat. En wat de minvermogenden betreft, hen, die zelve in de kosten voorzien, hierbij leidt ons de gedachte, dat het zeker geen kleiner weldaad is armoede te voorkomen dan ze te lenigen. Zoo is en blijft onze Stichting een instelling van liefdadigheid voor allen, die zich aanmelden, voor de verpleegden niet minder dan voor de behandelenden, die met het advies ook de benodigde geneesmiddelen kosteloos ontvangen. „Zoo laag mogelijk en zoo veel mogelijk,” zoo luidde bij de beraadslaging over de verpleging het advies van een onzer geachte Regenten. Dat is inderdaad de geest, waarin de instelling werd opgericht, het doel waarmede de stichters haar in het leven riepen. Met de bepaling van f 0.60 per verpleegdag zijn nu echter de grenzen bereikt, die onze middelen toelaten. Door lager te dalen en vrijgeviger te zijn met kosteloze verpleging zouden de inkomsten verminderen en — bij het stijgend aantal, dat zich ter verpleging zou aanmelden, de uitgaven vermeerderen. Wel is waar, is de gelegenheid, om oogheilkundige hulp te vinden, in de laatste jaren in ons Vaderland toegenomen, en onze instelling is daaraan wel niet vreemd gebleven. Zooals zij de school is, waarin onze oogheilkundigen zich hebben ge-

vormd, zoo was zij het voorbeeld, dat andere inrichtingen in het leven riep. Zij is er zoo weinig jaloersch van als een moeder van hare kinderen. Maar ondanks de betere gelegenheid, nu ook elders geboden, blijven er nog ooglijders genoeg over, die de noodige hulp misten, en gaat nog menig gezichtsorgaan verloren, dat door een tijdige behandeling had kunnen worden gered. Wij blijven dus aandringen op milde ondersteuning, ten einde in staat te zijn, op nog meer vrijgevige wijze en zodoende op ruimer schaal hulp te verleenen, waar ze noodig is.

Onze instelling gaat voort zich te onderscheiden door de belangrijkheid der gevallen, die zij aan hare zorg ziet toevertrouwd. Wanneer wij zien, dat het getal groote operaties, die in den loop van dit jaar weder ten getale van 300 verricht werden, bijna gelijk is aan dat der verpleegden, dan behoeven wij wel niet naar andere bewijzen te zoeken. Onder die operaties kwamen 77 gevallen voor van extractie van cataract (grauwe staar), 24 puncties van cataract, 20 operaties van nastaar en 86 maal de operatie van iridectomie, vergrooting van den oogappel of vorming van een nieuwen oogappel, 27 maal de operatie van binnenwaarts gekeerde oogleden, en niet minder dan 21 maal de exstirpatie van den oogbol. Bovendien 7 plastische operatiën, die grootendeels de vorming of verplaatsing van nieuwe oogleden ten doel hadden en tot de meest gewichtige en leerrijke kunstbewerkingen behooren. Voorts werden belangrijke gezwollen verwijderd en 22 maal de operatie tegen scheelzien verricht. Uit de resultaten blijkt, dat, door verbetering der methoden, de operaties niet alleen een volkomener succès bereiken, maar ook veiliger en veiliger geworden zijn. Stelt u voor, dat meer dan honderd blinde oogen het gezicht herkregen, en gij begrijpt, hoevele dankbare harten onze



instelling verlieten. Daaronder komen treffende gevallen voor. Zoo herinner ik mij een vrouwtje, door ouderdom dermate gebogen, dat zij niet meer liggen kon, en jaren lang, zoo drukte zij zich uit, op haren stoel blind den dood had zitten afwachten, die maar niet komen wilde. Nu werd het haar te zwaar. In volkstaal sprak zij de gedachte uit, door Schiller in zijn „Sterben ist nichts; doch leben, und nicht sehen — das ist ein Unglück” neergelegd. Ik had het geluk haar met het leven te verzoenen. En onlangs nog zag ik het oog eener betrekkelijk jonge vrouw stralen van verlangen, om hare kinderen te zien, die zij in zes jaren, — zooveel tijd had ze noodig gehad, om den weg tot ons gasthuis te vinden, — in zes jaren niet had mogen aanschouwen. Soortgelijke voldoening heeft Doctor Snellen, die in de laatste jaren hier verreweg het grootste deel der operaties verrichtte, zeker nog in veel ruimere mate ingeooft.

Aan het eind van het verslag vindt men de statistiek der behandelde ziektevormen, die er toe kan bijdragen, om U een juist denkbeeld te geven van den aard en den omvang der verpleging en behandeling in onze instelling.

Aangaande het onderwijs valt niets buitengewoons te zeggen. De belangstelling, die eenigszins verflauwd scheen, — in mijn vorig verslag maakte ik daarvan gewag en wees tevens op de oorzaken, — werd weder aangewakkerd. De cursus loopt nu ten einde: den nieuwen hopen wij met een grooter aantal leerlingen aan te vangen, met een gedeelte alvast „der veelbelovende schare,” die het vorige jaar, zooals ik u mededeelde, reeds in aantocht was.

Naast de gewone toehoorders, ontbreken de buitengewone niet, daaronder militaire geneeskundigen, voor een deel uit onze overzeesche bezittingen, met verlof in het moederland, voorts vreemde kunstgenooten, die hier kor-

teren of langeren tijd vertoefden, om hunne vorming als specialisten te voltooien, sommigen om als assistenten op te treden, of om zich voor het onderwijs aan buitenlandse Universiteiten voor te bereiden. De rijkdom der hulpmiddelen, waarover wij hier beschikken, is het vooral die hen aantrekt. Die schat is in het laatste jaar weder vermeerderd met een belangrijk werktuig, den Phakometer, dat wij aan het vernuft van Dr. Snellen te danken hebben. Het is bestemd, om den brandpuntsafstand te bepalen onzer brilglazen en van lenzen in het algemeen. In verband met de invoering van het metrieke stelsel voor het brekend vermogen der lenzen is het geroepen groote diensten te bewijzen. Van de wenschelijkheid dier invoering zijn wij sedert lang doordrongen. Reeds op het tweede oogheilkundig congres, in 1866 te Parijs gehouden, werd eene commissie benoemd, om het vraagstuk te onderzoeken; maar niemand had het recht, ook een congres niet, al trad het op oogheilkundig gebied schier met het karakter van concilie op, de invoering van een stelsel voor te schrijven. Intusschen werden omtrent de eenheid, die de grondslag worden moest van het stelsel, velerlei voorstellen gedaan, die elkander den voorrang betwistten, en omtrent dien grondslag moest men het eens worden, wilde men aan de invoering denken. Spoedig kwam ik tot de overtuiging, dat de natuurlijkste en tevens de doelmatigste eenheid van het metrieke stelsel de zoogenoemde meterlens was, als zoodanig door Nagel reeds voorgeslagen, de lens van één meter brandpuntsafstand, wier brekend vermogen Monoyer met den naam van Dioptrie bestempelde. Onze glazen zouden dan eenvoudig als 1, 2, 3, 4, enz. genummerd worden, vertegenwoordigende een brekend vermogen van 1, 2, 3, 4 Dioptriën, dat is van 1,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{4}$  meter brandpuntsafstand enz., — de

onderdeelen, zoover ze zouden blijken noodig te zijn, in decimalen uit te drukken, als 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, enz. Van dat stelsel had ik gelegenheid den vorigen zomer de voordeelen in het licht te plaatsen, achtereenvolgens op de bijeenkomst van de ophthalmologische Gesellschaft te Heidelberg en op het Congres périodique international, te Brussel gehouden, en bij vele blijken van instemming ontmoette ik geen tegenspraak hoegenaamd. Oogenschiijnlijk was een belangrijke schrede gedaan op den weg tot invoering. Trouwens voor ons was het pleit reeds voldingend beslist. Nauwelijks hadden wij vernomen, dat te Parijs bij den Heer Roulot naar het metrieke systeem geordende glazen te verkrijgen waren, of onze eerste zorg was, ons in het bezit te stellen van een stel dier glazen, door de persoonlijke bemoeiingen van Dr. Snellen te Parijs in verband met de praktische behoefte uitgekozen. En onmiddellijk voerden wij bij de bepaling der refractie en bij het voorschrijven van brillen het stelsel in. De voordeelen, die het opleverde, overtroffen verre onze verwachting. Het is hier de plaats niet ze in het licht te stellen. Genoeg, dat mijn betoog een krachtigen steun vond in de verklaring, die ik gerechtigd was af te leggen, dat het stelsel den toets der praktijk met goed gevolg had doorstaan. Toch moest men bij de invoering op een groot bezwaar bedacht zijn. Alle fabrieken zijn in verband met het oude stelsel ingericht, en het was te voorzien, dat de fabrikanten slechts langzaam en schoorvoetend tot de verlangde wijziging zouden overgaan, die de hernieuwing zou vorderen van een groot deel der werktuigen, bij de fabricatie in gebruik. Wij zouden een lange en moeilijke overgangsperiode moeten doorworstelen, eene periode, waarin men weinig vertrouwen kon schenken aan de nummers, waaronder de glazen zouden worden afgeleverd. Om de daar-

aan verbonden nadeelen uit den weg te ruimen, was het een dringend vereischte, een nauwkeurige, zekere en vooral praktische methode te bezitten, om den brandpuntsafstand van glazen te bepalen. In die behoefte nu is door den Phakometer van Dr. Snellen op de gelukkigste wijze voorzien. Zonder eenige voorbereidende kennis, kan een iegelijk in eenige minuten leeren, hoe zich van dit werktuig te bedienen, om het brekend vermogen der glazen onmiddellijk in Dioptriën af te lezen. Het zet de kroon op ons streven, om het stelsel overal ingang te doen vinden, en ik durf voorzegggen, dat binnen betrekkelijk korten tijd de zoo gewenschte eenheid zal verkregen zijn. Aan de eene zijde is het belang der fabrikanten daarin betrokken, om glazen te leveren, die de contrôle met den Phakometer, een werktuig, dat spoedig in aller handen zijn zal, kunnen doorstaan, en aan de andere zijde kunnen de oogartsen zich ieder oogenblik vergewissen, of hunne voorschriften zijn opgevolgd. Zelfs in Engeland, waar men in het algemeen zoo vasthoudend is aan eenmaal aangenomen stelsels, geeft men blijk van ingenomenheid met het nieuwe, — getuige de uitnoodiging, waarmede ik werd vereerd, om het in Londen op een vereeniging van ophthalmologen te komen verklaren, waaraan ik eerstdaags hoop gevolg te geven. Die uitnoodiging staat in verband met de algemeene tentoonstelling van wetenschappelijke werktuigen, die den 15. Mei door de koningin Victoria in het South Kensington Museum geopend is, alwaar het physiologisch Laboratorium en de ophthalmologische school van Utrecht door tal van werktuigen zijn vertegenwoordigd en de Phakometer van Dr. Snellen niet ontbreekt.

De beschrijving van dit werktuig en het gebruik, dat er van gemaakt werd, om van de uit verschillende plaat-

sen ontvangen glazen de brandpuntsafstanden te bepalen, zal in de aan dit verslag toegevoegde wetenschappelijke bijbladen worden opgenomen. Daarin heeft men verder een belangrijk onderzoek te wachten van Dr. Küster, Docent aan de Universiteit te Leipzig, die ons ten tweede male bezocht, om zijn onderzoek met het alhier geconstrueerde cycloscop te voltooien. Ik hoop zelf daaraan de „proeve” toe te voegen „eener genetische verklaring der oogbewegingen”, die mij sedert jaren bezig hield en thans kon worden afgesloten. Dit moge voldoende zijn om te bewijzen, dat onze instelling niet slechts dienstbaar is aan de ontwikkeling der praktische oogheekunde, maar ook voor de wetenschap eenige vruchten tracht af te werpen.

Overgaande tot het personeel, aan onze instelling verbonden, hebben wij met erkentelijkheid de goede diensten te herdenken van Dr. F. M a n n h a r d t, die een jaar lang interne was in ons Gasthuis en zich met ijver en nauwgezetheid van al zijne plichten kweet. Met grondige theoretische en praktische kennis toegerust, heeft hij zich te Hamburg als oogarts gevestigd, alwaar onze beste wenschen hem vergezellen. Zijne plaats is ingenomen door Dr. B o u v i n, dien wij hopen in eene meer blijvende betrekking aan de instelling verbonden te zien. Vroeger reeds een tijd lang onze assistent, oefende hij vijf jaren lang zelfstandig de oogheekunde uit, maar voelde zich op zijn geïsoleerd standpunt niet bevredigd en kon den inwendigen drang, om zich aan een grooter centrum aan te sluiten en in praktijk en omgang gelegenheid te vinden tot ruimere ontwikkeling, geen weerstand bieden. Zijn wensch vond bij ons gereedelijk ingang, en wij hebben nu het voorrecht, hem als tweeden geneesheer aan onze instelling verbonden te zien, waar hij zoowel

in betrekking tot het onderwijs als tot de behandeling der lijders reeds sedert negen maanden de voortreffelijke diensten bewijst, die wij meenden van hem te mogen verwachten.

Wij hadden ook te voorzien in het treurig verlies, dat onze instelling leed door den dood van den braven S c h o o n h o v e n, die van de oprichting af vader was van ons gesticht, vader in den vollen zin des woords. Bij de oprichting gevoelden wij al het gewicht der keuze van den man, die als oeconoom de materiële belangen van het gesticht zou moeten behartigen en als binnenvader de lijders aan zijne zorgen zou zien toevertrouwd.

Al spoedig bleek, dat wij gelukkig waren geweest in onze keuze, en de oude S u e r m a n zeide: „die menschen”, hij meende S c h o o n h o v e n en zijne vrouw, „zijn ons een gave Gods”. Na hem in de vervulling zijner betrekking 16 jaren te hebben gadeslagen, kan ik getuigen, dat hij een voorbeeld was van trouwe en ijverige plichtsbetrachting. Met hart en ziel en met al de krachten, die in hem waren, leefde hij voor onze instelling. Werkzaam en wakker en tevens liefderijk en blijmoedig, vereenigde hij in zich de eigenschappen, die in het belang der inrichting en in dat der lijders werden gevorderd. Met welwillendheid en een zachtmoedigheid, die weldadig werkte op de geheele omgeving, wist hij zooveel kracht te paren, als noodig was, om de gepaste stemming, de orde en de tucht te handhaven, die in een gesticht als het onze nooit mogen ontbreken. In iedere richting wist hij zich nuttig te maken. Hij belastte zich met de zoogenoemde kleine administratie en de daaraan verbonden correspondentie; hij teekende de platen voor het onderwijs, waarbij hem zijne gelukkige beoefening der calligraphie, die u blijken kan uit de door hem

vervaardigde naamlijst der bestuurders, een sieraad onzer vestibule, zeer te stade kwam, en hij maakte zijne kennis onzer letterkunde dienstbaar aan onze patienten, die hij iedere week een of meermalen om zich verzamelde, om hen met een altijd goed gekozene, hetzij stichtelijke, hetzij andere nuttige lectuur bezig te houden.

Het laatste jaar namen zijne krachten af; maar in plaats van zich rust te gunnen zocht hij door verdubbelde inspanning nog in alles te voorzien. Midden in zijn werk trof hem een apoplexie: dat was het begin van het einde. Wel richtte hij zich na verschillende aanvallen tijdelijk weder op; maar lichaam en geest weigerden hem meer en meer hunne dienst. Op zijn sterfbed, in half bewustentoonstand, hielden de zorgen onzer instelling hem nog altijd bezig. Hij overleed den 9. September, diep betreurd door zijne betrekkingen, door het geheele dienstpersoneel, dat hem achting en liefde toedroeg, en niet het minst door de Regenten en den Directeur, die hem als mensch en als vader onzer instelling hoog waardeerden. Leefft Schoonhoven voort in de harten van duizende lijdens, waaraan hij met innige deelneming zijne vaderlijke zorgen had gewijd, in ons gesticht zal zijn wijs beheer en onverdeelde toewijding in gezegend aandenken blijven.

De moeder, zijne waardige echtgenoot, die onder zijne leiding voortdurend goede diensten aan de inrichting had bewezen, verliet ons noode, en noode zagen wij haar vertrekken. Maar de inrichting eischte, dat aan een echtpaar de zorgen werden toevertrouwd, en Regenten gelooven gelukkig te zijn geweest in de gedane keuze van Johannes Karel Guise, die in het leger, tot den rang van adjudant onderofficier opgeklimmen, en met zijne echtgenoot in twee instellingen, waarvan het inwendig beheer hun was toevertrouwd, zich stipt en ijverig van zijnen plicht ge-

kweten had. Aan moeder Schoonhoven meenden wij een bewijs te moeten geven van erkentelijkheid voor de uitnemende diensten, zestien jaren lang door haar en haren overleden echtgenoot met onkreukbare trouw bewezen, overtuigd, dat wij hiermede ook handelden in uwen geest.

Ook in het college van Regenten is weder eene plaats ledig geworden. De dood eischt telkens hare offers, soms op de treffendste wijze. Suerman, van Boetzelaer van Dubbeldam en van den Wall Bake treden ons op deze plaats weer voor den geest. Thans ontviel ons het jongste Lid van het college, de Heer Clotterbooke Patijn van Kloetinge, die nog slechts korten tijd onder ons had plaats genomen en dien wij hadden gehoopt lang in ons midden te zien.

De warme ijver, waarmee de Heer Patijn werkzaam was in iedere betrekking, waartoe hij zich geroepen zag, rechtvaardigde de hooge verwachting, die wij van zijne belangstelling in onze inrichting koesterden. Maar hij had een zwakke gezondheid, die meer dan eens zijn leven in gevaar bracht en in verband met den hem bezielenden ijver tot een geprikkelden hersentoonstand voerde, die na lang lijden en strijden de noodlottige oorzaak werd van zijn vroegtijdigen dood. Wij hebben hem diep betreurd, niet alleen als Regent onzer Stichting, maar ook als edel rechtschapen mensch, die in stoffelijken en in geestelijken zin zijne krachten veil had voor zijne medeburgers.

Ten slotte heb ik U, uit naam van Regenten, een overzicht te geven van de finantiële uitkomsten, die onze Stichting in het jaar 1875 heeft opgeleverd.

Wij hebben te onderscheiden tusschen het verplegings- en het kapitaalfonds.

De ontvangsten van het verplegingsfonds bedroegen:

aan verpleeggelden . . . . .	f	5612.22 <sup>s</sup>
„ jaarlijksche bijdragen . . . . .	„	4971.80
„ renten van kapitalen . . . . .	„	1249.10
„ huur van gebouwde eigendommen. . . . .	„	450.—
	f	12283.12 <sup>s</sup>

## De uitgaven:

Aan onderhoud van gebouwen. . . . .	f	1329.24 <sup>s</sup>
„ grond- en andere belastingen . . . . .	„	233.63 <sup>s</sup>
„ tractementen, enz. . . . .	„	2154.96
„ voeding, verwarming, enz. . . . .	„	5345.78 <sup>s</sup>
„ kleeding en meubilair. . . . .	„	1194.84 <sup>s</sup>
„ kosten van beheer . . . . .	„	448.72
„ chemicaliën en instrumenten . . . . .	„	985.10
	f	11692.29

Dit levert op de dienst van dit jaar een voordeelig saldo van . . . . . f 590.83<sup>s</sup>

Die uitkomst schijnt bijzonder gunstig. Wij mogen echter niet nalaten op te merken, dat vele achterstallige verpleeggelden werden geïnd, en dat bovendien van twee plaatselijke commissiën het vorig jaar de gewone bijdragen niet ontvangen waren en nu in eens over twee jaren werden gestort. De verhooging der jaarlijksche bijdragen met ruim f 400 is dus als fictief te beschouwen en fictief is daarom evenzeer het batig saldo. Toch moeten wij erkentelijk zijn voor de welgeslaagde pogingen, hier en elders, vooral te Arnhem en te Leeuwarden aangewend, om nieuwe begunstigers voor onze instelling te verwerven, in plaats van hen, die wij ieder jaar door den dood moeten verliezen.

Het kapitaalfonds, waarin alle bijdragen worden ge-

stort, die niet tot de jaarlijksche behooren, onderging een vermeerdering van 2337.85 gulden. Daaronder vermelden wij weer met groote ingenomenheid een bijdrage van f 250 van Dr. L. H. N. Vriesman, te Soerabaya, die op het voorbeeld van verscheidene onzer leerlingen, thans in de overzeesche bezittingen gevestigd, zich als Stichter-bestuurder onzer instelling liet inschrijven. Mejufvrouw C. C. van Meerten, te Gouda en Mevrouw N. N. (door tusschenkomst van Prof. Donders) schonken ieder f 100, Mr. R. Veldwijk, te Arnhem, f 50, en werden zodoende onder de Stichters opgenomen. Uit handen van Dr. J. A. Moll, te 's Hage, ontvingen wij weder f 100. Van Jhr. Mr. P. van Foreest, te Wieringerwaard f 44, door tusschenkomst van Dr. Blom Coster, te 's Hage, f 40, van onzen opticus Hiele f 36.35 van den Heer H. van Einthoven, officier van Gezondheid 1<sup>e</sup> klasse, van Mejufvrouw R. Mendes, te Amsterdam en van den Heer J. F. van Leeuwen te Arnhem f 25, voorts zeer gewaardeerde giften van de Douairière Gravinne van Bijlandt, van Mr. W. J. Baron d'Ablaing van Giessenburg, van den Heer van Meeteren Brouwer, van Mejufvrouw Leclercq allen te 's Hage, en Mevrouw Reijerkerk te Smilde, en van de Heeren O. J. de Haart en Mr. Lijndrager te Arnhem.

Eindelijk vielen der instelling twee legaten ten deel een van f 1000 haar door wijlen den Heer Jacobson te 's Hage toegedacht en een van f 500 door de goedgunstige beschikking van wijlen Mejufvrouw Knoop te Rotterdam.

Moge de Nederlandsche liefdadigheid onzer instelling blijven gedenken!

STATISTIEK der oogziekten, voorgekomen in het  
Nederlandsch Gasthuis voor Ooglijders van den  
1 Januari 1875 tot den 1 Januari 1876 bij  
1726 lijders.

Ophthalmia catarrhalis	106.
"  granulosa	26.
"  blennorrhoeica	3.
"  purulenta neonatorum	4.
"  diphtherina	1.
Trachoma	38.
Ophthalmia serophulosa	130.
Panophthalmia	2.
Kerato-malacia	6.
Sphacelus corneae	2.
Ulcus cum hypopyo	17.
Ulcus corneae (keratitis)	86.
Irido-keratitis	1.
Prolapsus iridis	8.
Synechia anterior	20.
Keratitis diffusa	13.
Maculae corneae	122.
Leucoma	30.
Staphyloma corneae et staphyloma scleroticæ anterius	8.
Kyklitis	2.
Iritis	19.
Fistula corneae	1.
Synechia posterior	12.
Atresia pupillae en irido-chorioiditis	26.
Irideremia	1.
Sclerotitis anterior en episcleritis	14.

Cataracta senilis	116.
"  congenita	15.
"  pyramidalis	1.
"  diabetica	1.
"  secundaria	4.
"  mollis	7.
"  traumatica	10.
Aphakia	38.
Luxatio lentis	2.
Obscuratio corporis vitrei	9.
Retinitis (apoplectica, luëtica)	10.
"  e morbo Brightii	3.
"  pigmentosa (hemeralopia)	10.
Neuritis optica	15.
Solutio retinae	18.
Mergvlammen	1.
Chorioiditis	22.
Glaucoma	17.
Amblyopia congestiva	25.
"  et amaurosis cum papilla alba	12.
"  gravidarum	1.
Buphthalmos	5.
Atrophia bulbi	27.
Microphthalmos	4.
Spasmus clonicus palpebrarum	2.
Tumor orbitae	1.
Anophthalmos	17.
Traumata	58.
Corpora aliena	31.
Paresis muscularis (strabismus paralyticus, ptosis paralytica et mydriasis paralytica)	2.
Strabismus	51.
Nystagmos	10.

Ptosis . . . . .	1.
Entropion en dystichiasis . . . . .	11.
Ectropion . . . . .	13.
Symblepharon . . . . .	3.
Abscessus palpebrae . . . . .	10.
Blepharadenitis . . . . .	36.
Tumor cysticus . . . . .	6.
Daeryocystitis (obstructio ductus lacrymalis) . . . . .	44.
Exanthema faciei et palpebrarum . . . . .	2.
Dolor oculi . . . . .	5.
Asthenopia accommodativa . . . . .	19.
Myopia . . . . .	95.
Presbyopia . . . . .	255.
Hypermetropia . . . . .	165.
Astigmatismus . . . . .	42.
Anisometropie . . . . .	12.
Lupus faciei . . . . .	2.
Pterygium . . . . .	1.
Herpes zoster trigemini . . . . .	1.
Epithelioma . . . . .	5.
Atrophia retinae . . . . .	2.
Neoplasma conjunctivae et bulbi . . . . .	2.
Protrusio bulbi . . . . .	4.
Abscessus orbitae . . . . .	1.
Paresis oculo-motorii . . . . .	4.
Coloboma chorioideae . . . . .	2.
Coloboma iridis congenita . . . . .	2.
Daltonisme . . . . .	2.
Herpes corneae . . . . .	1.

## KUNSTBEWERKINGEN.

Extractie van cataract . . . . .	73
Lineair extracties . . . . .	4
Puncties van cataract. . . . .	24
Nastaar-operaties . . . . .	20
Iridectomiën . . . . .	86
Staphyloma-operatie . . . . .	5
Symblepharon . . . . .	3
Pterygium . . . . .	1
Tenotomiën . . . . .	22
Vorlagerung . . . . .	2
Entropion-operatie . . . . .	27
Blepharophymosis . . . . .	1
Extirpatie van fistel . . . . .	1
„ „ tumor . . . . .	1
Paracentesis scleroticae . . . . .	1
Tatouage . . . . .	1
Exstirpatio bulbi . . . . .	21
Plastische operaties . . . . .	7
Totaal . . . . .	300

## IN 1875 BIJGEKOMEN.

## STICHTERS-BESTUURDERS.

Dr. C. H. A. Westhoff.	Weltevrede.
Dr. L. H. N. Vriesman.	Soerabaya.

## STICHTERS.

Mr. R. Veldwijk.	Arnhem.
Mej. C. C. van Meerten.	Gouda.
Mevr. N.N. (door Professor Donders).	
A. v. H. (door Dr. J. A. Moll).	's Hage.

## BEGUNSTIGERS.

Prof. Engelmann.	Utrecht.
Douair. W. C. van Riemsdijk de Jonge.	id.
Jonkh. Mr. A. D. van Riemsdijk.	id.
H. C. Berends.	Arnhem.
J. J. van Braam.	id.
F. Baron van Brakell.	id.
G. A. van Dobben.	id.
G. F. Rnger.	id.
Mevr. de Wed. M. C. le Jeune.	id.
B. Kopersmit.	id.
J. A. van Löbensels.	id.
Freule A. W. Mollerus.	id.
„ J. C. Mollerus.	id.
F. N. Nieuwenhuijzen.	id.
Douair. van Hoogenhouck Tulleken.	id.
Mevr. de Wed. B. Coster.	id.
Mej. R. Mendes.	Amsterdam.
J. van Oeveren.	id.
F. Gedeking.	Scheveningen.
Mej. N. J. Westenink.	Haarlem.

Mevr. de Wed. A. C. Vincent, geb. Pahud de Mortanges.	Utrecht.
Mevr. de Wed. H. W. Hendriks de Gaay Fortman.	id.
Mr. A. F. Baron Sloet van Zwanenburg.	id.
Mevr. de Wed. Posthumus geb. Lojenga.	Leeuwarden.
„ „ „ Loorma „ Bolma.	id.
Dr. Jac. P. van den Berg, Off. van Gezondheid.	id.
Dr. J. van der Scheer, Oud-off. van Gezondheid.	id.
Ds. M. van Geuns.	id.
Freule du Tour van Bellinchave.	id.
de Heer A. Gratema.	id.
„ „ H. H. Menalda	id.
R. F. Kutsch Lojenga.	id.
Mr. J. S. Baron van Harinxma thoe Slooten.	id.
Jonkh. Mr. J. F. van Humalda van Eysinga.	id.
Mej. W. S. Fockema.	id.
Dr. F. E. Vos.	Utrecht.
J. M. Vreeswijk.	id.



## OVER PARALLELE ROLBEWEGINGEN DER OOGEN

DOOR

Dr. M. E. MULDER.

### I. ROLBEWEGING, BIJ ZIJDELINGSCH E OVER- HELLING VAN HET HOOFD.

#### a. *Historisch overzicht.*

Zooals bekend is, leidde Alexander Hueck 1) uit de veranderde richting van de bloedvaatjes der conjunctiva bulbi af, dat het oog, bij neiging van het hoofd naar den rechter of linker schouder, zich in tegenovergestelde richting om zijne lengteas draait, zoodanig, dat de verticale meridiaan verticaal zou blijven.

Hij beschrijft zijne bevinding ongeveer op de volgende wijze 2).

Men late iemand een in de kamer zich bevindend voorwerp fixeeren, dat op gelijke hoogte als zijne oogen geplaatst is, en neme hierbij nauwkeurig de ligging waar van een bloedvaatje in de conjunctiva bulbi, tegenover een vast punt, b.v. in het rechter oog den rechter buitenooghoek.

Laat men hem thans, bij onveranderde fixatie, het hoofd rechts neigen (zonder dat hij het gezicht ter zijde

1) Alexander Hueck. Die Atendrehung des Auges. Dorpat. 1838.

2) Ibid. pag. 17.

wendt of zich te veel naar die zijde verplaatst), dan ziet men het bloedvaatje naar boven gaan en tot het bovenooglid naderen.

Wordt het hoofd nu weer rechtop gebracht, dan herneemt het vat zijne vorige plaats, om bij neiging van het hoofd naar de andere zijde dichter bij het onderste ooglid te komen. Dit herhaalt zich steeds, wanneer het hoofd ter zijde geneigd wordt en wel telkens in gelijke mate.

Recht duidelijk wordt het, wanneer men in een spiegel zijn eigen oog waarneemt. Beweegt men dan het hoofd snel heen en weer, dan heeft het den schijn, als stond de oogbol vast en draaide het hoofd om den bulbus, zooals dan ook, volgens Hueck, werkelijk het geval zou zijn. De grootte van deze draaiing schatte hij naar elke zijde op ongeveer 25 of 27 graden.

Neigt men echter het hoofd meer dan 25°, dan kan de verticale meridiaan niet langer verticaal blijven, en het oog volgt nu, door eene snelle draaiing om de gezichtsas, de beweging van het hoofd en herneemt dezelfde plaats in de orbita, die het bij den verticalen stand van het hoofd had. Beweegt men het hoofd nu nog verder, dan blijft het oog weer een tijdlang stilstaan, om eerst na eene zekere draaiing van het hoofd weer ruksgewijze te volgen.

De voorstelling van Hueck was niet geheel nieuw. Reeds in de vorige eeuw had John Hunter 1) ongeveer hetzelfde beweerd, doch diens mededeeling schijnt weinig de aandacht getrokken te hebben, zoodat wij ze zelfs in het werk van Hueck niet vermeld vinden.

1) The use of the oblique muscles, — te vinden in „Observations on certain parts of the animal oecomy. London 1837. pag. 274.

Niet lang echter zou deze meening onaangetast blijven. Aanvankelijk aangenomen door Tourtual 1), Burow 2), Valentin 3), Krause 4) en Volkmann 5), welke laatste de rolling om de gezichtsas duidelijk meende waar te nemen bij personen, op wier iris gemakkelijk te onderscheiden plekjes zich bevonden, werd ze weldra bestreden door denzelfden Tourtual 6), die haar vroeger verdedigd had en door Ruete 7), totdat zij door de onderzoekingen van prof. Donders 8), die de methode der nabeelden volgde, voor goed werd ter zijde gesteld.

Laatstgenoemde toonde aan, dat het nabeeld van een verticalen band, zelfs bij de minste neiging van het hoofd, die beweging meemaakt, waarin ligt opgesloten, dat de verticale meridiaan, bij neiging van het hoofd naar den rechter of linker schouder, onmiddellijk zijn verticalen stand verliest, en dat, bij gevolg, de voorstelling van Hueck niet juist zijn kan 9). Den grond der dwa-

1) Müller's Archiv. 1840. pag. 55.

2) Burow. Beiträge für Physiol. und Physik des menschlichen Auges. 1841. pag. 8.

3) Repertorium. 1842. pag. 407. Lehrbuch der Physiol. II pag. 332.

4) Krause. Handb. der menschl. Anatomie. pag. 550.

5) Volkmann. Artikel Sehen. Wagner's Handwörterb. pag. 273.

6) Müller's Archiv. 1846. pag. 365.

7) Ruete. Lehrb. der Ophthalmologie. 1845. pag. 14. Das Ophthalmotrop. 1846. pag. 9.

8) Donders. Ned. Lancet. 1846—1847. pag. 110 s.s. Holländische Beiträge zu den anatom. und physiol. Wissenschaften 1846. pag. 117. s.s.

9) Wanneer men tegen een witten of grijzen wand een helder gekleurd lint ophangt en eenigen tijd, bij rustige houding van het hoofd, fixeert, dan blijft, als het lint plotseling wordt weggetrokken, in plaats daarvan een nabeeld over, dat de complementaire kleur heeft van het lint. Beweegt men thans het hoofd

ling van Hueck meende hij daarin te vinden, dat bij de gevolgde wijze van proefneming de gezichtslijn ten opzichte van het hoofd van richting verandert, waardoor ten gevolge van de plaatsverandering der conjunctivaalvaten, een rolbeweging gesimuleerd wordt. Ze zou dan ook niet worden waargenomen, wanneer het oog zich zelf gadeslaat in een spiegeltje, dat bevestigd is aan een tusschen de tanden geklemde staaf, waardoor het spiegeltje de beweging van het hoofd meemaakt, of wanneer een ver afgelegen voorwerp gefixeerd wordt, omdat dan de gezichtsas, bij zijdelingsche neiging van het hoofd, bijna niet van richting behoeft te veranderen.

Zoo scheen dan voor goed de theorie van Hueck gevallen. Eerst 25 jaren later zou blijken, dat hij niet geheel onrecht had.

Javal 1), namelijk, had bij sterke astigmatici opgemerkt, dat de houding van het hoofd niet zonder invloed is op de correctie met cylinderglazen, en dat, zoo hij bij rechtstandig hoofd aan de as van het cylinderglas de juiste richting had gegeven, deze bij neiging van het hoofd naar den rechter of linker schouder een weinig moest veranderd worden, en wel zoodanig als overeenkwam met eene rolbeweging van het oog in tegenovergestelde richting.

naar den rechter of linker schouder, dan moet, zoo het oog de beweging van het hoofd volgt, het nabeeld zich insgelijks bewegen, in het tegenovergestelde geval blijven stilstaan: het nabeeld toch, dat ontstaat door eene nablijvende werking op dat gedeelte aan het netvlies, waarop het beeld van het gefixeerde lint was ontworpen, blijft steeds de beweging van het netvlies, dus van het geheele oog, volgen en geeft zoodoende, in betrekking tot een verticale lijn, de absolute beweging van het oog aan.

1) *Traité théorique et pratique des maladies des yeux*, par L. Wecker. Paris 1866. Tome II. pag. 815.

Hieruit besloot Javal, dat Hueck in werkelijkheid gelijk had, en dat de methode der nabeelden geen vertrouwen verdiende.

Ook nog op eene andere wijze trachtte Javal het bestaan der rolbeweging te bewijzen.

Op een brillenglas kleefde hij een haar vast in de richting van twee kleine vlekjes op de iris. Nam hij nu zichzelf waar in een spiegel en neigde hij het hoofd naar rechts of links, dan zag hij, dat het haar niet parallel bleef aan de vlekjes.

Intusschen bleek het weldra, dat Javal zich wel niet in de waarneming had vergist, maar daaraan een te uitgestrekte beteekenis had gegeven. Na de onderzoekingen toch van Donders, waardoor bewezen was, dat de verticale meridiaan van het oog reeds bij de minste zijdelingsche neiging van het hoofd eveneens van richting veranderde, konden Javal's waarnemingen hoogstens bewijzen, dat het oog die beweging niet geheel meemaakte, maar voor een gedeelte terugbleef.

Helmholtz 1) vatte de ontdekking van Javal dan ook terstond in dien zin op en overtuigde zich met nabeelden, dat, bij neiging van het hoofd, eene geringe rolbeweging in den zin van Hueck werkelijk voorkomt.

't Is echter, na het te voren medegedeelde, duidelijk, dat dit resultaat geheel iets anders was als Hueck zich voorstelde. Hij onderstelde, zooals ook zijne theorie eischte, eene algeheele compensatie, en zij bepaalt zich, zooals nog nader blijken zal, tot een kleine fractie.

Het bedrag der rolbeweging werd nu verder, onafhankelijk van elkaar, onderzocht door Alexander Skrebitsky en prof. Nagel, door den eerste in het phy-

1) *Optique physiologique*. Traduite par Emile Javal et Klein pag. 671.

siologisch labaratorium te Utrecht. Verschillende methoden brachten hen tot gelijke resultaten.

Skrebitsky 1) maakte gebruik van nabeelden. Het toestelletje, waarvan ik hier ter plaatse geen uitvoerige beschrijving kan geven, was zoo ingericht, dat hij telkens, bij rechtstandig hoofd, een nabeeld kon nemen van een verticale roode streep, en daarna, bij neiging van het hoofd naar den rechter of linker schouder, vrij naauwkeurig in graden kon aflezen zoowel de neiging van het hoofd als van het nabeeld. Terwijl het nabeeld nu telkens een mindere sterke neiging vertoonde dan het hoofd, gaf het verschil de draaiing aan, die het oog in tegengestelden zin had uitgevoerd. Het resultaat van zijne onderzoekingen was, dat aan iedere neiging van het hoofd eene bepaalde rolbeweging in tegengestelden zin beantwoordt, en wel ongeveer evenredig aan de neiging van het hoofd toeremende, in de verhouding van  $1^\circ$  op  $10^\circ$ .

In de volgende tabel vinden we de cijfers, zooals die door Skrebitsky zijn aangegeven:

Overhelling van het hoofd. Grenzen.	Gemiddeld.	Rolbeweging, gemiddeld uit 25 waarnemingen.
van $10^\circ$ — $20^\circ$	$15^\circ$	$2^\circ$
" $20^\circ$ — $30^\circ$	$25^\circ$	$2^\circ.64$
" $30^\circ$ — $40^\circ$	$35^\circ$	$4^\circ.16$
" $40^\circ$ — $50^\circ$	$45^\circ$	$5^\circ.48$
" $50^\circ$ — $60^\circ$	$55^\circ$	$6^\circ.76$
" $60^\circ$ — $70^\circ$	$65^\circ$	$7^\circ.72$
" $70^\circ$ — $80^\circ$	$75^\circ$	$8^\circ.60$

1) Ein Beitrag zur Lehre von den Augenbewegungen. Arch. f. Ophth. B. XVII. Abth. I. pag. 107.

Verslag v. h. Ned. Gasth. v. Ooglijders 1870. pag. 186.

Nagel 1) maakte gebruik van zijn astigmatisme, om de rolbeweging te bepalen. Zooals bekend is, ziet namelijk een astigmaticus van een stralenfiguur, zooals men die het gemakkelijkst kan maken van zwarte lijnen, getrokken op wit papier, slechts die lijnen duidelijk, die met een der hoofdmeridianen van zijn astigmatisme samenvallen.

Bevestigt hij nu zulk een stralenfiguur aan een tusschen de tanden geklemde staaf, en ziet hij b. v., om zich het gemakkelijkste geval te stellen, de verticale lijn het scherpst, dan zal, zoo bij het ter zijde neigen van het hoofd het oog eene draaiing in tegengestelden zin maakt, eene andere lijn het scherpst worden gezien, en de hoek tusschen deze lijn en de oorspronkelijke geeft de werkelijke rolbeweging van het oog voor den verkregen stand aan.

Om de aan elken stand van het hoofd beantwoordende rolbeweging te kennen, behoeft men dus daarbij slechts te weten, hoe ver men het hoofd ter zijde geneigd heeft. Dit bereikte Nagel, door voor het andere oog, in een brillenstel, een zeer sterk cylinderglas te plaatsen, waardoor hij, op een andere, verder verwijderde en vaststaande stralenfiguur, slechts één lijn duidelijk zag, b. v. bij rechtstandig hoofd eveneens de verticale. Daar het glas de beweging van het hoofd volgt, zoo wordt, als men het hoofd ter zijde neigt, van de vaststaande figuur die lijn steeds het duidelijkst gezien, die met de neiging van het hoofd overeenkomt. Op deze wijze op zich zelf experimenteerende, vond Nagel, dat bij hem de rolbeweging ongeveer  $\frac{1}{6}$  bedroeg van de neiging van het hoofd. Nagel's onderzoek strekte zich echter niet verder uit dan tot  $50^\circ$  rechts en  $40^\circ$  links.

1) Ueber das Vorkommen von wahren Rollungen des Auges um die Gesichtslinie. Arch. f. Ophth. B. XVII. pag. 237.

Nagel overtuigde zich verder, dat de rolbeweging niet alleen voorkomt bij buiging van den hals, maar dat ze even groot was bij buiging van hals en romp samen, of van den romp alleen, mits slechts de resulterende neiging van het hoofd dezelfde was. Hieruit leidde hij af, dat de rolbeweging niet aan de werking van bepaalde spiergroepen of aan de draaiing in bepaalde gewrichten gebonden is, maar enkel door den stand van het hoofd bepaald wordt.

Bij ligging op den rug is de stand van het oog in de orbita aan dien bij opgerichte houding gelijk. Draaide hij zich nu op de linker zijde, dan vond hij eene rolbeweging naar rechts, en omgekeerd. Dit is te opmerkelijker, omdat bij deze beweging geene buiging van de wervelkolom plaats vindt. Bij passieve bewegingen, eindelijk, meende Nagel, in eenige weinige proeven, de rolbeweging even groot te vinden als bij actieve.

Op grond van deze acht hij zich gerechtigd, zijne resultaten te formuleeren, als volgt:

„De rolbeweging is in richting en in graad afhankelijk van de zijdelingsche afwijking van het hoofd van den verticalen stand, onverschillig, op welke wijze die afwijking is tot stand gekomen.”

Door de onderzoekingen van Skrebitsky en Nagel was onze kennis aangaande de rolbeweging aanzienlijk gevorderd. Toch waren nog eenige vragen te beantwoorden overgebleven. Onder deze werd het eerst onderzocht de invloed, dien de convergentie heeft op de grootte der rolbeweging. Het was bekend, dat de hoek, dien de schijnbaar verticale meridianen met elkander vormen bij parallellen stand der gezichtslijnen, veranderd wordt door convergentie, hetgeen men algemeen toeschreef aan eene geringe rolbeweging, door de oogen bij deze beweging

uitgevoerd. Nu onderzocht Woinow 1), in beginsel de methode van Skrebitsky volgende, de grootte der rolbeweging bij verschillende graden van convergentie, doch vond, dat deze volstrekt geen invloed daarop had. Bij hem was de verhouding tusschen neiging van het hoofd en rolbeweging steeds als 1 tot 9, bij een ander, die dezelfde proeven met hem deed, als 1 tot 6, het geen ongeveer met de uitkomsten van Skrebitsky en Nagel overeenkwam. Nog zij hier gemeld, dat Woinow zich ook ophthalmometrisch van rolbeweging zou overtuigd hebben. Had hij het spiegelapparaat zoo gesteld, dat de cornea in den horizontalen meridiaan werd gemeten, en liet hij daarna den onderzochten persoon zijn hoofd 45° neigen, terwijl hij tevens het spiegelapparaat en den ophthalmometer even veel graden draaide, dan bemerkte hij uit de veranderde kromming, dat hij thans een anderen meridiaan voor zich had. Bij zeer astigmatische cornea zal zeker het verschil merkbaar kunnen worden.

In dezelfde zitting van het oogheekundig congres te Heidelberg, waarin Woinow van zijn onderzoek verslag gaf, deelde prof. Donders 2) mede, dat ook reeds door hem de rolbeweging bij parallellen stand der gezichtslijnen was onderzocht.

De methode was de volgende:

Over eene groote ronde schijf, op eenigen afstand geplaatst, kon van 5° tot 5° een dun elastisch koord worden uitgespannen. In het midden van de schijf was een gekleurd lint verticaal opgehangen, dat, na eenige

1) Beiträge zur Lehre von den Augenbewegungen, Arch. f. Ophth. B. XVII. Abth. 2. pag. 233 en Klin. Monatsbl. 1871. pag. 387.  
Klin. Monatsbl. 1871. pag. 389.

oogenblikken gefixeerd te zijn, plotseling werd weggetrokken, zoodat men in de plaats daarvan een gekleurd complementair nabeeld verkreeg.

Dit nabeeld nu werd telkens, door neiging van het hoofd, met het koord parallel gebracht, zoodat men kon zien, hoeveel het gedraaid was. De stand van het hoofd werd door een ander afgelezen aan een tusschen de tanden geklemde graadboog, waarlangs een in het water hangend zinklood zich bewoog.

Op deze wijze vond prof. Donders de verhouding tusschen rolbeweging en neiging van het hoofd ongeveer als 1 tot 8.

Terwijl dus door alle onderzoekers met zekerheid was geconstateerd, dat, in plaats van de door Hueck beschrevene totale compensatie, slechts eene zeer beperkte plaats vond, komt voor eenigen tijd Breuer<sup>1)</sup> weder met de meening voor den dag, dat Hueck toch wel gelijk kon hebben, in zooverre, dat geringe neigingen van het hoofd door eene tegengestelde draaiing van het oog geheel zouden worden gecompenseerd. Hoe Breuer tot die voorstelling kon komen, zal later bij het bespreken zijner proeven blijken.

Met hoeveel zorg deze verschillende onderzoekingen ook waren gedaan, de methoden waren niet onberispelijk en de uitkomsten moesten aan nauwkeurigheid te wenschen overlaten.

De methode van Skrebitsky had een dubbel bezwaar. In de eerste plaats was het moeielijk, om den wijzer juist op het nabeeld te stellen, te meer, omdat de helling van het hoofd onder dat instellen lichtelijk kleine ver-

1) Ueber die Function der Bogengänge des Ohrlabyrinthes. Medicinische Jahrb. I. Heft. 1874.

anderingen ondergaat, en ten anderen liet ook de bepaling der overhelling te wenschen over, aangezien zij eerst na de instelling van den wijzer werd afgelezen en inmiddeels kleinere of grootere wijzigingen kon hebben ondergaan. Bovendien volgde het zinklood niet gelijkmatig de helling, wanneer, bij het zijdelings overbellen, het hoofd ook meer of min voor- of achterover gebogen werd. Neemt men eindelijk in aanmerking, dat het zinklood ook altijd schommelingen maakt, dan begrijpt men, dat Skrebitsky er toe komen moest, overhellingen met verschillen van  $10^2$  tot berekening der gemiddelden te gebruiken.

Later werd het toestel gemodificeerd en werkelijk verbeterd, zooals het op het physiologisch laboratorium voorhanden is; maar het instellen van den wijzer op het nabeeld laat ook daarbij nog aan nauwkeurigheid te wenschen over.

De methode van Nagel kan alléén bij zeer hooge graden van astigmatismus vrij nauwkeurige aanwijzingen geven en is dus slechts bij weinigen aanwendbaar. Altijd laat het oordeel over het scherpzien van een zekeren straal dan nog een vrij groote speelruimte toe, en het aflezen van de helling van het hoofd is bovendien onvolkomen.

De laatst gebezigde methode van Donders komt aan vele bezwaren te gemoet. Hierbij toch heeft de waarnemer slechts ééne observatie te doen, namelijk, het koord door het nabeeld te doen bedekken. Doch ook deze methode voldoet niet aan allé vereischten: 1. toch is het moeielijk, wanneer men het nabeeld heeft ingesteld, het hoofd zoolang stil te houden, totdat een ander heeft afgelezen, en 2. laat ze niet toe, met zekerheid van den primairen stand uit te gaan en daarna het hoofd te bewegen zuiver om een as, die loodrecht staat op het vlak, waarop de nabeelden worden geprojectieerd.

't Was om deze reden, dat prof. Donders mij uitnodigde, dit onderwerp nogmaals ter hand te nemen, en wel met een door hem aangegeven toestel, waardoor het mogelijk zou zijn, al de aan vroegere methoden verbondene onnauwkeurigheden te vermijden. Met zekerheid zou aldus de rolbeweging als functie van de neiging aan het licht treden. Tevens hoopte hij, door het onderzoek zoo nauwkeurig mogelijk te doen, omstandigheden te leeren kennen, die op de grootte der rolbeweging invloed hebben, en zoodoende de eigenlijke beteekenis van het merkwaardige verschijnsel wellicht op het spoor te komen.

#### b. *Eigen onderzoek.*

De toestel bestaat uit den boog  $a c b$  (verg. Plaat I, fig. 1.), die door middel van een hulze  $d$  om een horizontale as draaibaar is, terwijl de grootte der draaiing kan worden afgelezen op den graadboog  $e e$ , door middel van den wijzer  $f$ , die met den boog zich mee beweegt.

Door draaiing van het stiftje  $l$  naar rechts kan de boog in elken stand worden vastgezet, om door draaiing naar links zijne bewegelijkheid te herkrijgen. Deze inrichting is, namelijk, zoodanig, dat de as  $d$  (fig. 2.), waarom de boog draait, naar voren conisch toeloopt: hierdoor wordt, wanneer de boog een weinig naar achteren gedrukt wordt, de beweging belemmerd. Dit nu geschiedt, zooals uit de figuren gemakkelijk te zien is, wanneer men door middel van het stiftje  $l$  de schroef  $x$  naar rechts draait.

De horizontale as  $d$  is verbonden aan de ijzeren stang  $g$ , die wederom door middel van een klem (fig. 3 K) aan een vaststaande tafel T is bevestigd, zoodat de toestel geheel onbewegelijk staat.

Aan de staaf  $h h$  (fig. 1) is een mondhouder  $m$  bevestigd, met afdruk van het gebit van den waarnemer. Deze mondhouder kan op verschillende wijzen worden bewogen:

1°. kan hij draaien om de staaf  $h h$  als as, en door de schroeven  $n$  en  $o$  worden vastgezet,

2°. naar rechts en links om een loodrecht op de vorige staande as en door de schroef  $p$  worden vastgezet,

3°. kan hij naar rechts en links verschoven worden langs de staaf  $h h$ .

Verder kan hij, tegelijk met de staaf  $h h$ , door de schroeven  $q q$  naar boven en beneden worden bewogen, terwijl eindelijk, door het eene paar schroeven meer te verplaatsen dan het andere, het rechter gedeelte iets hooger kan gesteld worden dan het linker, en omgekeerd.

Het doel van deze verschillende bewegingen is dit, dat de waarnemer, den mondhouder tusschen de tanden geklemd hebbende, het hoofd kan stellen in den primairen stand en daarna het hoofd op zij kan neigen om een horizontale as, die loodrecht staat op het midden van de grondlijn, d. i. die lijn, die de draaipunten der beide oogen verbindt.

Om aan deze verschillende voorwaarden te voldoen, moet vooreerst het instrument zoodanig geplaatst worden, dat de as der hulze  $d$  horizontaal is: dit is bereikt, wanneer de boog  $a c b$ , bij het ronddraaijen, zich beweegt in een verticaal vlak. Daarna neemt men den mondhouder in den mond en stelt het hoofd zoodanig, dat de oogen even hoog gelegen zijn als de as van het instrument, en het verlengde der as de grondlijn in het midden snijdt.

Om dit nauwkeurig te doen, was op ongeveer 1 meter afstand een horizontale en een verticale draad gespannen, welke kruispunt  $k$  fig. 3. juist lag in het verlengde van de as der hulze  $d$ . Op een afstand van 6 meters waren op

den muur nog een tweede horizontale en een verticale draad gespannen, die elkaar eveneens in het verlengde van de genoemde as kruisten. Wanneer men nu den mondhouder zoolang naar boven of beneden beweegt, totdat de beide horizontale draden, afwisselend met het rechter en linker oog geïseerd, elkaar bedekken, dan ligt ten eerste de grondlijn horizontaal en ten tweede op dezelfde hoogte als de as van het instrument. Deze zal tevens de grondlijn in het midden snijden, wanneer de eerste draad, met het rechter en linker oog geïseerd, op gelijken afstand van de tweede verticale lijn wordt gezien, wat men verkrijgen kan door den mondhouder naar rechts of links te verschuiven.

Het komt er nu slechts nog op aan, het hoofd de juiste neiging naar voren of achteren te geven en te maken, dat het gelaat niet naar rechts of links afwijkt. Aan de eerste dier voorwaarden is voldaan, wanneer het nabeeld van een verticalen band, bij het zien verticaal naar boven en beneden of horizontaal naar rechts en links, niet van richting verandert. Het hoofd staat dan in den primairen stand.

Om afwijking van het gelaat naar rechts of links uit te sluiten, is het voldoende, zich zelf in een kleinen spiegel te zien, die op eenigen afstand, loodrecht op de as van 't instrument geplaatst is. Schijnbaar nauwkeuriger methoden, berustende op de projectie van den afstand der oogen op het vlak van den genoemden spiegel, of op dien van halfbeelden, gaven geene grootere nauwkeurigheid.

Wij bepaalden ons daarom tot het instellen op het gezicht; trouwens bleek eene kleine afwijking in genoemden zin zonder invloed te zijn op de uitkomsten.

Thans heeft men aan het hoofd den voorgenomen stand gegeven: het staat, namelijk, wanneer de wijzer op nul

gesteld is, in den primairen stand en draait, bij neiging naar rechts en links, om een horizontale as, die loodrecht staat op het midden van de grondlijn.

Het was noodzakelijk, bij de bepaling der rolbeweging, van dezen juist gedefiniëerden stand van het hoofd uit te gaan, omdat de invloed, dien de een of andere afwijking van dezen stand op de grootte der rolbeweging uitoefent, nog niet bekend is en eerst daarna kon worden onderzocht.

Het onderzoek geschiedde overigens bij parallellen stand der gezichtslijnen, naar de methode, reeds vroeger door prof. Donders aangewend.

Op een afstand van ongeveer 6 meters werd een groot wit scherm geplaatst van 1.5 meter middellijn (fig. 3 S), welks centrum  $c$ , in de as  $d$  gelegen, tot fixeerpunt diende. In het midden van dit scherm werd in den beginne een gekleurd lint verticaal opgehangen, dat boven door een klem los was bevestigd, zoodat het door een ander, nadat het lang genoeg was gefixeerd, plotseling kon worden weggetrokken. Het nabeeld werd dan, door neiging van het hoofd, parallel gesteld aan een koord, dat, eveneens door het centrum der schijf gaande, onder een bekenden hoek kon worden uitgespannen. Daar echter op deze wijze verkregene nabeelden, wegens den grooten afstand en de niet altijd even goede verlichting, tamelijk zwak waren en voor de proeven te kort aanhielden, werd hierin op eene andere wijze voorzien, die wezenlijk vele voordeelen opleverde.

In het scherm werd, namelijk, een horizontale 1 c. m. breede en 7 decim. lange streep  $s s$  uitgesneden, die door het fixeerpunt liep, en hier achter een gasbuis met ongeveer 20 gasvlammen geplaatst. De reden, waarom een horizontale en geen verticale streep werd verkozen, was daarin gelegen, dat de verlichting aldus beter was:



waren, namelijk, de gasvlammen boven elkander geplaatst, dan werden de bovenste, wegens de opstijgende verhitte lucht, sterk heen en weer bewogen, 't geen eene stoornis gaf in de lichtlijn. Naar verkiezing kan men nu nog, om gelijkmatiger verlichting te verkrijgen, vóór de spleet een mat glas plaatsen of wel een doorschijnend gekleurd lint: steeds werden nu scherpe, genoegzaam aanhoudende nabeelden verkregen, die voor de proeven volkomen voldoende waren.

Nog dient te worden opgemerkt, dat de gasleiding zóó was ingericht, dat de waarnemer, na lang genoeg gefixeerd te hebben, door drukking op een kraan, die in 't bereik was zijner rechter hand, de gasvlammen plotseling tot een minimum reduceerde, zoodat alleen het nabeeld overbleef en hij niets van de verlichte streep gewaar werd.

Om nu de proeven te doen, gaat men aldus te werk. Na den wijzer van het instrument op 0° geplaatst te hebben, neemt men den mondhouder in den mond en fixeert, bij aangestoken gasvlammen, het midden der verlichte streep. Denkt men lang genoeg gefixeerd te hebben (15—20 sec.), dan worden, door drukking op de kraan, de gasvlammetjes bijna uitgedraaid. Spoedig daarop verschijnt het nabeeld, dat men nu door neiging van het hoofd naar rechts of links doet samenvallen met het koord, dat onder een bepaalden hoek is uitgespannen, en zet daarop den boog op de beschrevene wijze vast. Hiermede is de proef afgelopen 1).

1) Daar het veel moeilijker is te beoordeelen, of het nabeeld met eene lijn samenvalt, dan wel aan een dicht daarbij zijnde lijn parallel is, zoo werd steeds de laatste methode gebezigd. Hiertoe werd op 2 centim. afstand van het centrum der

Tot aan 50° werden de proeven in zittende houding genomen, van 50° tot 90° in staande, daar wij, zittende, het hoofd niet zoo ver konden neigen. De aflezing geschiedde regelmatig 10 sec., nadat het hoofd op zij geneigd was.

Onze resultaten wijken van die van vroegere waarnemers af. In het algemeen was gevonden, dat de grootte der rolbeweging ongeveer evenredig aan de neiging van het hoofd toenam: bij mij daarentegen bestond die evenredigheid niet. De volgende tabel geeft die verhouding aan, zooals ze bij mij, als gemiddelde uit 16 waarnemingen voor iederen neigingsgraad, werd gevonden.

RECHTS.		LINKS.	
Neiging van het hoofd.	Blijvende rolbeweging.	Neiging van het hoofd.	Blijvende rolbeweging.
12°.35	2°.35	11°.93	1°.93
24°.03	4°.03	23°.61	3°.61
35°.07	5°.07	34°.72	4°.72
45°.82	5°.82	45°.67	5°.67
56°.16	6°.16	55°.72	5°.72
66°.13	6°.13	65°.93	5°.93
76°.62	6°.62	76°.15	6°.15
86°.52	6°.52	86°.04	6°.04
96°.62	6°.62	96°.15	6°.15

schijf, telkens loodrecht op de richting van het koord, een fixerpunt aangebracht: deze geringe afstand van het centrum kon geen invloed hebben op den stand der nabeelden.

Uit deze tabel blijkt, dat de rolbeweging bij mij, na eene neiging van het hoofd meer dan  $50^\circ$ , bijna niet grooter wordt en ook reeds van den beginne af aan niet evenredig is aan de neiging van het hoofd.

Bij Dr. Küster, die de goedheid had, deze proeven eveneens te doen, was de verhouding, als volgt:

RECHTS.		LINKS	
Neiging van het hoofd.	Blijvende rolbeweging.	Neiging van het hoofd.	Blijvende rolbeweging.
14°.62	4°.62	14°.45	4°.45
26°.89	6°.89	26°.58	6°.58
38°.06	8°.06	37°.23	7°.23
48°.81	8°.81	48°.72	8°.72
58°.59	8°.59	59°.29	9°.29
69°.48	9°.48	69°.95	9°.95
80°.69	10°.69	80°.91	10°.91
90°.45	10°.45	90°.60	10°.60
101°.2	11°.22	101°.02	11°.02

Graphisch voorgesteld, verkrijgen wij de volgende curven, waarvan de abscissen de neiging van het hoofd aangeven, de ordinaten de aan dien stand beantwoordende rolbeweging.

Fig. 1.  
M U L D E R.

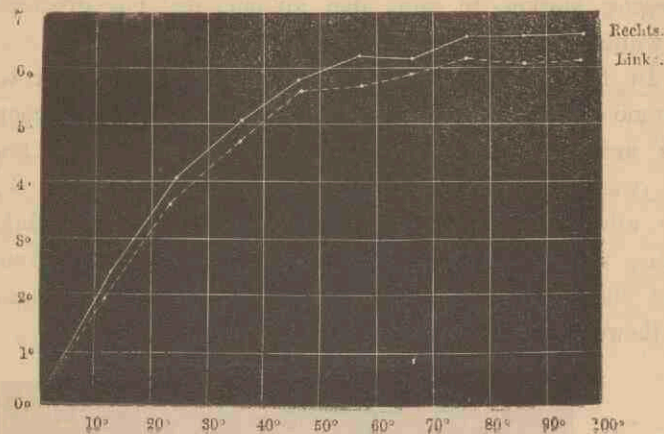
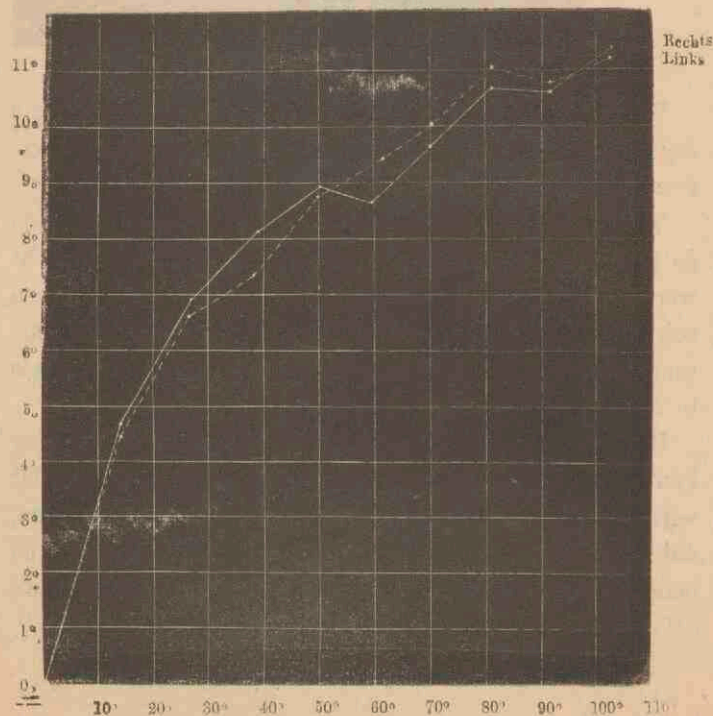


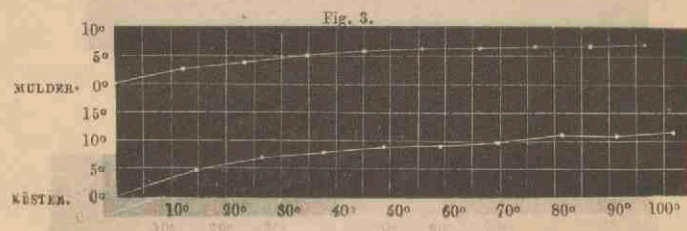
Fig. 2.

K Ü S T E R.



Bij Dr. Küster blijkt dus in 't algemeen de rolbeweging sterker te zijn, dan bij mij, met nog grootere afwijking van de evenredigheid.

In fig. 1 en 2 zijn, om den gang nauwkeuriger te kunnen teekenen en meer aanschouwelijk te maken, voor de ordinaten tien maal grootere afmetingen genomen als in werkelijkheid voorkomen. Wij laten nu, als fig. 3, de afbeelding der curven volgen, zooals ze werkelijk zijn, waar dus de lengten der abscis de hellingen van het hoofd, de lengten der ordinaten de corresponderende rolbewegingen naar gelijken maatstaf voorstellen.



Wat aangaat de omstandigheden, die op de grootte der rolbeweging invloed hebben, zoo kunnen wij onze resultaten hieromtrent in weinig woorden samenvatten.

Vooreerst konden wij geen onderscheid zien tusschen de proeven, die in zittende en staande houding verricht werden: gemiddeld was de grootte steeds gelijk, hetgeen ook nog blijkt uit den geleidelijken gang der curven, samengesteld uit waarnemingen, deels in zittende, deels in staande houding gedaan (namelijk van 50° tot 90°).

Bovendien was er geen verschil in grootte, bij buiging van den hals alleen en van hals en romp samen, zoodat wij de reeds vroeger gedane uitspraak kunnen bevestigen, dat de grootte der rolbeweging enkel afhangt van de neiging van het hoofd, op welke wijze dan ook tot stand gekomen.

Een andere vraag is, of de rolbeweging, bij denzelfden stand van het hoofd, onder gelijke omstandigheden onveranderlijk dezelfde is?

Onze proeven, op verschillende tijden van den dag en ook op verschillende dagen genomen, leidden, als gemiddelde uit 20 waarnemingen, steeds ongeveer tot dezelfde grootte. Daarentegen konden de waarnemingen, ieder op zich zelf, somtijds tamelijk veel verschillen: het verschil steeg bij mij enkele malen in dezelfde reeks tot ongeveer 2°, mijns inziens meer, dan aan onnauwkeurigheid in de instelling mag worden toegeschreven.

Grooter nog dan bij mij, was dat verschil bij Dr. Küster, bij wien het enkele malen 3°.5 bedroeg, zoodat er wel grond is, om aan te nemen, dat er zekere schommelingen voorkomen.

Intusschen is het opmerkelijk, dat, bij langdurige oefening, het verschil (vooral bij Dr. Küster) steeds kleiner werd, hetgeen duidelijk bleek uit 80 waarnemingen, met gelijke afwijking van het nabeeld (40° links) door Dr. Küster gedaan, tusschen alle welke waarnemingen het grootste verschil niet meer dan 1°.4 bedroeg. De volgende cijfers geven de gemiddelden uit telkens 10 waarnemingen:

49°.07.	48°.82.	48°.96.	48°.98.
48°.85.	48°.89.	48°.91.	48°.84.

Of het afnemen van de verschillen moet worden toegeschreven aan meerdere nauwkeurigheid in het instellen dan wel aan groter regelmatigheid in de rolbeweging zelve, durf ik niet te beslissen: misschien dragen beide omstandigheden daartoe bij.

Noch bij Dr. Küster, noch bij mij, had eene afwijking van het gelaat naar rechts of links (tot 20° toe)

eenigen merkbaren invloed; evenmin eene afwijking van het hoofd naar voren of naar achteren. Daar het instrument echter geene groote afwijking van dezen stand toeliet, durf ik niet te beslissen, of grootere afwijkingen eenigen invloed zouden hebben.

Wij komen thans tot de vraag, of de rolbeweging blijft voortbestaan, wanneer men langen tijd het hoofd op zij houdt, hetzij in staande, zittende of liggende houding. Wel is door Nagel aangegeven, dat ook in liggende houding rolbeweging voorkomt, en schreef hij zelfs het onaangename gevoel, dat sommige patiënten na eene oogoperatie ondervinden bij langdurige ligging op zij, aan de permanente contractie der beide obliqui toe; maar deze meening heeft hij niet bewezen.

Reeds was ons gebleken, dat gedurende den tijd, dat het nabeeld zichtbaar blijft (soms 1 minuut) geene verandering is waar te nemen; doch daar deze tijd veel te kort is, moesten wij naar eene andere methode uitzien, en lag het voor de hand, op het voetspoor van Nagel, het astigmatisme te hulp te roepen.

Een tamelijk intelligente patiënt, die een hypermetropisch astigmatisme van  $\frac{1}{8}$  bezat, stelde zich beschikbaar.

Van een op eenigen afstand geplaatste stralenfiguur zag hij de verticale lijnen het duidelijkst, en bij de voorloopige proeven, met hem genomen, kon ik eenigermate zijne rolbeweging bepalen, door hem, terwijl hij ingebeten had, een bepaald aantal graden het hoofd op zij te laten neigen, en dan de lijn te laten aangeven, die hij het duidelijkst zag. Daarbij nu kwamen, onder gelijke omstandigheden, verschillen voor van 5 à 6 graden. Bleef hij lang ter zijde geneigd, eene hem blijkbaar hinderlijke houding, dan werd de afwijking nu eens grooter dan eens kleiner. De uitkomsten waren dus niet bevredigend. Zooveel

was intusschen gebleken, dat zelfs na 20 minuten de rolbeweging, zoo al verminderd, toch zeker niet verdwenen was.

Om nu meer zekerheid te verkrijgen, maakten wij gebruik van nabeelden, daarbij uitgaande van de volgende redeneering:

Wanneer men eenigen tijd het hoofd op zij houdt en in dien stand van de horizontale streep een nabeeld neemt, dan zal, zoo de rolling om de gezichtsas reeds verdwenen was, dat nabeeld gebonden zijn aan een netvliesmeridiaan, die met den horizontalen meridiaan een hoek maakt, even groot als de neiging van het hoofd bedroeg. Was echter de rolling om de gezichtsas nog geheel of gedeeltelijk aanwezig, dan zal de hoek tusschen beide meridianen een gelijk aantal graden kleiner zijn. Als men dus het hoofd weêr rechtop brengt, dan zal, bijaldien het oog zijn oorspronkelijken stand in de orbita herneemt, in het eerste geval het nabeeld evenveel in tegenovergestelden zin van de horizontale moeten afwijken, als het hoofd op zij was gehouden, in het tweede geval een kleineren hoek daarmee maken.

Naar deze methode laat zich dus onderzoeken, of de rolling om de gezichtsas door voortgezette overhelling van het hoofd gewijzigd wordt.

Ik hield mijn hoofd korteren of langeren tijd b. v.  $35^\circ$  naar rechts: bij dezen stand bedraagt mijne rolbeweging ongeveer  $5^\circ$  en moest dus, als ik het hoofd weêr rechtop breng, het nabeeld parallel zijn aan het koord, dat onder een hoek van  $30^\circ$  met de horizontale in tegengestelden zin was uitgespannen. Dit bleek nu ook werkelijk het geval te zijn.

Dezelfde uitkomst verkregen Dr. Küster en ik, in staande en zittende houding, ook bij andere standen van het hoofd, en zoo was hierdoor aangetoond, dat na 15

minuten de rolling om de gezichtsas nog niet merkbaar was afgenomen.

Ook in liggende houding herhaalde ik met Dr. Küster deze proeven. Wij legden ons op een plat bed, dat zoodanig voor den toestel geplaatst was, dat wij den mondhouder in den mond konden nemen, zoodat wij nauwkeurig de neiging van ons hoofd konden aflezen. Na verloop van 45 minuten namen wij een nabeeld, schoven het bed snel ter zij en stelden het nabeeld op het uitgespannen koord in.

Thans bleek ons, dat de rolling om de gezichtsas een weinig was verminderd. Terwijl ze onder gewone omstandigheden, bij eene overhelling van  $86^\circ$ , bij mij  $6^\circ$  bedraagt, bleek het, dat na 45 minuten de rolling tot op  $5^\circ.2$  was gereduceerd. Bij Dr. Küster was ze  $2^\circ$  afgenomen. Bij  $90^\circ.6$  neiging van het hoofd bedraagt zijne rolbeweging ongeveer  $10^\circ.6$ , na 45 minuten slechts  $8^\circ.5$ .

Tegen deze methode is alleen dit in te brengen, dat het oog, bij het oprichten van het lichaam, wellicht niet terstond zijn corresponderenden stand in de orbita herneemt. Wij antwoorden daarop, dat in onze proeven, na verkregen opgericht stand, de nabeelden nog geruimen tijd, in gunstige gevallen 1 minuut, zichtbaar blijven, en gedurende dien tijd niet van richting veranderen, wat zeker te verwachten ware, bijaldien het oog een ongewonen stand in de orbita had ingenomen.

Al het bovenstaande heeft betrekking tot de rolbeweging, die aan een bepaalden stand van het hoofd, bij zijdelingsche overhelling, eigen is. Behalve deze blijvende of *staande* rolbeweging, ontdekten wij eene *voorbijgaande*, die niet aan den stand van het hoofd verbonden is, maar de beweging vergezelt, om, nadat deze is afgelopen, spoedig te wijken.

Reeds had ik vele proeven gedaan, toen ik bemerkte, dat de uitkomsten aanzienlijk verschilden, naar gelang der snelheid, waarmede het nabeeld was ingesteld. Bij snelle instelling, d. i. door het hoofd snel zoover te neigen, totdat het nabeeld met het koord parallel was, moest ik het hoofd meer ter zijde neigen dan bij langzame instelling, en dit verschil werd mij bij meerdere oefening steeds duidelijker. Het scheen dus in 't eerst, alsof bij mij de grootte der rolbeweging, bij geneigden stand van het hoofd, langzamerhand verminderde, en men kon aan de mogelijkheid denken, dat zij bij langdurig verblijven in dien stand geheel zou verdwijnen.

Een nader onderzoek leerde inderdaad, dat, wanneer het hoofd eenigszins snel op zij wordt bewogen, het oog niet terstond volgt, maar door tegengestelde rolling om de gezichtsas aanzienlijk terugblijft, om echter, zoodra het hoofd stilstaat, zoover te volgen, dat slechts de blijvende rolbeweging, zooals die boven werd aangegeven, tot waarneming komt.

Wij hebben dus eene voorbijgaande en eene blijvende rolbeweging te onderscheiden. De eerste houdt slechts een oogenblik aan en is na 1 à 2 seconden reeds weder geheel verdwenen. Dat deze observatie te voren nog niet was gedaan, behoeft niet te verwonderen, wanneer men bedenkt, dat, om ze goed te constateeren, men gelegenheid moet hebben, snel en zeker om een bepaalde as te draaijen en in staat moet zijn, bij de verkregen draaiing het hoofd te fixeeren. Bovendien moet men langen tijd gewend zijn aan het gebruik van nabeelden. In den beginne toch verdwijnt meestal het nabeeld bij het snel op zij neigen van het hoofd, en komt eerst weder te voorschijn, wanneer men het hoofd eenige oogenblikken stilsthoudt: dan is echter de voorbijgaande rolbeweging reeds verdwenen en alleen de blijvende nog aanwezig.

De grootte dezer voorbijgaande rolbeweging bedroeg bij matige overhelling voor mij tusschen  $10^\circ$  en  $15^\circ$ . Om een nabeeld  $20^\circ$  te doen draaijen, moet ik, langzaam bewegende, mijn hoofd ongeveer  $24^\circ$  op zij neigen, hetgeen aanduidt, dat de blijvende rolbeweging in dit geval  $24^\circ - 20^\circ = 4^\circ$  bedraagt. Bij tamelijk snelle beweging daarentegen is mijn hoofd reeds tusschen  $35^\circ$  à  $40^\circ$  op zij geneigd, voor en aler het nabeeld  $20^\circ$  gedraaid is: het gevolg daarvan is, dat het nabeeld, bij het stilhouden van het hoofd in dien stand, een hoek van resp.  $10^\circ$  en  $15^\circ$  met het op  $20^\circ$  gestelde koord gaat maken.

De grootte dezer voorbijgaande rolbeweging vond ik bij mij, voor verschillend groote bewegingen, doch bij dezelfde snelheid, ongeveer gelijk; het juiste bedrag liet zich intusschen, zooals licht te begrijpen is, moeielijk bepalen.

Terwijl het mij langzamerhand steeds gemakkelijker werd, mij van het bestaan der voorbijgaande rolbeweging te overtuigen, zoo zelfs, dat ik elk rechtljnig nabeeld, bij het op zij neigen van het hoofd, nog eenige oogenblikken zie nadraaijen, was het echter moeielijk, ze op deze wijze bij anderen te constateeren.

Zelfs Dr. Küster, die alle overige proeven omtrent de blijvende rolbeweging heeft herhaald, heeft ze op deze wijze nooit kunnen waarnemen: integendeel, kwam het hem soms voor, alsof het oog, bij snelle beweging van het hoofd, een kleinere rolbeweging maakte dan bij langzame.

Ook prof. Donders, die de goedheid had, de proeven te herhalen, was slechts ten deele overtuigd. Wel verkreeg hij bij snelle instelling doorgaans grootere waarden dan bij langzame, tot zelfs  $10^\circ$  verschil; maar schier altijd bleef hem eenige twijfel, of hij het hoofd wel had stil gehouden en de klem vastgezet op het juiste moment, dat het nabeeld den draad bereikte.

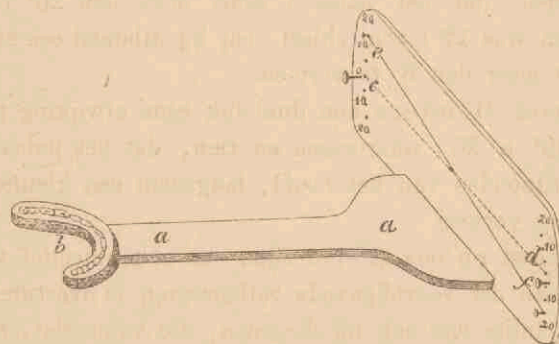
Daar dus deze methode zoo moeielijk tot overtuiging leidde, zag ik naar eene andere om.

In 't begin koesterde ik eenige verwachting van entoptische beelden, die reeds vroeger door prof. Donders ter bestudeering van de bewegingen van het oog waren gebezigd. Het gelukt, namelijk, meestal, wanneer men b. v. in 't donker een sterk positief glas voor 't oog houdt en dan naar een op eenigen afstand geplaatst lichtgevend punt ziet, in zijne eigene lens twee punten te vinden, die ongeveer diametraal tegenover elkander gelegen zijn. Gemakkelijk kan men zich nu overtuigen, dat de richting dezer twee punten steeds die van het hoofd ongeveer volgt. In mijne verwachting evenwel, om op deze wijze nog eene draaiing te bespeuren, wanneer het hoofd na eene snelle beweging reeds stilstond, werd ik teleurgesteld.

Ik keerde nu tot de nabeelden terug, maar volgde eene andere methode.

Het gebezigde toestelletje is in onderstaande figuur afgebeeld.

Fig. 4.



Het bestaat uit een staaf *a a*, ongeveer 25 centim. lang,

aan het eene einde geschikt, om tusschen de tanden te klemmen, terwijl aan het andere einde, loodrecht daarop, een klein scherm is bevestigd. Neemt men het toestelletje bij *b* tusschen de tanden, dan zal het nabeeld van een gekleurde strook papier, die telkens evenwijdig aan de lijn *c d* kan worden bevestigd en weggenomen, bij neiging van het hoofd naar rechts en links, met die lijn een hoek vormen, waarvan men de grootte kan bepalen door middel van het koord *ef*, dat onder verschillende hoeken met *c d* kan worden uitgespannen.

Men kan zodoende gemakkelijk het maximum van afwijking vinden, en is deze grooter dan bij rustigen stand van het hoofd, dan is het verschil toe te schrijven aan de voorbijgaande rolbeweging.

Het onderscheid tusschen deze en de vorige methode is lichtelijk in te zien: — dáár moest men snel het hoofd stilhouden op het moment, dat men het nabeeld aan het koord parallel meende te zien; hier heeft men niets anders te doen, als zich te overtuigen, dat beide nog samen kunnen vallen. Op deze wijze kon ik bij mij zelf duidelijk zien, dat het nabeeld soms meer dan  $20^\circ$  (het maximum was  $22^\circ$ ) achterbleef, om bij stilstand een hoek van niet meer dan  $6^\circ$  te vormen.

Ook prof. Donders kon duidelijk eene afwijking tusschen  $15^\circ$  à  $20^\circ$  waarnemen en zien, dat het nabeeld, bij 't stilhouden van het hoofd, langzaam een kleineren hoek ging vormen.

Het moest nu ons streven zijn, ons ook objectief van het bestaan der voorbijgaande rolbeweging te overtuigen, en dit gelukte ons ook bij diegenen, die subjectief, met behulp van nabeelden, moeielijk tot zekerheid zouden zijn gekomen.

Wij mogen dus aannemen, dat het verschijnsel der

voorbijgaande rolbeweging algemeen is. Het hoofd van den onderzochten persoon kan zich daarbij actief of passief bewegen. De passieve beweging geschiedt het best door het leggen zijner twee handen tegen de slapen van den persoon, dien men wenscht te onderzoeken: mits deze geen tegenstand biedt, kan men daarbij de bewegingen zoo snel maken en zoover uitstrekken, als men wenscht, en de onderzochte persoon heeft voor niets anders te zorgen, dan dat hij onafgebroken hetzelfde verwijderde punt blijve fixeeren. Deze passieve beweging geeft voor den waarnemer het voordeel, dat hij op het oogenblik van het stilhouden van het hoofd is voorbereid, het bewogen oog reeds kon volgen en onmiddellijk bij het stilstaan met volle aandacht het verschijnsel kan gadeslaan. Men overtuigt zich zodoende gemakkelijk, na iedere eenigszins snelle overhelling, dat het oog tijdelijk meer was teruggebleven, dan het als blijvenden stand aanneemt; het volgt, ook na betrekkelijk kleine overhelling, een meer of minder aantal graden, draaiende om de gezichtsas in de richting, waarin het hoofd ter zijde was bewogen. Er zijn nauwelijks personen, op welke niet het eene of het andere oog eene arteria ciliaris anterior aanbiedt, welke verhouding tot het ooglid een geschikt voorwerp tot observatie uitmaakt, weinigen ook, waarbij de rolbeweging aan het eigenaardig netwerk der iris niet duidelijk is te bespeuren.

Dezelfde waarneming kan men doen, wanneer men eene willekeurige overhelling doet uitvoeren. Enkele malen zal men dan echter zijn doel missen, omdat de blik niet onmiddellijk op het juiste punt gericht, de aandacht niet op het juiste oogenblik gespannen is.

Het zekerst overtuigt men zich daarom objectief van het voorkomen der voorbijgaande rolbeweging bij zelf-

waarneming in een spiegeltje, dat, tusschen de tanden geklemd, tegelijk met het hoofd zich beweegt. Deze waarneming kan geschieden met evenwijdige en met convergerende gezichtslijnen.

Bij evenwijdige gezichtslijnen ziet slechts het eene oog zich zelf in een kleinen spiegel, terwijl het andere naast den spiegel op een verwijderden wand van tamelijk gelijkmatig uitzien gericht is. Hierbij kan de sterke myoop zich van een gewoon plat spiegelglas bedienen, dat, op den halven afstand van het verste punt van duidelijk zien geplaatst, het oog een scherp beeld van zich zelf aanbiedt.

Bij geringe graden van myopie, evenals bij emmetropie en hypermetropie, voldoet de platte spiegel niet meer en moet men een positieve lens voor den spiegel kleven of liever nog, zooals prof. Donders mij raadde, een biconvexe lens (gewoon niet afgeslepen brillenglas), op der vlakken verzilverd, als spiegel gebruiken. Zodoende kostte het mij geen de minste moeite, mij van de voorbijgaande rolbeweging, bij evenwijdige richting der gezichtslijnen, herhaalde malen telkens met zekerheid te overtuigen. Bij eene zijdelingsche overhelling van  $25^\circ$  is het reeds duidelijk, duidelijker nog bij eene van  $45^\circ$  of meer. Het is op deze wijze, dat ik mij het eerst objectief van het bestaan der voorbijgaande rolbeweging had overtuigd. Men behoeft de beweging niet snel uit te voeren: voldoende is het, in den loop van een seconde over te hellen; de voorbijgaande rolbeweging verdwijnt dan genoegzaam in den loop der volgende, met bijna gelijkmatige snelheid.

Prof. Donders herhaalde de proef op zich zelf: „ik „helde ter zijde,” zoo sprak hij, „tot een arteria ciliaris „juist achter het ooglid verdween, en stilstaande, zag ik ze „meer dan 0.5 m.m. terugtreden; wanneer ik nu uit den

„geneigden stand weder tot den loodrechten overging, kwam „het vat ver boven het ooglid te voorschijn, om weder „0.5 — tot 1. m.m. te dalen.”

Dit laatste is zeer belangrijk. Inderdaad is het terugblijven van het oog, wanneer men uit den geneigden stand in den verticalen overgaat, vaak nog duidelijker te constateeren, dan bij de omgekeerde beweging. En dit geschiedt, niettegenstaande het oog, ten gevolge der overhelling, blijvend in de tegengestelde richting was afgeweken. Het is dus klaar, dat het oog de neiging heeft, om, bij iedere verandering in de helling van het hoofd, den verkregen stand, waarbij het zich in de ruimte heeft georiënteerd, te handhaven.

Wat wij hier objectief waarnamen, was ons ook reeds bij het subjectieve onderzoek met nabeelden gebleken.

Men kan voorts bij zichzelf een zijner oogen bij convergentie in een spiegel waarnemen. Plaatst men den spiegel in het midden loodrecht op het mediaanvlak, dan zien, bij symmetrische convergentie, de beide oogen elkaar wederkeerig, hetgeen verwarring geeft en het herkennen der bijzonderheden onmogelijk maakt. Men moet dus het spiegeltje zoo plaatsen, dat b. v. het rechter oog zichzelf kan waarnemen, het linker noch zichzelf, noch het rechter; het rechter ziet dan zichzelf op den dubbelen afstand van het (vlakke) spiegeltje, en, daarvoor accommodeerende, zal het linker een hieraan genoegzaam beantwoordende convergentie aannemen. Bij zijdelingsche overhelling blijft de richting der gezichtslijn in betrekking tot het hoofd onveranderd en bestaat er geen grond, om een verandering in de richting der linker aan te nemen. — Hierbij nu blijkt evenzeer als bij de proeven met evenwijdige gezichtslijnen, dat er, behalve de blijvende rolbeweging, eene voorbijgaande voorkomt, die dus door convergentie niet is uitgesloten.



Een ander verschijnsel, dat ons toeschijnt met de voorbijgaande rolbeweging in nauw verband te staan, heeft bijzonder onze aandacht getrokken: wij bedoelen de kleine schokkende nystagmische bewegingen, die het overhellen van het hoofd vergezellen. Bij Hueck is, zooals wij zagen, reeds sprake van een of meer schokkende bewegingen, waaraan hij eene colossale uitgebreidheid toekent, zoodat het  $25^{\circ}$ — $27^{\circ}$  om zijn as gedraaide oog, door dergelijken schok plotseling zijne normale stelling in de orbita zou hernemen. Wat wij waarnamen wijkt zoozeer hiervan af, dat wij twifelen zouden, of Hueck hetzelfde verschijnsel voor zich had, indien er aan eenig ander kon gedacht worden. Ook Nagel spreekt van kleine nystagmische schokken, die bij ongeoeffenden het terzijde neigen van het hoofd zouden vergezellen. Naar onze ervaring komen ze bij allen voor zonder onderscheid, bij geoeffenden zoowel als bij ongeoeffenden. Ik heb twintig personen er op onderzocht en vond ze bij prof. Donders en bij mij, die tot de geoeffenden behooren, wel iets minder ontwikkeld, maar toch ook duidelijk aanwezig. Zij zijn het duidelijkst waarneembaar en ook wel het sterkst ontwikkeld bij langzame overhelling. Iedere schok heeft het karakter eener rolbeweging naar de zijde der overhelling. Blijkbaar was dus het oog meer naar de tegengestelde zijde om zijn as gedraaid en de voorstelling kan moeielijk eene andere zijn, als dat het oog de neiging had, door rolbeweging zijn stand tegenover de ruimte zooveel mogelijk te bewaren, maar bij de toenemende overhelling telkens insufficiënt werd en stootsgewijze toegang aan den normalen stand in de orbita. Aan het eind van iederen schok is het, alsof het in tegengestelde richting terugspringt, zoo zwak evenwel, dat wij daarin niets anders zien als het snel hervatten der gewone rolbeweging

bij de inmiddels toenemende overhelling. Het getal stooten voor een zijdelingsche overhelling van  $40^{\circ}$ — $50^{\circ}$  verschilt van twee en drie, tot zes, acht en meer. Doorgaans zijn de schokken des te grooter, hoe minder talrijk. In weerwil nu van de partiële meëbeweging en van het schoksgewijze herstellen der rolbeweging, constateeren wij aan het eind der overhelling altijd nog eene vrij belangrijke rolbeweging, die, als voorbijgaande, spoedig voor een deel wijkt, en voor een deel als staande rolbeweging voortduurt.

Bij de tegengestelde beweging van het hoofd, uit den overhellenden naar den opgerichten stand, worden dezelfde schokjes, vaak zelfs krachtiger en duidelijker, waargenomen, altijd weder in de richting der beweging van het hoofd. En toch blijft er, zooals wij boven gezien hebben, bij het stilhouden in den opgerichten stand ook hier eene betrekkelijk groote voorbijgaande rolbeweging over, zoodat de neiging, om zijnen stand tegenover de buitenwereld te handhaven, bij het terugkeeren tot den opgerichten stand bijzonder sterk aan den dag komt.

Wij gaven reeds te kennen, dat wij meenden, een verband te mogen aannemen tusschen de voorbijgaande rolbeweging, die aan het eind der hoofdbeweging overblijft, en de schokken, tijdens die beweging waargenomen. Na de gegeven beschrijving schijnt dat verband nauwelijks meer toelichting te behoeven. Inderdaad blijkt er bij het overhellen telkens een dergelijke voorbijgaande rolbeweging te bestaan, die dan schoksgewijs wordt opgeheven, en aan het eind blijft een laatste terug, die nog niet rijp was voor den schok en nu langzamer verdwijnt. Wij willen hiermee niet te kennen geven, dat ieder schokje de voorbijgaande rolbeweging voor den bereikten stand geheel zou opheffen. Wij gelooven veeleer het tegendeel en vinden dit door de inmiddels regelmatig toenemende overhelling

grootendeels verklaard. Maar wel gelooven wij, dat er bij ieder persoon een nader verband bestaat tusschen die schokken en de voorbijgaande rolbeweging, dat b. v. bij mijzelven de zwakke ontwikkeling der schokken in betrekking staat tot de groote voorbijgaande rolbeweging, op het moment van stilstaan van het hoofd aanwezig. Van die laatste hebben wij gezien, dat zij aan de nabeelden te herkennen is, waaraan ik ze zelfs het eerst gevonden heb.

Hoe verhouden zich in dit opzicht de nystagmische schokken?

Opmerkelijk genoeg ziet men daarvan aan de nabeelden niets.

Sommigen verklaarden de schokkende bewegingen te gevoelen; Prof. Donders gaf ze zelfs aan en meende op het oogenblik van den schok een moeielijkheid in het onafgebroken fixeeren van hetzelfde punt te ontwaren, wat hij bij rechtstandig hoofd zonder inspanning minuten lang, ook zonder te pinken, kan volhouden. Maar noch in de nabeelden, noch in de werkelijke voorwerpen worden de schokkende bewegingen herkend. Het is trouwens evenzoo bij ziekelijken nystagmos. Deze stoort de waarneming, en bij den stand der oogen, die hem tot een minimum reduceert, neemt de gezichtscherpte toe 1); maar bewegingen van het gefixeerde voorwerp en van de ruimte in het algemeen worden niet gezien.

Boven beschreven wij de nystagmische schokjes, zooals men ze bij genoegzaam evenwijdige gezichtslijnen waarneemt. Onderzoekt men ze nu bij convergentie der gezichtslijnen, dan vindt men ze uiterst zwak. De conver-

1) Vergel. Baumeister, in Verslag v. h. Nederl. Gasthuis van Ooglijders. 1874. Wetenschappelijke Bijbladen. bl. 71 en Graefe's Archiv f. Ophth. Bd. XIX. I. pag. 261.

gentie dus, die ons geen invloed aanwees op de voorbijgaande rolbeweging, werkt duidelijk onderdrukkend op de schoksgewijze beweging: ik meen, dat bij gewonen nystagmos de schokken, onder den invloed van convergentie, ook doorgaans afnemen. Men kan dien invloed der convergentie nu ook bij anderen duidelijk constateeren. Bij willekeurig in de ruimte convergeerenden kan men het hoofd achtereenvolgens links en rechts doen overhellen, zonder dat zich duidelijke schokken ontwikkelen. Gemakkelijk ook overtuigt men zich, wanneer men een te fixeeren voorwerp meer en meer in het mediaanvlak nadert, terwijl onophoudelijk links en rechts overhellende bewegingen afwisselen, dat met het naderen de schokken verminderen, om ten slotte bijna geheel uit te blijven. Eindelijk kan men een aan het mondstuk bevestigd punt bij meer of minder sterke convergentie te fixeeren geven, en resp. ziet men de schokken daarmee uitblijven of verminderen.

Kan men nu, evenals de voorbijgaande rolbeweging, de schokken naar de boven beschreven methode bij zich zelf in een spiegel waarnemen?

Dit gelukt in geen deele. Ook bij evenwijdige gezichtslijnen zijn ze in den spiegel niet te zien.

Aanvankelijk onderstelden wij, dat tijdens de schokjes de fixatie, en daarmede de waarneming, kon zijn opgeheven. Maar ook bij anderen overtuigden wij ons, dat ze gedurende de fixatie in den spiegel genoegzaam uitblijven. Het blijkt dus, dat het onveranderlijke aanzien van het ook zonder convergentie zich spiegeland oog de schokken opheft. De boven beschreven proeven leerden evenwel, dat ook bij het bestaan dier schijnbewegingen de convergentie alléén in staat is, ze te onderdrukken.

## II. ANALOGE BEWEGINGEN VAN HET OOG.

Iedere poging, om tot de beteekenis op te klimmen der rolbeweging, in het vorige hoofdstuk beschreven, moet worden voorafgegaan door een beschouwing der analoge bewegingen, juister nog der bewegingen, onder overeenkomstige voorwaarden. Laten zij zich uit hetzelfde gezichtspunt verklaren, dan verkrijgt die verklaring des te hoogere waarde, naarmate zij algemeener is en zich over meer feiten uitstrekt.

Rolbewegingen komen onder zeer verschillende omstandigheden voor. Convergentie gaat met rolbeweging gepaard, zichtbaar ook op het oog, welks gezichtslijn daarbij haar richting niet verandert. Bij beweging om de horizontale dwarse as naar boven heeft regelmatig eenige rolbeweging naar buiten, bij die naar beneden eenige rolbeweging naar binnen plaats. Ten behoeve der stereoscopische combinatie worden, wanneer de beelden voor rechter en linker oog niet evenwijdig zijn, onwillekeurig rolbewegingen van eenige graden volvoerd. — In al deze gevallen is de rolbeweging intusschen van geheel anderen aard, als de in het vorige hoofdstuk beschrevene. Zij is, namelijk, eene symmetrische, d. w. z., voor het eene oog in tegengestelden zin als voor het andere, beide naar binnen of beide naar buiten. In de rolbeweging,

waarvan vroeger sprake was, is daarentegen de richting eene parallele, voor beide oogen eene draaiing rechts ofte links.

Blijkbaar liggen aan deze beide vormen zeer verschillende innervaties ten gronde. De rolbeweging naar binnen geschiedt door den musculus rectus superior en obliquus superior, die naar buiten door den musculus rectus inferior en obliquus inferior: de genoemde spieren moeten werken met spankrachten, die elkander op de dwarse as opheffen, en ondersteunen elkander dan op de gezichtsas. Bij de symmetrische rolbeweging nu is de innervatie op beide oogen dezelfde, bij de parallele daarentegen een tegengestelde. Wij vinden hier dus hetzelfde verschil terug, dat er bestaat tusschen een symmetrische convergentie der oogen en een wenden der beide oogen naar de rechter of linker zijde. Het verschil is zeer essentiëel. Het sluit iedere gedachte uit, om de symmetrische rolbeweging in analogie te brengen met de parallele.

Zooals in het eerste hoofdstuk vermeld werd, heeft Nagel gevonden, dat, bij ligging op den rug, eene draaiing om de vertikale as van het lichaam rolbeweging voortbrengt. Zijn astigmatisme gaf hem het middel tot dit onderzoek aan de hand. Wij herhaalden het, ons bedienende van het beschreven mondstuk, met nabeelden, en bevestigden gemakkelijk zijne uitkomst.

Hierbij is de rolbeweging inderdaad eene parallele voor beide oogen.

Maar is zij eene analoge aan de vroeger beschrevene, die eigen is aan overhelling van het hoofd naar den schouder? — Zij is geene analoge, maar zij is dezelfde, of liever een direct uitvloeisel er van. Men zal dit gereedelijk inzien.

Het rechtstandige lichaam kan, b. v. op een plank,

achterover geneigd worden, tot het horizontaal op den grond ligt, en alle rolbeweging blijft hierbij uit. Het kan evenzeer ter zijde geneigd worden, tot het insgelijks horizontaal op den grond ligt, maar nu op de eene of de andere zijde, waarbij het hoofd dus op een der ooren rust, en hierbij komt de vroeger beschrevene rolbeweging voor, die aan zijdelingsche overhelling gebonden is. Nu heeft men wel niets anders te doen, als zich om de lengte-as van zijn lichaam te draaien, tot men plat op den rug ligt, om de bestaande rolbeweging te doen wijken, en, omgekeerd, zich weér op de zijde te draaien, om ze te doen terugkeeren. Men ziet dus, dat zij een eenvoudig uitvloeisel is van de aan zijdelingsche overhelling van het hoofd gebundene. Maar onbelangrijk is zij niet, in zoverre zij ons leert, dat ook bij een beweging der oogen in het vlak der netvlies-horizonten eene rolbeweging kan voorkomen, krachtens het verband tusschen den stand van het lichaam en de ligging der oogen in de orbita. Deze verklaring brengt mede, dat bij de draaiing om de verticale as, in liggende houding, geene sterkere rolbeweging als voorbijgaande kan voorkomen, en wij konden eene dergelijke ook niet constateeren.

Werkelijk analoog aan de door ons in het eerste hoofdstuk onderzochte is

1. de rolbeweging, die ontstaat, wanneer, bij horizontaal naar beneden gericht aangezichtsvlak, het hoofd in een horizontaal vlak wordt heen en weer bewogen. Die rolbeweging is door Breuer<sup>1)</sup> onderzocht. Hij richtte de proef zoodanig in, dat het hoofd, bij naar beneden gericht aangezichtsvlak, draait om eene as, die, loodrecht op de

1) Ueber die Function der Bogengänge des Ohrlabyrinthes. Medicinische Jahrb. I. Heft. 1874.

grondlijn, van den neuswortel naar het achterhoofd gaat. Om dit te bereiken, fixeerde hij op de draaibare plaat van een klein tafeltje een viseerblad van Helmholtz, in dier voege, dat het mondstuk loodrecht stond. Klemde hij dit nu tusschen de tanden, dan was zijn aangezicht parallel aan het tafelblad, en draaide hij nu dit blad rechts of links om, dan bewoog zijn hoofd zich natuurlijk om de genoemde as. „Wenn ich nun,” zegt hij, „auf dem Tischchen ein liniirtes Papier befestige, mir ein lebhaftes und scharfes Nachbild verschaffe, etwa die Trennungslinie zwischen blau und orange, roth und grün, und dann die oben beschriebene Drehung mache, so sehe ich, dass dabei das auf das Papier projicirte Nachbild sich ausgiebig gegen die Linien dreht. Nach einer gewissen Drehung schwindet mir das Nachbild, dan finde ich es wieder in der Anfangsstellung, wenn es gelang die Fixation festzuhalten (was nicht immer leicht ist) u. s. w. Steht man still, so stellt sich das Nachbild in die Lage wie vor der Drehung.” Om het bedrag dier rolbeweging te bepalen, bevestigde hij met een stift, die tegelijk als fixatie-punt diende, op het tafelblad een schijf van tamelijk donker papier, waarop een breede zwarte lijn getrokken was, die door de stift ging. Hierover werd nu nog een voor de helft met rood, voor de helft met groen bekleede schijf gelegd; de grenslijn der kleuren ging insgelijks door de in het middelpunt der schijf staande stift. Hij kon nu door verschuiving der bovenste schijf de grenslijn en de zwarte lijn onder verschillende hoeken brengen, en was zeer wel in staat, wanneer na lang fixeeren de bovenste schijf werd weggenomen, waar te nemen, of bij het ronddraaien het nabeeld die lijn bereikte: hij geloofde op die wijze draaiingen van nagenoeg 20° zeker te hebben geconstateerd.

Deze proeven zijn door ons zorgvuldig herhaald. In de eerste plaats met het draaibare tafelblad, zooals boven beschreven is. Later wijzigden wij de methode in zooverre, dat wij het vroeger (bl. 27) beschreven kleine werktuig in den mond klemden, en het hoofd dermate op de borst bogen, dat het aangezichtvlak horizontaal kwam te liggen. Men kan dan, de voeten in een kleinen kring om het fixeerpunt op den bodem verschuivende, eene draaiing van het hoofd om de gewenschte as verkrijgen, en zonder eenige belemmering zelfs eenige malen het lichaam geheel omdraaien. Wij vonden nu bevestigd, dat die draaiing terstond rolbeweging opwekt. Eenige malen het lichaam ronddraaiende, bereikten wij als maximum een rolbeweging van 22°. Wat wij daarentegen niet zagen, is het verdwijnen van het nabeeld: zoolang de beweging voortduurt, blijft het, naar het schijnt met langzame schommelingen, onveranderd afgeweken. Van een geheel compenseerende draaiing, telkens stootsgewijs opgeheven, zooals Breuer zich schijnt voor te stellen, konden wij niets waarnemen. Hij schijnt, zooals nog nader blijken zal, zich hierbij een proces voor te stellen naar het model der schildering van Hueck voor zijdelingsche overhelling van het hoofd, dat wij meenen boven voldoende te hebben weerlegd.

Volgens Breuer keert het nabeeld bij het stilstaan tot zijn oorspronkelijken stand terug. Zoo eenvoudig vonden wij dien terugkeer niet. Heeft men na lange draaiing een aanzienlijke afwijking verkregen, dan ziet men onmiddellijk bij het stilstaan het nabeeld vrij snel tot den primitieven stand naderen, maar tevens dien stand aanzienlijk overschrijden, zoodat er een secundaire rolbeweging in tegengestelden zin, bijna van gelijk bedrag als de primaire, tot stand komt, waarin het oog eenige seconden onveranderlijk volhardt, om langzaam, aanvan-

kelijk met toenemende, vervolgens met afnemende snelheid, tot den primitieven stand terug te keeren, die dan niet meer overschreden wordt. Bij sterke afwijking duurt het geheele proces niet minder dan 25 seconden. Van den aanvang af, of gedurende het proces, kan men het hoofd opheffen en rechtstandig stellen, zonder het proces te storen: de secundaire afwijking komt op gelijke wijze voor, om ook op gelijke wijze te verdwijnen.

Zooals wij zagen, is ons, bij de laatstbeschreven draaiing, van schokkende rolbeweging niets gebleken. Maar ook bij zijdelingsche overhelling van het hoofd zijn ze aan het nabeeld niet waar te nemen. Ze zouden dus ook hier kunnen voorkomen, zonder door ons te zijn opgemerkt. De gelegenheid van ze bij anderen te onderzoeken, wordt door den horizontalen stand van het aangezicht eenigszins bemoeielijkt. We onderzochten onze eigen oogen met de spiegelende lens. Het resultaat was, dat eigenlijke schokken niet werden gezien, maar dat er langzame schommelende bewegingen voorkomen, zooals wij ook reeds aan de nabeelden meenden te hebben opgemerkt, zoowel tijdens het omdraaien als na het stilstaan, tot zelfs nog in den terugkeer uit de secundaire afwijking. Intusschen kan deze methode, zooals wij zagen, de schokken onderdrukken: in hoeverre ze voorkomen, blijft dus onbeslist.

Eene blijvende afwijking komt bij de hier behandelde draaiing met horizontaal aangezichtvlak niet voor. Dit is zeer begrijpelijk, omdat het lichaam in zijn geheel, zonder relatieve verplaatsing zijner deelen, tegenover de ruimte blijft staan en in betrekking tot die ruimte georiënteerd is. Een grond voor blijvende afwijking kan men zich dus naar de eene zijde even weinig denken, als naar de andere. Daarentegen is de secundaire afwijking, vóór

het oog tot rust komt, als een uitvloeisel van de wet van Plateau beter te begrijpen.

Alléén wanneer de draaiing niet zuiver om de as tusschen neuswortel en achterhoofdsbeen geschiedt, maar het hoofd tevens heen en weer bewogen wordt, zoodat de betrekkelijke stand der lichaamsdeelen tot elkander verandert, mag men, evenals bij zijdelingsche overhelling naar den schouder, eene blijvende rolbeweging verwachten, en zij is in dat geval ook werkelijk aanwezig.

De uitkomsten bij de hier beschreven draaiing verschillen van die van Breuer: in de eerste plaats, door het zichtbaar blijven van het nabeeld en het uitblijven van zoodanige schokken, als waardoor het telkens den oorspronkelijken stand zou innemen; in de tweede plaats door de secundaire afwijking. Maar er is nog een derde punt van verschil. Breuer trachtte ook de verhouding tusschen de compenseerende rolbeweging en de frontaaldraaiing van het hoofd te bepalen, wat hem echter niet wilde gelukken. „Doch *möchte* ich *für sicher* halten”, zegt hij, dat de verhouding veel grooter is dan 1 : 6. Wij weerspreken dit niet, maar merken aan, dat de verhouding 1 : 6 het maximum is der *blijvende* afwijking, die bij zijdelingsche overhelling van het hoofd gevonden wordt; en de *voorbijgaande* afwijking, waarvan hier sprake is, is van geheel anderen aard, zoodat een relatie tusschen draaiing en rolbeweging hier niet denzelfden zin heeft. Breuer gaat voort: „ich meine dass kleine Kopfdrehungen *so gut* „als *vollständig* compensirt werden.” En, om den climax te voltooien: „*ich muss* somit Hueck *vollständig* Recht „geben, wenn ich auch Drehungen um 28° nicht gesehen „habe.” Zoo is van „*möchte*” en „weit grösser als 1 : 6” in een paar regels „*muss*” en „*vollständig*” geworden. De waarheid is, dat, bij zijdelingsche overhelling van het

hoofd, groot of klein en bij welke snelheid ook volbracht, het nabeeld onmiddellijk de helling volgt, en dat, bij de laatst beschreven draaiing met horizontaal aangezicht, het nabeeld ook onder geen omstandigheid zijn absoluten stand in de ruimte behoudt, zoodat het vaststaat, dat ook de voorbijgaande rolbeweging altijd slechts voor een deel compenseert.

Naar Hueck zou zelfs de compensatie der blijvende, die slechts de fractie van 10 tot 15 proc. bedraagt, tot 28° volkomen zijn. Hoe kan er dan van een verdediging der Hueck'sche voorstelling sprake zijn?

2. In verband met de rolbeweging als gevolg van het draaien om een as, die bij horizontaal aangezichts-vlak verticaal van neuswortel naar achterhoofdsbeen gaat, moeten wij thans den invloed nagaan van draaiing om de verticale as van het hoofd, in opgericht stand. Hierbij kan alleen sprake zijn van draaiing van het oog om een verticale as naar den binnen- en buitenooghoek, en daar deze draaiing meer absoluut door den wil wordt beheerscht, zal iedere andere drang tot die beweging allicht zich minder duidelijk openbaren. Toch zal het voldoende blijken, dat de bedoelde bewegingen van het oog hier in allen deele eene analoge verhouding vertoonen, als de rolbeweging bij horizontaal aangezichts-vlak.

Wanneer men iemand vraagt, het hoofd heen en weer te bewegen (het gebaar der ontkenning), dan zal men bijna zonder uitzondering vinden, dat het oog die bewegingen niet volkomen volgt: het zal heen en weer gaan, maar in mindere mate, en dus, door draaiing in de orbita, de hoofdbeweging gedeeltelijk compenseeren. Gelijke uitkomst verkrijgt men, wanneer men zich achter iemand plaatst en met de op de slapen gelegde handen het hoofd een dergelijke passieve beweging doet ondergaan.

Met het sterke nabeeld van een vlam bij het directe zien voor oogen, het hoofd, hetzij met gesloten, hetzij met geopende oogen heen en weêr bewegende, overtuigt men zich ook gemakkelijk, dat de oogen minder extensieve bewegingen plegen te maken, dan het hoofd. Het is noodig, dat men bij het nemen dezer proeven zich bepaald voorstelle, het hoofd te bewegen, geenszins het een of het andere in de peripherie gelegen en indirect geziene punt te fixeeren. In het laatste geval verkrijgt men het omgekeerde effect, dat, namelijk, in dezelfde richting, waarin het hoofd zich beweegt, de oogen nog verder worden gedraaid.

Om zich van het hier gezegde op zich zelf te overtuigen en zelfs ook de verhouding tusschen hoofd- en oogbeweging te bepalen, kan men een eenvoudig dun staafje (b. v. een gewoon potlood) tusschen de tanden klemmen, zoodat het naar boven gericht is en in den primairen stand met zijn uiteinde viseerpunt is van het eene oog. Beoogt men dan een peripherisch gelegen punt te fixeeren, dan blijft het viseerpunt, dat de bewegingen van het hoofd meemaakt, bij de gezichtslijn kennelijk achter; stelt men zich daarentegen voor, het hoofd te bewegen, dan blijft de gezichtslijn achter bij het fixeerpunt 1).

Wanneer men nu verder eenige malen na elkander, door beweging op zijne voeten, om zijne lengteas draait, dan zijn de bewegingen der oogen ook weder analoog

1) Quantitatieve bepalingen hieromtrent zijn gemaakt in het physiologisch laboratorium te Utrecht door Dr. Ritzmann uit Zürich, met behulp van een klein werktuig, waarop men, na iedere beweging, voor de oogen en voor het hoofd, zoowel de doorloopene bogen in graden, als de meridianen, waarin de beweging plaats had, kan aflezen. Ongesteldheid van Dr. Ritzmann is oorzaak, dat zij tot dusverre niet werden gepubliceerd.

aan de draaiing bij horizontaal aangezichtsvlak. Purkinje 1) reeds beschreef, hoe daarbij de voorwerpen aanvankelijk in relatieve rust verkeerden, „indem das Auge „durch seine Bewegungen, die sich vermöge der Drehung „des Körpers immerfort ändernden Raumverhältnisse „desselben ausgleicht.“ Weldra is de compensatie minder volkomen „nur absatzweise, indem die Gegenstände jetzt bewegt, jetzt ruhend erscheinen.“ Eindelijk houdt ook deze strijd op; maar het oog blijft toch nog van tijd tot tijd aan eenig voorwerp zwak hangen, zoodat de neiging tot compensatie niet geheel geweken is. Breuer nam bij ééne omdraaiing van zijn lichaam, met de op zijne gesloten oogleden gelegde vingers, ongeveer 10 stooten van den bulbus waar. Mach 2) herhaalde deze proeven, met een sterk nabeeld voor de oogen, en constateerde daarbij hetzelfde. Hij deed ze ook bij passieve omdraaiing in een besloten ruimte: zijne vingers namen dan de schokken der gesloten oogen duidelijk waar. Minder sterk waren daarentegen die van van een nabeeld, bij geopende oogen.

Staat men nu stil, dan ontwikkelt zich het gevoel, dat men naar de tegenovergestelde zijde om zijn as gedraaid wordt. Het duidelijkst komt dit, zooals Mach opmerkt, na passieve omdraaiing te voorschijn: maar ook na actieve neemt men het waar, wanneer men zich, zooals Breuer aanraadt, terstond daarop in een goed aansluitenden armstoel werpt. Dit gevoel gaat verbonden met een neiging van het hoofd, en vooral van de oogen, om zich in tegengestelde richting te bewegen, in de richting dus, waarin de oorspronkelijke draaiing van het lichaam

1) Medicinische Jahrbücher. 1823.

2) Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen Leipzig. 1875.

plaats vond. Het gevolg hiervan is, dat bij een gewone poging, om een voorwerp te fixeeren, de bliklijnen telkens in den zin der primitieve draaiing er van afwijken, hetgeen dan ook telkens een snelle (schokkende) willekeurige beweging uitlokt, om het op nieuw te fixeeren, — verschijnselen, die men bij een ander kan waarnemen en, de proef zelf doende, gemakkelijk kan analyseeren 1).

De neiging, om de oogen na het ophouden der draaiing

1) In het telkens afwijken van het oog van het gefixeerde punt en het willekeurig schokkend terugkeeren wordt in het algemeen de grond gezocht der gezichtsduizeligheid (Gesichtschwindel), die men na herhaald omdraaien om de lengteas waarneemt. Mach intusschen meent, ook zonder beweging der oogen, deze duizeligheid waar te nemen, en beschrijft ze p. 26, naar hetgeen hij vooral zag in de beslotene ruimte, met de volgende woorden: „Es sieht so aus, alsob der ganze sichtbare Raum sich in „einem zweiten Raum drehen würde, den man für unverrückt „festhält, obgleich letzteren nicht das mindeste Sichtbare kenn- „zeichnet. Mann möchte glauben,“ zoo gaat hij voort, „dass hinter „dem Sehraum ein zweiter Raum steht, auf welchen erstere bezogen „wird.“ Prof. Donders kan ook door wat sterker geïntentioneerde fixatie de afwijkingen en de schokkende bewegingen onderdrukken en behoudt dan toch de voorstelling, dat het zichtbare veld de beweging, als gedurende het draaien om de vertikale as, voortzet, — in zekeren zin als op een daarbuiten gelegen ruimte, want hij stelt zich niet de geheele wereld als draaiend voor.

Als hoofdgrond, om de gezichtsduizeligheid aan de oogbewegingen toe te schrijven, heeft men aangevoerd, dat, wanneer men onmiddellijk na het ronddraaien een nabijgelegen punt, onder sterke convergentie, fixeert, de schijnbare draaiing der voorwerpen onmiddellijk wijkt. Van de juistheid van dit feit heb ik mij bij herhaling overtuigd. en ook prof. Donders vond dit bevestigd. Zelfs het sterk convergeeren in de ruimte, zonder gegeven fixatiepunt, vonden wij voldoende. Intusschen ligt hierin niet het absolute bewijs, dat de schijnbare beweging der voorwerpen uitsluitend van de oogbeweging afhangt: de actus

in den zin te bewegen, waarin primitief de draaiing plaats had, in tegengestelden zin dus van dien, waarin men thans meent omgedraaid te worden, is in betrekking tot ons onderzoek vooral belangrijk. Wij zochten daarom naar een middel, om ze duidelijk en zeker te constateeren, en vonden een zoodanig in de schijnbare beweging van het nabeeld eener sterke vlam, dat wij reeds vóór het omdraaien als een merk in de gele vlek hadden vastgelegd.

Werpen we ons nu, na eenige malen snel te zijn rondgedraaid, met gesloten oogen in een stoel, dan wordt, door een inwendigen drang, dat nabeeld, 't welk achtergebleven was, in weinige seconden sterk naar de zijde bewogen, waarheen wij ons primitief hebben gedraaid, blijft hier eenige seconden onbewegelijk staan en komt nu zeer langzaam naar het midden terug, om eerst na ongeveer 30 seconden den neutralen primären stand weêr in te nemen. De schijnbare richtingen, waarin wij het nabeeld zien, zijn hierbij die, welke de bliklijnen werkelijk aannemen. De bewegingen geschieden niet onbewust, en doen zich nu even goed gelden bij de projectie, — ze mogen door directe willekeur of, als associatie van zekere voorstellingen, door inwendigen drang worden voortgebracht. Wij hebben ons overigens, door gedurende het heen en weergaan plotseling het ooglid te openen, van den aan de projectie beantwoordenden stand der oogen overtuigd.

In de beweging van het nabeeld zien wij in de eerste plaats

eener sterke convergentie kan nog wel iets anders onderdrukken als enkel de oogbewegingen. Het kwam ons voor, dat het gevoel, van in tegenovergestelde richting gedraaid te worden, hierdoor ook geheel of grootendeels wijkt, en veel gemakkelijker kan men daarbij de zoogenoemde compenseerende bewegingen der ledematen vermijden en zich voor omvallen behoeden.



het gewone achterblijven, tijdens de draaiing, en bij het stilstaan, in de beweging naar de andere zijde, de uitdrukking van een bewegingsdrang, tegengesteld aan dien, waarin wij ons voorstellen gedraaid te worden, waaruit dan allengs de gewone evenwichtsstand zich weder ontwikkelt. — In allen deele, ook ten aanzien van de snelheid van het proces, zoo overeenkomstig met het verloop der rolbeweging, boven (bl. 39) na draaiing met horizontaal aangezichtsvlak beschreven, dat de analogie der verschijnselen overtuigend in het oog springt.

3. Van de draaiingen van het hoofd om een dwarse horizontale as, achterover en voorover buigende, schijnt wel in allen deele hetzelfde te gelden als van de draaiing van het hoofd om de verticale as. Hetzij het hoofd die bewegingen actief, hetzij ze passief volbrengt, de oogen toonden de neiging, meer of min aan de voorwerpen te blijven hangen, en hunne bewegingen zijn minder extensief dan die van het hoofd. Het komt er maar op aan, dat het niet in onze bedoeling ligge, een peripherisch punt te fixeeren, maar enkel het hoofd te bewegen. De proef met het tusschen de tanden geklemde staafje is ook hier weer beslissend. Kon men nu verder gemakkelijk met het lichaam tuimelen om een dwarse as, dan zouden zich hoogst waarschijnlijk verschijnselen opdoen, analoog aan die bij het draaien om een verticale as: zittende op het touw van een schommel, kan men dergelijke bewegingen zeer wel uitvoeren, en beoefenaars der gymnastiek zouden ons hunne waarnemingen daarbij kunnen mededeelen. Maar iets analoogs hebben wij reeds, wanneer we met sterk gebogen hoofd, zoodat het aangezicht horizontaal ligt, den blik op den grond gevestigd, ons naar voren en achteren bewegen.

In de eerste plaats merken wij dan op, alweder met het tusschen de tanden geklemde staafje, dat bij die sterke

buiging van het hoofd de oogen niet volkomen gevolgd zijn, maar wat meer naar voren op den bodem zijn gericht, dat de oogen dus naar boven zijn gedraaid. En verder, dat bij het voortbewegen zoowel als bij het terugbewegen van het lichaam de oogen de neiging hebben, het voorbijschuivende vlak te volgen, om telkens stootsgewijs tot hunnen primitieven stand in de orbita terug te keeren.

Eindelijk, wanneer men, bijv. in een wagen, passief voor- of achteruit bewogen wordt en den blik terzijde heeft gericht, ondervindt men moeite, om door abstractie van alle voorwerpen de oogen bewegeloos in de orbita te fixeeren: telkens blijven ze als aan de voorwerpen hangen, om dan weêr een kleinen sprong te doen. Bij gesloten oogen duren al die verschijnselen meer of minder voort, en waarschijnlijk zal men ze ook bij blinden aantreffen, bij welke Breuer ze voor draaiing in het horizontale en sagittale vlak heeft geconstateerd.

Het algemeene resultaat is, dat de oogen de neiging hebben, de verschuiving der beelden over het netvlies, tengevolge der bewegingen van het hoofd of van het lichaam, door eigen bewegingen voor een deel te compenseeren.

### III. BETEKENIS DER ROLBEWEGINGEN.

Zooals Hueck de rolbeweging meende te hebben waargenomen — een totale compensatie tot 28° — moest hij tot de voorstelling geraken, dat tot juiste oriëntering een onveranderde richting der meridianen bij kleine overhelling van het hoofd een noodzakelijke voorwaarde is. Bij John Hunter was dan ook reeds hetzelfde denkbeeld opgekomen. Vreemd was het alleen, dat nu bij 28° op eenmaal een andere orde van zaken intrad, waarbij de voorstelling omtrent de richting in de buitenwereld, — dit kon Hueck zich niet ontveinzen, — toch ook niet zoo gebrekkig was. Maar wij weten nu, dat de feiten, waarop Hueck zijn theorie baseerde, onjuist zijn, en daarmede vervalt natuurlijk de theorie zelve.

Maar kan er in de theorie van Hueck niet een juist beginsel verborgen liggen? En staat de partiële rolbeweging niet in werkelijk verband met de zich ontwikkelende voorstelling van richting? — Dit moge nader blijken.

Nagel, die de rolbeweging als een partiële had erkend, — als eene fractie slechts compenseerende van de overhelling van het hoofd, — daarbij echter alleen de blijvende niet de voorbijgaande had opgemerkt, schreef aan die rolbeweging een geheel andere beteekenis toe. Zij zou, namelijk, dienen, om ons den stand van het

hoofd en secundair dien van het geheele lichaam tot bewustzijn te brengen, en zodoende niet alleen de richting der ons omringende voorwerpen juist doen beoordeelen, maar tevens een gewichtige factor zijn tot ondersteuning van het evenwichtsgevoel. „Führt z. B.“, zegt Nagel, „das Auge bei jeder nach den rechten Schulter hin um 6°, „statt findenden Kopfeigung allemal eine Raddrehung „nach links um 1° aus, so ist aus dem Betrage der „stattgefundenen Raddrehung in jedem Moment ein „Schluss auf die Stellung des Kopfes zu machen und „danach die Localisation des Gesehenen zu vollziehen.“ De rolbewegingen zouden nu door hetzelfde centrum kunnen geregeld worden, als ook de overige bewegingen, die het behoud van het evenwicht ten doel hebben, beheerscht.

Deze hypothese getuigt van veel vindingskracht; maar ze schijnt ons toch niet gerechtvaardigd. Wij begrijpen niet, hoe dat centrum eene aan de overhelling van het hoofd geëvenredigde rolbeweging zal uitvoeren, zonder op de een of andere wijze nauwkeurig onderricht te zijn omtrent de overhelling van het hoofd, en die rolbeweging kan dan slechts een uiting zijn van een kennis, die ons ook reeds op andere wijze was geopenbaard. Of wel, vat men de rolbeweging als geheel onbewust en onwillekeurig op, dan zal ze ook aan onze voorstelling niets kondschapen, daar toch niet de acte der contractie, maar alleen de willekeurige impulsie daartoe ons tot bewustzijn komt. Maar bovendien, en dit bezwaar ligt buiten alle theorie, wordt het doel, dat Nagel zich voorstelt, hoogst onvolkomen bereikt. Dit bewijzen de proeven van Aubert<sup>1)</sup>. Hij ontdekte bij toeval, dat men bij overhelling van het hoofd de richting eener

1) Virchow's Archiv. B. XX. 1861. pag. 331.

lichstreep, in een overigens donker vertrek, zeer onjuist beoordeelt. Wat verticaal is, schijnt in het algemeen naar de tegengestelde zijde over te hellen, en een lijn moet vrij aanzienlijk naar dezelfde zijde neigen als het hoofd, om voor verticaal gehouden te worden. De afwijking vond Aubert des te grooter, hoe meer het hoofd ter zijde neigde, om bij eene overhelling van meer dan  $135^\circ$  weer te verminderen.

Bij de verklaring dier afwijking, heeft men de twee factoren in aanmerking genomen, die de voorstelling bepalen: het oordeel omtrent de aangenomen neiging van het hoofd en dat omtrent den getroffen netvliesmeridiaan. Aubert stelt het voor, alsof men zich zijnen stand niet juist zou herinneren; Helmholtz 1), alsof men zijne neiging zou te gering schatten. Ik kwam daarentegen tot de conclusie, dat men zich zijner neiging zeer wel bewust zijn kan; maar dat de daarbij getroffen meridiaan zeer wisselvallige aanwijzing geeft. Trouwens had ook Aubert zich reeds voor den spiegel overtuigd, dat hij ongeveer de helling weet in te nemen, die hij zich voorstelt; en om dan toch aan de overhelling de schuld te geven van het onjuiste oordeel, moet hij aannemen, dat men zijne neiging langzamerhand vergeet. Ik heb mij geruimen tijd met proeven omtrent dit gewichtig onderwerp bezig gehouden, waaraan ook prof. Donders en dr. Böckmann deelnamen. Wij bedienden ons van een uit een rij inductie-vonken samengestelde lichtlijn, die, langs een graad-boog draaibaar om haar middelpunt, door den proefnemer door het trekken aan een paar koorden zoo kon worden ingesteld, als hij meende voor verticaal of horizontaal te moeten houden. Hiermede experimenteerden wij, in een

1) Physiol. Optik. pag. 618

overigens donkere kamer, vooral bij horizontale ligging. Wij waren ons dezer ligging volkomen bewust, stelden ze ons duidelijk voor en trachtten ze ook soms opzettelijk in aanmerking te nemen. Maar, in weerwil hiervan, gaven wij aan de lijn, om ze verticaal te doen schijnen, altijd een neiging van  $20^\circ$  tot  $50^\circ$  naar de zijde, waarheen wij overhielden. Het is dus klaar, dat het netvlies ons in den steek liet. Dit bleek ook verder uit het wankelend oordeel, zoodat we dikwijls niet recht wisten, hoe in te stellen, en nog meer uit de schommelingen, die de lijn vaak onderging, dermate bedriegelijk, dat wij soms geloofden, ware draaingen der lijn te zien, en geneigd waren, onze adsisterende vrienden te vragen, of ze ons ook op de proef stelden. In hoeverre daarbij schommelende rolbeweging in het spel is, durf ik niet te beslissen. — Andere proeven deden wij, in staande of zittende houding, met een koker voor het aangezicht, bij daglicht, den blik op een gelijkmatig vlak gericht. Hierbij kwam het wankelende in zooverre nog sterker uit, als aanvankelijk de verticale lijn de neiging van het hoofd eenige graden scheen te volgen, om dan eerst naar de tegengestelde zijde over te hellen, zoodat deze, om zich verticaal te vertoonen, nu ook naar dezelfde zijde overhellend moest worden ingesteld. In die aanvankelijke meëbeweging van de verticale lijn meenden wij iets van de voorbijgaande rolbeweging te herkennen.

Eindelijk ook overtuigden wij ons, dat men in de beoordeeling der neiging van het hoofd geen fouten maakt, in staat, om van de groote afwijking in de instelling der verticale lijn rekenschap te geven. De beste methode, om het oordeel, over onze neiging te toetsen, is deze, dat men een lijn vertoone, om daarop, hetzij in het duister, hetzij ziende, de helling dier lijn te doen aannemen,

of, omgekeerd, aan eene draaibare lijn eene helling late geven, gelijk aan de voorafgegane overhelling van het hoofd: de helling van het hoofd wordt hierbij afgelezen met een zinklood voor een in den mond geklemden graadboog. Wij herhalen, dat de hierbij gemaakte fouten in geen vergelijking komen met die in het beoordeelen van den verticalen stand eener lichtlijn in het duister. — Wij vonden nog menige bijzonderheid, onder anderen, dat na geneigd te zijn geweest, het aannemen van een verticalen stand in het duister een vrij groote fout kan insluiten, waarbij dan tevens het oordeel over de verticale richting der lichtlijn te wenschen overlaat. Maar deze en andere feiten gaan wij met stilzwijgen voorbij, omdat wij het onderzoek nog wenschen voort te zetten, en, als niet in zijn geheelen omvang tot het hier behandelde onderwerp behoorende, later afzonderlijk wenschen mede te deelen. Hier was het ons genoeg, duidelijk te doen uitkomen, dat, terwijl in opgericht stand onze voorstelling van verticaal en horizontaal vrij nauwkeurig, die van andere hellingen, zoo niet in absoluten zin, toch in betrekking tot gene, alleszins voldoende is, de getroffen meridiaan, althans in het duister, waar bekende voorwerpen ons oordeel niet langer tot richtsnoer strekken, een hoogst onvolkomen voorstelling geeft van de helling, die hem in opgericht stand bij het normale zien toekwam 1).

1) Duizenden hebben zich in de laatste jaren kunnen overtuigen, dat bij passieve beweging langs een hellend vlak in de vrije natuur, wij bedoelen op den spoorweg van de Rigi, de aan den wagen ontleende voorstelling van verticaal ons huizen en zelfs boomen en menschen hellende doet zien, als dreigden ze om te vallen. Hier zijn de gezichtsindrukken in den wagen in overeenstemming met de overhelling van het lichaam, en dragen er zeker toe bij, om de voorstelling van helling van het hoofd uit te wisschen.

Terugziende op de verklaring van Nagel, mogen wij nu wel constateeren, dat, zoo de rolbeweging van het oog ons al eenige voorstelling mocht geven omtrent de neiging van het lichaam, (ik zou zeggen, als repetitor in miniatuur), wat wij principiëel bestreden, in elk geval die aanwijzing ons in absoluten zin (in het duister) weinig baten kon, en bij het gewone zien weinig behoefde te te baten, om ons een juiste voorstelling van het geziene bij te brengen.

De verklaring, die wij van het verschijnsel der rolbeweging meenen te kunnen geven, en de ontwikkeling, die wij hier daarvan laten volgen, is het resultaat van herhaalde gesprekken, met mijn promotor prof. Donders gehouden, wiens gevoelen ik alzoo meen, daarmede ook uit te drukken. In het tweede hoofdstuk lieten wij die verklaring reeds doorschemeren. Al de daar bijeengebrachte feiten wijzen er op, dat er bij de bewegingen van het hoofd en van het lichaam een neiging bestaat, om deze door oogbewegingen te compenseeren, een neiging dus, om voorwerpen, die werkelijk in rust zijn, zoolang het ons niet te doen is om andere voorwerpen te zien, aan dezelfde punten van het netvlies gebonden te houden. Bij de gewone bewegingen van het hoofd komt die neiging sterk uit. Levendige personen, met wie wij in gesprek zijn, maken voortdurend allerlei gesticulaties met het hoofd en houden daarbij meestal onveranderd den blik op ons gevestigd, — laten hem hoogstens, onafhankelijk van de hoofdbeweging, afwisselend van het eene op het andere oog overspringen, zonder meer. Velerlei mechanische arbeid vordert bewegingen van het hoofd, terwijl de blik voortdurend op hetzelfde punt moet gericht blijven: ook hier zijn de compenseerende oogbewegingen onmiddellijk en gelijktijdig gegeven. Het is inderdaad het tegengestelde

van hetgeen wij zien gebeuren, wanneer een indirect gezien punt onze aandacht en daarmee den blik tot zich trekt. De oogen snellen derwaarts, maar het hoofd, ja het geheele lichaam werken in gelijken zin en volbrengen een deel van den weg: de associatie is zoo dringend, dat er veel wilskracht vereischt wordt, om ze te overwinnen.

In dit synergisch verband tusschen de bewegingen van het hoofd en de oogen ligt iets wettigs, en het onderzoek daaromtrent heeft alleszins belangrijke uitkomsten opgeleverd, die Dr. Ritzmann (verg. bl. 44.) zich zeker voorbehoudt later mede te deelen. Doch even sterk is de compenseerende associatie, die wij hier ter sprake brachten en tot verklaring der rolbeweging inriepen.

Neigen wij het hoofd langzaam naar den schouder, terwijl wij bijv. een verticale lijn beschouwen, dan schijnt die aanvankelijk iets mee te bewegen, om vervolgens genoegzaam haar richting te behouden. Wij weten, dat het oog daarbij de helling van het hoofd grootendeels volgt, dat, zodoende, de verticale lijn achtereenvolgens in meridianen komt te liggen, die aan de sterker en sterker naar de tegengestelde zijde overhellende verticale lijnen beantwoorden, en dat, bij gevolg, wanneer de bewuste overhelling niet in rekening werd gebracht, de verticale lijn naar de tegenovergestelde zijde zou schijnen te neigen, in zoover van de getroffen meridianen een absolute aanwijzing mocht uitgaan. Dit nu geschiedt niet, en wij corrigeeren dus den overgang op andere meridianen door de voorstelling, dat wij het hoofd ter zijde neigden. Maar voor een lichtlijn in het duister is die voorstelling ons gebleken ontoereikend te zijn: de verticale lijn schijnt naar de tegenovergestelde zijde over te hellen en, om verticaal te schijnen, moet een lijn naar dezelfde zijde neigen als het hoofd. De indruk van voorwerpen, wier

richting wij kennen, moet dus die voorstelling, zal ze strooken met de werkelijkheid, krachtig ondersteunen.

Maar er is meer. Zoodra de willekeurige overhelling, in plaats van langzaam, snel geschiedt, draait de verticale lijn om het gefixeerde punt naar de tegengestelde zijde, en volvoert men die bewegingen afwisselend links en rechts met eenige snelheid, dan beantwoordt de verticale lijn die met bewegingen rechts en links.

Die schijnbewegingen zouden nog sterker zijn, wanneer ze niet voor een deel door de rolbeweging werden gecompenseerd. De verschuiving der beelden naar andere meridianen wordt er door verminderd. Zoo weinig absolute aanwijzing als de meridianen ons omtrent helling geven, zoo nauwkeurig verraden ze bij vergelijking de hoeken, waaronder twee lijnen zich in het gefixeerde punt kruisen; en wanneer nu met betrekkelijk groote snelheid de overgang van een beeld van den eenen op een anderen meridiaan plaats heeft, dan kan het niet bevreemden, dat die overgang, ondanks het compenseerend bewustzijn der hoofdbeweging, als schijnbeweging tot voorstelling komt. Maar dan is het tevens in harmonie met de wederzijdsche adaptatie der levensfunctiën, dat rolbeweging daaraan zooveel mogelijk te gemoet komt. En werkelijk blijkt deze zich in dien graad te hebben ontwikkeld, dat ze voor de gewone bewegingen van het hoofd een voldoende auxiliair tot compensatie is. Dat ze bij snelle bewegingen, zooals wij aantoonen, zich als voorbijgaande rolbeweging sterker ontwikkelt, die eerst na een secunde of langer verdwijnt, is het zekerst bewijs, dat de neiging tot compensatie aan de rolbeweging ten gronde ligt, en geeft ons het recht, ze hiermede genetisch verklaard te achten. Waar nu een genetische verklaring gevonden is, behoeven wij wel niet naar een

andere te zoeken. Sommige punten schijnen echter nog eenige toelichting te behoeven.

Wij noemden de rolbeweging eene willekeurige, in den zin, die aan willekeurige beweging in het algemeen te hechten is. De spier-contractie zelve is, namelijk, nooit willekeurig: willekeurig is alleen het doel, dat wij ons voorstellen te bereiken, terwijl de middelen, innervatie en contractie, zoowel als het mechanisme, geheel buiten ons bewustzijn (wat ook genetisch te verklaren is) in de dienst treden van het ons voorgestelde doel. Het proces is geheel spontaan; want ook de voorstelling vraagt niet naar haren oorsprong en brengt zich zelve niet tot bewustzijn. Het is het spontane voortgeleiden over den gebaanden weg. Dat wilsuïting hare rol speelt, bemerken wij eerst, waar het bereiken van het doel hinderpalen ontmoet. Dan moeten wij die hinderpalen wegruimen en met overleg den weg zoeken. Wij noemen dat oefening, en oefening is de grondslag der harmonie en van hare volmaking tusschen de verschillende levensfunctiën in betrekking tot elkander en vaak ook in betrekking tot de buitenwereld. De oefening is volkomen, als de weg gebaad is en het geheele proces spontaan verloopt. Dan merken wij niets meer van de willekeurige impulsie, dan geldt daarvan hetzelfde als van de zogenaamde onbewuste besluiten: het bewegingsproces staat buiten den wil, de voorstelling (het zoogenoemde besluit) buiten het bewustzijn. Maar beide zijn onder bepaalde voorwaarden geworden en handhaven zich nu ook slechts, waar deze voorwaarden gegeven zijn. Zoo is het met de rolbeweging bij zijdelingsche overhelling, die slechts de gewone bewegingen van het hoofd voldoende helpt compenseeren en onvoldoende blijkt te zijn, waar het snelle bewegingen of het beoordeelen der richting eener lichtlijn in het

duister betreft. De plastische werking der oefening in het individu of althans in het geslacht zou ook hierover zegevieren, bijaldien die omstandigheden tot normale levensvoorwaarden werden.

Er is nog een andere reden, waarom de rolbeweging ook in den gewonen zin van het woord zich minder als willekeurige beweging aan ons voordoet: 't is, omdat wij het mechanisme en zelfs ook het effect daarvan niet duidelijk opmerken. Bij het kauwen ontgaat ons niet de beweging der kaken, bij de stem evenmin de spanning in het strottenhoofd als de voortgebrachte klank. Wat er bij de accommodatie gebeurt, is niet minder willekeurig; maar hierbij blijft het mechanisme reeds voor ons verborgen, en wij bemerken slechts het effect in het duidelijk zien op een gegeven afstand. Nog meer is de rolbeweging aan onze waarneming onttrokken. Wanneer ze uitbleef, zouden wij, bij gewone bewegingen van het hoofd, schommeling der voorwerpen zien, en bij paralyse van den musculus obliquus superior ligt in de gestoorde rolbeweging zeker een belangrijke factor van de gezichtsduizeligheid. Maar wij bemerken de rolbeweging niet en missen het criterium van vergelijking, dat ze ons zou aanschouwelijk maken. Behoort ze daarom tot eene andere categorie als de gewone willekeurige bewegingen? Geenszins! Het willekeurige blijkt vooral voor de symmetrische rolbeweging, die zich zou duidelijk ontwikkelen ten behoeve van het binoculaire zien, wanneer de verticale halfbeelden een te grooten hoek met elkaar vormen 1). Hier is ook het effect voor ons merkbaar in het samenvalen der lijnen. Een reflexie mag dit in geen geval

Verg. van Moll, over de normale incongruentie der netvliezen. Diss. inaug. 1874. p. 51.

heeten, omdat het de waarneming der indrukken als noodzakelijk onderstelt, die bij de zuivere reflexie kan ontbreken. De parallele rolbeweging, bij overhelling van het hoofd, behoort tot die willekeurige bewegingen, die wij geassocieerde plegen te noemen: wij neigen het hoofd naar den eenen of den anderen schouder en tegelijkertijd voeren wij de voor een deel compenseerende rolbeweging uit. De neiging en de rolbeweging zijn zoo innig aan elkander verbonden, dat, wanneer door verlies van evenwicht, of ook slechts door voorstelling van het verlies van evenwicht, compenseerende bewegingen van het hoofd worden uitgevoerd, de oogen daarin deelen. Wij zien dit bij de voorstelling van beweging van het lichaam als gevolg van draaiing om deze of gene as, waarbij de compenseerende hoofdbeweging zich met beweging der oogen, respectievelijk met rolbeweging, kan verbinden. Wij bemerken het evenzeer, wanneer bij het doorvoeren van een constanten stroom door de hersenen het gevoel van omslaan naar de zijde der kathode wordt opgewekt: de proeven, daaromtrent door Hitzig genomen, vonden wij op ons zelve volkomen bevestigd, wat betreft de beweging van het hoofd en de geassocieerde rolbeweging, aan de zich ontwikkelende voorstelling verbonden.

Die associatie ook is het, die de aan beweging van het lichaam of van het hoofd gebonden draaiing der oogen onafhankelijk van de indrukken der netvliesen doet voortbestaan, waarom zij bij gesloten oogen, bij blinden, ja zelfs bij blindgeborenen voorkomen. Hieruit te besluiten, zooals geschied is, dat zij niet met de netvlies-indrukken samenhangen, verraadt gebrek aan inzicht in den oorsprong der harmonie onzer verrichtingen.

Onze verklaring der rolbeweging komt dus daarop neer, dat zij zich, evenals vele andere bewegingen, in den

loop der tijden, in het phylon, ontwikkeld heeft, uit de neiging, om voorwerpen, die in rust verkeerden, bij de beweging van het hoofd of van het lichaam in onze voorstelling aan hunne plaats te binden. Wij hebben gezien, hoe onder de gewone voorwaarden in dit opzicht het wenschelijke is bereikt, en hoe onder buitengewone voorwaarden de pogingen, om daaraan te voldoen, niet uitblijven. In dit laatste vooral ligt het bewijs voor de juistheid onzer beschouwingen.

Met eene genetische verklaring, als wij hier trachtten te geven, moet men, onzes inziens, zich voorshands tevreden stellen: de mogelijkheid, om het psycho-physische mechanisme dieper te doorgronden, wacht op een andere phase onzer kennis.

Wij hebben nog rekenschap te geven van de staande of blijvende rolbeweging. Zij stijgt met de overhelling van het hoofd, maar, zooals de curven (bl. 19) toonen, die de resultaten uitdrukken onzer onderzoekingen, in afnemende verhouding. Zij schijnt dan echter voor iedere helling zeer lang constant te blijven: de vermindering, die wij na een uur tijds meenden te vinden, is gering en daarom te onzeker, om aan die constantie afbreuk te doen.

Wat is nu hare beteekenis?

Het komt ons voor, dat daarin een tegemoetkoming ligt aan de voorwaarden eener juiste voorstelling der richting in de ruimte. Wij weten, dat bij het vrije zien der omgevende voorwerpen, in iedere houding des lichaams, de voorstelling correct blijft. Maar voor snelle verandering der houding geldt dit niet: dan is, zooals wij zagen, ook een sterke, voorbijgaande rolbeweging niet in staat, met die verandering gelijken tred te houden. Is deze nu echter voldongen, en staat het hoofd weer stil, dan doet het bewustzijn van den stand zich weder

gelden. Maar dat dit ook nog wel eenigen auxiliairen factor behoeft, bevreemdt ons niet, wanneer we ons herinneren, dat, ondanks dien steun, het bewustzijn der overhelling bij de beoordeeling der richting eener lichtlijn in het duister, tegenover de indicatie van den getroffen netvliesmeridiaan, te kort schiet.

De beteekenis der blijvende rolbeweging is dus wel deze, dat zij, zoover haar onder velerlei invloed ontwikkeld mechanisme zonder inspanning toelaat, bij zijdelingsche overhelling een factor levert voor onze voorstelling omtrent richting.

Het is voorts duidelijk, dat de blijvende rolbeweging, bij overhelling van het hoofd, eene andere innervatie der oogspieren onderstelt als bij gelijken primairen stand (evenwijdige horizontaal gerichte bliklijnen, loodrecht op de grondlijn) in opgerichte houding. Nu is het de vraag, of, bij die overhelling, desniettemin de bewegingen naar de wet van Listing geschieden, en of een gelijke verandering der innervatie een te voren indirect gezien punt nu tot fixatie brengt. Zoo niet: zou dan in de daarbij geëischte impulsie niet een aanwijzing gelegen zijn voor de bestaande rolbeweging en de daarmee corresponderende houding van het hoofd? — Prof. Donders zou gaarne gezien hebben, dat deze door hem opgeworpen vraag nader door mij ware onderzocht geworden. Maar het punt reeds omtrent de toepasselijkheid der wet van Listing bleek, bij de methoden, waarover wij beschikken kunnen, nauwelijks voor scherpe beantwoording vatbaar te zijn, en ik moest daarom voorhands het vraagstuk laten rusten. Zooveel is ons evenwel gebleken, dat de onjuiste voorstelling omtrent richting, zoowel in het duister, als bij dag tegenover een wand met schuinsche lijnen, op de zijde liggende gezien, door

half cirkelvormige kanalen te zoeken. Maar hoe ze te verklaren?

Flourens sprak van een pijnlijk verhoogd gevoel van het gehoor, en verder dachten ook de meesten, die de proeven van Flourens herhaalden, niet. Een eigenlijke theorie bracht eerst Goltz 1) te berde: in de half-cirkelvormige kanalen, daargelaten of ze ook beteekenis hebben voor het hooren, ziet hij „Sinnesorgane für das Gleichgewicht des Kopfes und mittelbar des ganzen Körpers.“ De zenuweindigingen der ampullae zouden, naar gelang van den stand van het hoofd, een verschil van drukking van de zijde der endolympe ondervinden, en die drukking nu zou ons den stand van het hoofd tot bewustzijn brengen. Dezelfde theorie, met verschillen slechts van het mechanisme der prikkeling, werd bijna gelijktijdig ontwikkeld door Mach 2), door Breuer 3) en door Brown 4). De leer is deze: „dass die Ampullennerven, vermöge ihrer specifischen Energie, jeden Reiz mit einer Drehempfindung beantworten“. In de handen van Mach, aan wien deze laatste formule werd ontleend, heeft de theorie een wetenschappelijken vorm aangenomen, daarop gegrond, dat de inhoud van het inwendig gehoor bij bewegingen der dieren „das Schwerpunkt und Flächenprincip zu erfüllen strebt“, dat zoowel de „Progressiv-“ als de „Winkel-Beschleunigung“ tot een mechanische werking op de zenuw-eindigingen der ampullae

1) Ueber die physiol. Bedeutung der Bogengänge des Ohrlabyrinthes. Pflügers Archiv. Bd. III. pag. 172.

2) Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. Leipzig 1875 (sic).

3) Ueber die Function der Bogengänge des Ohrlabyrinthes. Medicinische Jahrb. I Heft. 1874.

4) On the sense of rotation. Journal of anatomy and physiology. vol. VIII.



beweging van den blik van het eene punt naar het andere niet, of althans weinig gecorrigeerd wordt. Trouwens wij experimenteeren hier onder abnormale voorwaarden. En de negatieve uitkomst geeft ons geen recht, de aanwijzing der gewijzigde impulsies uit te sluiten ook voor de gewone voorwaarden, waaronder wij zien, voorwaarden, onder welke alléén de invloed der oefening van individu en geslacht werkzaam was. 't Is daarom meer dan waarschijnlijk, dat ook langs dezen weg de blijvende rolbeweging het bewustzijn der overhelling helpt bepalen.

Toen, ruim 50 jaren geleden, Flourens 1) de functie der samenstellende deelen van het gehoororgaan langs den weg der vivisectie onderzocht, werd hij bij het doorsnijden der halfcirkelvormige kanalen, bepaaldelijk bij het doorsnijden der vliezige kanalen, door even vreemde als onverwachte verschijnselen getroffen. De dieren (duiven vooral, maar ook konijnen) maakten slingerende en zelfs tuimelende bewegingen, verschillende in richting bij kwetsing van de horizontale en van de verticale kanalen. Flourens vergelijkt ze bij het verlies van evenwicht en stabiliteit der bewegingen na draaiing om zich zelf of na hevig schudden van het hoofd. Soortgelijke verschijnselen had hij gezien bij kwetsuur der kleine hersenen. Het lag dus voor de hand, aan een inwerking op deze te denken. Maar zorgvuldig verreed hij iedere schudding van dit orgaan en overtuigde zich ook meer dan twintig malen, door een nauwkeurig onderzoek, dat de kleine hersenen volkomen ongedeerd gebleven waren. Blijkbaar was dus de grond der verschijnselen in de

1) Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux. 2<sup>me</sup> édition. Paris 1842 pag. 438.

aanleiding geeft. Hij onderzocht verder alle mogelijke factoren, waardoor wij kennis zouden kunnen krijgen van onzen evenwichtstand, en dit voert hem ook per exclusionem tot de halfcirkelvormige kanalen. Wacht de theorie nog op een streng bewijs, wij achten ze geenszins weerlegd door de bezwaren, vooral door Böttcher 1) daartegen ingebracht. Er ligt iets verleidelijks in de voorstelling, dat de halfcirkelvormige kanalen een orgaan vertegenwoordigen, welks energie ons de beweging en het evenwicht van ons lichaam tot bewustzijn brengt en langs dien weg compenseerende bewegingen uitlokt. Wij hebben echter eene bedenking, die in nauw verband staat met het door ons behandelde onderwerp. Bedriegen wij ons niet, dan is bij de genoemde schrijvers de neiging te erkennen, om alle bewegingen van het oog, die het gevolg zijn van bewegingen van het hoofd of van een veranderden evenwichtstoestand, uit dat zoogenoemde evenwichtsorgaan af te leiden. Breuer vooral gewaagt telkens van reflex-bewegingen, ten gevolge van prikkeling van de zenuwen der ampullae. Vooreerst merken wij op, dat het woord *Reflex* hier niet in den gewonen zin gebruikt is. Reflex wordt ondersteld zonder bewustzijn te kunnen verlopen, en bij de prikkeling van het evenwichtorgaan daarentegen is de gevolgde beweging onafscheidelijk van de voorstelling. En dit brengt ons tot het cardinale punt: de voorstelling zelve is de voorwaarde der beweging, en iedere factor, die de voorstelling uitlokt, bepaalt daarmee tevens de daarvan afhankelijke beweging. Zoo staat het voor ons vast, dat alle kleine hoofdbewegingen, bij het fixeeren van een voorwerp, gelijktijdig

1) Ueber die Durchsneidung der Bogengänge des Ohrlabyrinthes. Archiv für Ohrenheilkunde von Tröltzsch. Bd. 9 pag. 2.

door geassocieerde beweging der oogen gecompenseerd worden. Wij merken dit op bij draaiingen van het hoofd om de verticale en horizontale as. En er bestaat geen de minste reden, om dit niet evenzeer van toepassing te achten op de rolbewegingen, die aan zijdelingsche overhelling van het hoofd verbonden zijn. Moest hier door beweging van het hoofd een spanning der endolymphe voortgebracht en aan de ampullae meêgedeeld worden, om eerst dan reflex-beweging uit te lokken, dan zou deze allicht  $\frac{1}{10}$  seconde achterblijven, en iedere beweging van het hoofd zou beginnen, met het fixatiepunt te veranderen. Bij de willekeurige beweging schrijven wij dus de bewegingen van het hoofd en van de oogen aan gelijktijdige, of, indien men wil, aan een en dezelfde gecompliceerde impulsie toe. Ook waar wij bij zekere schommelingen het moment eener passieve beweging kunnen voorzien, weet de impulsie het juiste moment voor de spiercontractie te treffen, vóór die passieve beweging haren invloed nog doet gevoelen. In het algemeen wapenen wij ons met onzen wil tegen hetgeen wij voorzien, en de oogen zijn daarbij de zekerste wachters. Met gesloten oogen wordt de beste ruiter bij onverwachte sprongen van het paard uit den zadel geworpen. Alléén dus, waar de bewegingen van het hoofd niet voorzien zijn, zou wellicht aan het evenwichtsorgaan een plaats kunnen worden ingeruimd. Maar ook dan is het de vraag, of de verschuiving der beelden op het netvlies niet reeds spoediger en zekerder de corresponderende bewegingen uitlokken.

Hiermede sluiten wij onze beschouwingen. Wij hebben de oogbewegingen, en meer in het bijzonder de rolbeweging, die aan bewegingen van het hoofd gebonden is, in hare ontwikkeling toegeschreven aan de neiging,

om de bewegingen der netvliesbeelden van rustende voorwerpen in meerdere of mindere mate te compenseeren, tevens erkennende, dat bij al het bevredigende, aan een genētische verklaring verbonden, het mechanisme van dat compenseerend verband voor alsnog buiten het bereik ligt van ons onderzoek. De bovenstaande beschouwingen voeren tot de uitkomst, dat ook het evenwichtsorgaan, zocals de laatste tijd het experimenteel en theoretisch trachtte te vindiceeren, niet geroepen schijnt, in dat mechanisme een belangrijke rol te vervullen.

N A S C H R I F T,  
OVER DE WET DER LIGGING VAN HET NETVLIES IN BETREKKING  
TOT DIE VAN HET BLIKVLAK,

DOOR

F. C. DONDERS.

Uit mijne in 1846 gedane onderzoekingen over de bewegingen van het oog 1), abstraherde Helmholtz 2) de wet, dat, „wenn die Lage der Blicklinie in Beziehung „zum Kopfe gegeben ist, dazu auch ein bestimmter und „unveränderlicher Werth der Raddrehung gehört, welcher „unabhängig von der Willkühr des Beobachters und un- „abhängig von dem Wege ist, auf welchem die Blick- „linie in die betreffende Stellung gebracht ist.”

Hij formuleerde ze nader, als volgt: „der Raddrehungswinkel jedes Auges ist bei parallelen Blicklinien „eine Function nur von dem Erhebungswinkel und dem „Seitenwendungswinkel.”

Men vraagt nu, in hoever deze wet, die Helmholtz de wet van Donders noemde, nog geldig is. Ik meen het antwoord hierop niet te mogen schuldig blijven.

1) Holl. Beiträge zu den anat. und physiol. Wissenschaften. Düsseldorf und Utrecht, p. 105.

2) Handb. der physiol. Optik. p. 462.

Toen ik mijn onderzoek begon, meende men in het algemeen, dat met de richting der bliklijn de stand van het oog gegeven was. Bij rechtstandig hoofd althans werd op de richting der meridianen, bij de verschillende richting der bliklijnen, niet verder gelet. Ruete nu had opmerkzaam gemaakt, dat de richting der meridianen zich uit den stand der nabeelden liet afleiden. Hierop grondde zich mijne methode:

Een hel gekleurd lint, voor een verticalen wand loodrecht opgehangen, ter hoogte van het oog, werd bij rechtstandig hoofd met horizontale bliklijnen op een afstand gefixeerd. De verticale band vormde zodoende zijn beeld in den verticalen of primairen meridiaan. Bewoog zich nu de blik in een verticaal of horizontaal vlak, dan behield deze meridiaan zijn verticalen stand. Maar wendde de blik zich rechts of links, en tevens naar boven of beneden, dan maakte het nabeeld op den wand een hoek met de loodlijn, die het gefixeerde punt sneed: uit dien hoek was de richting van den primairen meridiaan af te leiden. Het bleek nu, dat, onafhankelijk van den wil, aan iedere richting der bliklijn, langs welke omwegen ook tot stand gekomen, onveranderlijk een en dezelfde richting van den primairen meridiaan gebonden was.

Deze uitkomst, de kern der door mij gevonden wet, is onaangetast gebleven.

In de tweede plaats meende ik te vinden, in strijd met de bewering van Hueck, dat bij overhelling van het hoofd naar den schouder de ligging van het oog in de orbita onveranderd blijft.

Ik overtuigde mij, namelijk, dat een nabeeld, in den primairen stand aan den primairen meridiaan verbonden, bij de minste overhelling van het hoofd gereedelijk die

overhelling volgt. Wie de proef doet met een uitgespannen verticalen band zal den stelligen indruk krijgen, dat het nabeeld een gelijke overhelling aanneemt als het hoofd. De voorstelling van Hueck was hiermede weerlegd: volgens deze zou het nabeeld aanvankelijk zijn verticalen stand hebben moeten behouden, om bij  $25^\circ$  à  $28^\circ$  plotseling de overhelling van het hoofd aan te nemen.

Ik trachtte mij ook objectief te overtuigen, dat bij de overhelling van het hoofd de rolbeweging uitblijft. De schijnbare rolbeweging schreef ik toe aan veranderde richting der bliklijn. Om deze uit te sluiten, liet ik het oog zich zelf waarnemen in een spiegeltje, aan een mondstuk bevestigd, en terwijl zodoende de richting der bliklijn in betrekking tot het hoofd onveranderd bleef, meende ik mij te overtuigen, dat de rolbeweging ontbrak.

De methode is, in beginsel, onberispelijk en werd, ook in betrekking tot andere vraagstukken, later veel aangewend; maar de waarneming liet te wenschen over. Met evenwijdige gezichtslijnen ziende, kon ik niet voldoende voor den afstand van het spiegelbeeld accommoderen, en zoo ontging mij de kleine rolbeweging, die de zijdelingsche overhelling van het hoofd vergezelt. Ik heb thans (vergelijk bovenstaande verhandeling van Dr. Mulder, bl. 30) de methode verbeterd, door, in plaats van een plat spiegelglas, een biconvexe lens als spiegel te nemen, en hiermede is mij gebleken, dat, wel is waar, het oog bijna volkomen de overhelling van het hoofd volgt, maar dat toch ook een geringe rolbeweging te zien is.

Ook met behulp der nabeelden heb ik mij van die rolbeweging overtuigd. Gelijktijdig de overhelling van het hoofd en die van het nabeeld bepalende, heb ik ge-

vonden, dat zij slechts schijnbaar volkomen aan elkander gelijk zijn, dat, namelijk, de helling van het nabeeld bij die van het hoofd eenige graden achterblijft.

Het is dus bewezen, dat, afgezien van de door Mulder onderzochte voorbijgaande rolbeweging, aan iedere overhelling van het hoofd een zekere blijvende rolbeweging eigen is. Javal heeft de verdienste, daarop het eerst te hebben opmerkzaam gemaakt. Hij dwaalde daárin, dat hij de rolbeweging als compenseerend beschouwde en de theorie van Hueck in bescherming nam.

Deze uitkomst bewijst, dat de door Helmholtz geabstraheerde wet slechts voorwaardelijk geldt. Zij geldt, in de eerste plaats, onder de voorwaarde, dat het sagittale vlak verticaal gebleven is. Zij kan dus luiden: „der Raddrehungswinkel jedes Auges ist bei parallelen Blicklinien und verticaler Sagittalebene eine Function nur von dem Erhebungswinkel und dem Seitenwendungswinkel.“ Maar men kan zich gemakkelijk overtuigen, dat zij evenzeer geldt voor elken anderen stand van het sagittale vlak, en zij kan dus algemeener geformuleerd worden, als volgt: „der Raddrehungswinkel jedes Auges ist bei parallelen Blicklinien, für jede gegebene Neigung der Sagittalebene, eine Function nur von dem Erhebungswinkel und dem Seitenwendungswinkel 1).“

Het zij mij vergund, nog een ander punt te releveeren,

1) Met de ontdekking der rolbeweging, aan de helling van het sagittale vlak verbonden, is een ruim veld voor onderzoek geopend. Voor gelijke richting der bliklijnen, in betrekking tot het hoofd, vordert iedere overhelling blijkbaar eene andere innervatie der spieren. Is nu, onder die gewijzigde innervatie, de primaire stand gegeven bij horizontaal gerichte bliklijnen, loodrecht op de grondlijn? En vindt men, uitgaande van dien stand, de wet van Listing van toepassing? —

dat niet tot de parallele, maar tot de symmetrische rolbeweging betrekking heeft.

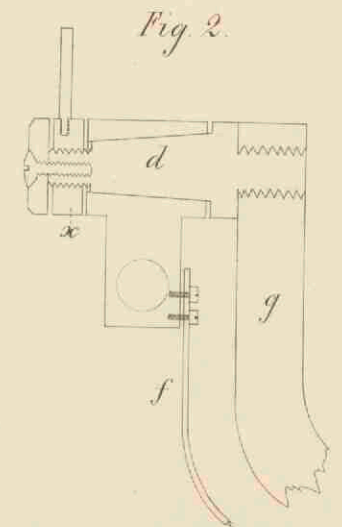
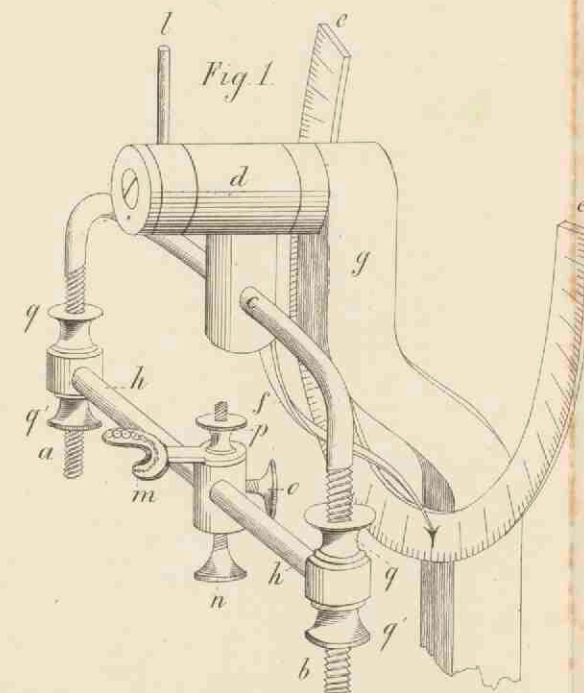
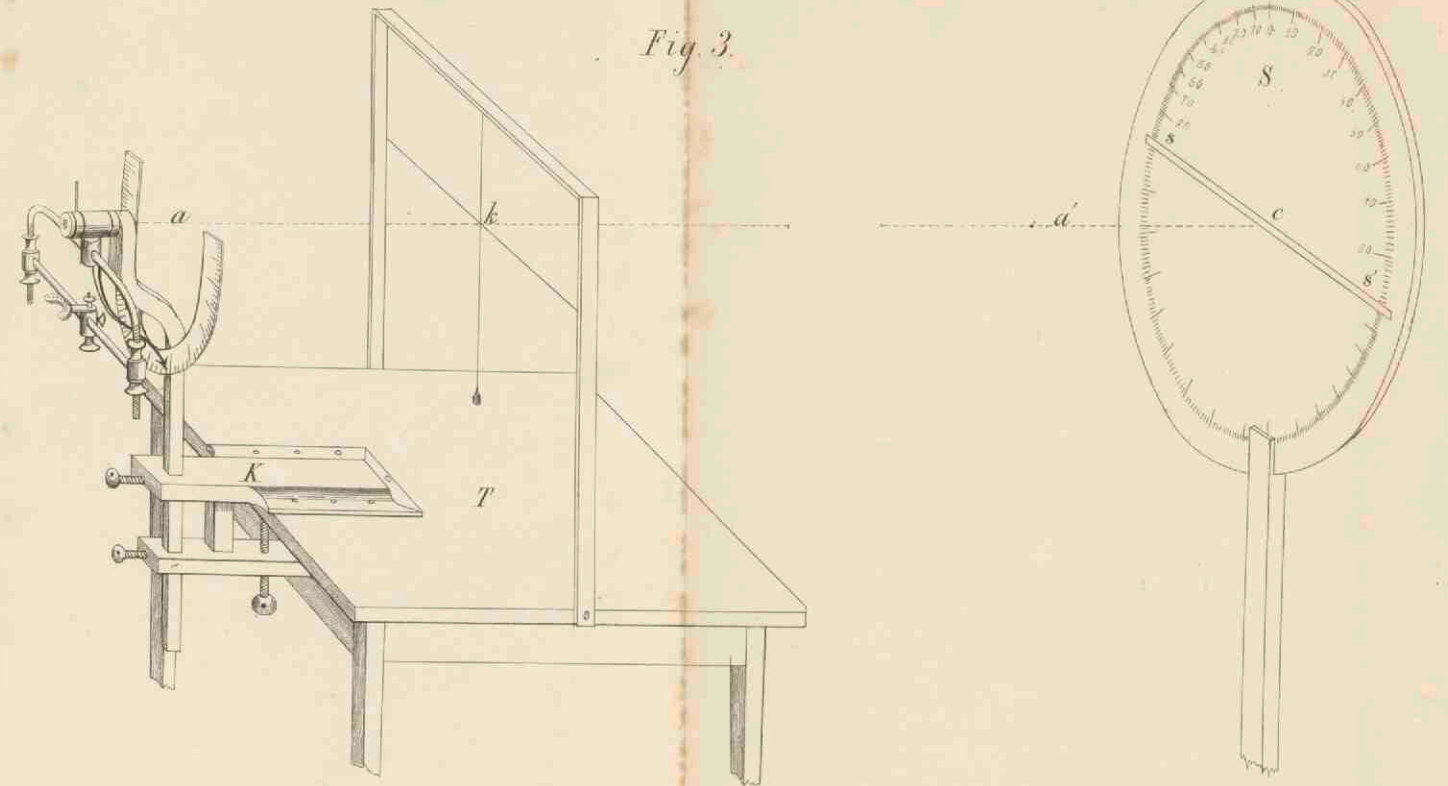
Ik bedoel den invloed der convergentie op den stand van het oog.

Helmholtz meende dat die invloed door mij was voorbijgezien. Van zijne twee formules der wet, aan het hoofd van dit naschrift te vinden, is de tweede door de toevoeging „bei parallelen Blicklinien” eene restrictie van de eerste. Die restrictie nu ontleende hij aan de proeven van Volkmann.

Hering 1) is van gelijke meening en laat ze nog scherper uitkomen. „Die Orientirung des Auges”, zegt hij, „ist also nicht lediglich von der Lage seiner Gesichtslinie im Blickraume abhängig, wie man das früher annahm (Donders), sondern zugleich auch von der Lage der Gesichtslinie des anderen Auges.”

Intusschen was door mij, in mijne eerste mededeeling (l. c. p. 127), reeds uitdrukkelijk gezegd: „dass die Stellung des verticalen Meridians und folglich die Muskelwirkung bei gleich gerichteten Sehaxen verschieden sein kann, je nachdem das Auge für nahe oder entfernt liegende Gegenstände accommodirt ist.” En twee gevallen, met en zonder convergentie, vergelijkende, kwam ik tot de conclusie: „In beiden Fällen war die Richtung der Sehaxe des rechten Auges durchaus dieselbe; und nichtsdestoweniger ist die Stellung des verticalen Meridians verschieden.” — Waarom? — Omdat de richting der bliklijn van het linker oog in beide gevallen niet dezelfde was.

1) Die Lehre vom binocularen Sehen, 1868. p. 57.



PROEVE  
EENER GENETISCHE VERKLARING  
DER OOG-BEWEGINGEN,  
DOOR  
F. C. DONDERS.

Het gezichtsveld met zijne locaal-teekens en de bewegingen van het oog hebben zich onder wederzijdschen invloed op elkander ontwikkeld en staan dus onderling in een zeer nauw verband. Om die bewegingen te verklaren, — om een inzicht te verkrijgen in haren oorsprong en in hare beteekenis, wordt eene nauwkeurige kennis gevorderd van dat verband. Voor ieder der typen van beweging zullen wij het trachten op te sporen. De eerste voorwaarde, om dit met goed gevolg te doen, is intusschen deze, dat wij ons een klare voorstelling maken van de bewegingen zelve. Ik stel mij daarom voor het onderzoek der bewegingen overal aan dat van haren oorsprong te doen voorafgaan; en kan daarbij het herhalen van bekende zaken niet worden vermeden, het zal, geloof ik, blijken, dat na de onderzoekingen, in den laatsten tijd door van Moll 1), Mulder 2) en Küster 3) verricht,

1) Onderzoekingen gedaan in het physiologisch laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool, Derde Reeks. D. III. pag. 39.

2) Onderz. physiol. lab. Derde Reeks. D. III. pag. 118.

3) Archiv für Ophthalmologie. B. XXII. H. 1. S. 149.

en de nieuwe uitkomsten omtrent convergentie-bewegingen en symmetrische rolbeweging, door mij verkregen, een overzicht der oogbewegingen in het algemeen niet ongewenscht was.

Van het groote thema zal ik niet veel meer kunnen geven dan een schets. Velen zullen zich echter niet tevreden stellen met de resultaten, maar ook wenschen de verschijnselen zelve door eigen aanschouwing te leeren kennen. Ik heb mij daarom tot regel gesteld, door het aangeven van eenvoudige proeven overal den weg te wijzen, om de verschijnselen waar te nemen. Wie zich daartoe de moeite geeft zal zich dan verder gemakkelijk een denkbeeld vormen van de werktuigen en de methoden, die gediend hebben, om ze grondig te onderzoeken, en wier beschrijving ik daarom in korte woorden samenvat. De toegevoegde nummers hebben betrekking tot „de beschrijving der werktuigen van het physiologisch laboratorium en de ophthalmologische school van Utrecht”, die in de Onderzoekingen D. IV bl. 1 e. v. te vinden is, terwijl ik voor sommige op de uitvoerige verklaring in vroegere mededeelingen verwijzen kan.

Voorts scheen het mij aangewezen, zooveel mogelijk den historischen weg te bewandelen, omdat daarbij alleen zich uit de feiten een aanschouwelijk beeld voor onze oogen ontwikkelt.

In zijne bewegingen vergelijkbaar met die van een gewrichtshoofd in zijn holte, draait het oog om een nagenoeg vast punt, slechts weinig achter het midden der sclera-ellipsoïde gelegen (Donders en Doyer). De lijn, uit het gefixeerde punt naar het draaipunt getrokken, is de bliklijn. Uitgaande van het hoofdblik-

punt, — horizontale bliklijnen bij rechtstandig hoofd recht naar voren gericht, — bedragen hare excursies ongeveer  $42^\circ$  naar buiten,  $45^\circ$  naar binnen,  $34^\circ$  naar boven,  $57^\circ$  naar beneden (Bloemert Schuurman).

In de bewegingen der oogen openbaart zich een wederzijdsche afhankelijkheid. Door een en dezelfde impulsie richten zij zich beide te gelijk naar boven en naar beneden, naar de rechter- en naar de linkerzijde. Het vlak, door de bliklijnen der beide oogen gelegd, is nu het *blikvlak*; de gezamenlijke punten, waarop zij zich richten kunnen, vormen het *blikveld*; de lijn, die de beide centra van beweging of draaipunten verbindt, heet de *grondlijn*.

Met het oog op de optische functie onderscheiden wij al aanstonds twee typen van beweging. De eene heeft betrekking tot *het zien op afstand*, met rechtstandig hoofd, evenwijdige bliklijnen, ontspanning der accommodatie. De andere is *het zien in de nabijheid*, met gebogen hoofd, benedenwaarts gericht blikvlak, convergeerende bliklijnen en inspanning der accommodatie: ook de convergentie, zelfs wanneer zij niet symmetrisch is, gehoorzaamt voor beide oogen aan eene en dezelfde impulsie. — Bij convergeerende zoowel als evenwijdige richting kunnen de bliklijnen bijna het geheele blikveld doorloopen, en ook in beide gevallen hebben het hoofd en subsidiair de tronk de neiging, zich in gelijken zin te bewegen en daarbij de uitgestrektheid der oogbewegingen te beperken.

Buiten de genoemde typen hebben wij *twee vormen van zelfstandige rolbeweging*, draaiing om de bliklijn, te onderscheiden: *de symmetrische*, waarin die draaiing voor beide oogen in tegengestelde richting plaats heeft, en *de parallelle*, waarbij die draaiing op de beide oogen naar dezelfde zijde geschiedt. Bij ieder dezer draaiingen is de impulsie voor beide oogen weder gemeenschappelijk.

Deze vier vormen van beweging zullen wij afzonderlijk beschouwen.

#### I. EVENWIJDIGE BLIKLIJNEN.

Toen ik mijne studie over de oogbewegingen begon 1), was men gewoon van de spieren uit te gaan, om uit de onderstelde werking van deze de bewegingen te construeeren. Ik begreep, dat die weg de ware niet zijn kon, nademaal er geen grond bestond, om alle denkbare combinaties, aangenomen, dat men haar effect nauwkeurig kon voorzien, als werkelijk bestaande aan te nemen, en men dus altijd gevaar liep zich in ficties te verliezen. Eerst de bewegingen vaststellen, daarna vragen naar de bewegende krachten, was het leidend beginsel van mijn onderzoek. Zeer gelukkig kwam mij daarbij de methode te stude, waarvan wij het denkbeeld en de eerste toepassing aan Ruete verschuldigd zijn, — ik bedoel de methode der nabeelden. Het beginsel is eenvoudig: een lijnvormig nabeeld vertoont ons na volvoerde beweging de richting van den meridiaan, die vóór de beweging een lijnvormig beeld had ontvangen.

Welken weg de bliklijn doorloopt, volgt uit de bepaling der twee punten, die het oog achtereenvolgens fixeert. Vroeger onderstelde men, dat de secundaire stand van het oog, in betrekking tot den primairen, daarmee gegeven was. Dat was een dwaling. Wij moeten blijkbaar ook de betrekkelijke richting der meridianen vóór en ná de beweging kennen; wij moeten weten, of, en, zoo ja, in welken zin het oog daarbij om de bliklijn gedraaid is.

Dit nu leeren ons de nabeelden.

1) Holländische Beiträge z. d. anat. und physiol. Wissenschaften. B. 1. S. 1847.

Nabeelden ontwikkelen zich, wanneer men, na een punt ongeveer 20 sek. scherp gefixeerd te hebben, den blik liefst op een effen grijs vlak *onbewegelijk laat rusten*: hierop komt het aan. Na een paar secunden verschijnt dan het nabeeld.

Tegen een verticalen wand hangt men een sterk gekleurden band verticaal op, plaatse zich met rechtstandig hoofd, op den afstand van minstens eenige meters recht tegenover dien band, en vestige, terwijl het eene oog bedekt is, den blik van het andere horizontaal onbewegelijk op een en hetzelfde punt van den band. Zoo doende vormt zich een beeld in den verticalen of primairen netvliesmeridiaan, dat zijn nabeeld vertoont overal waar men vervolgens den blik op den wand laat rusten. Men late hem glijden langs een horizontale lijn: het nabeeld valt overal met de loodlijn samen; men richte hem recht naar boven of naar beneden: het nabeeld blijft verticaal in de verlenging van den band. In beide gevallen blijft de verticale meridiaan dus verticaal. Met den stand van het hoofd, waarbij aan die voorwaarden is voldaan, en met horizontaal, loodrecht op de grondlijn, naar het hoofdfixeerpunt gericht den blik, is de primaire stand gegeven. — Ziet men links of rechts, en tevens naar boven of beneden, dan blijkt bij gestegen blikvlak het nabeeld op den wand naar dezelfde, bij gedaald blikvlak naar de tegengestelde zijde over te hellen. De verticale meridiaan blijft dan niet verticaal.

Door deze proeven was bewezen, dat, uitgaande van den primairen stand, hetzij zich recht naar boven of beneden, hetzij naar de rechter of de linker zijde bewegende, het oog *draait om een as, die loodrecht staat op het vlak, waarin de bliklijn in haren primairen en secundairen stand gelegen is.*

En om welke as draait het oog bij de bewegingen in schuinsche richting naar boven of beneden?



Listing sprak de onderstelling uit, dat daarvoor dezelfde formule zou gelden, dat ook daarbij het oog zou draaien om een as, die loodrecht staat op het vlak waarin de bliklijn in haren primairen en secundairen stand gelegen is. Dit was wel de eenvoudigste oplossing van het problema. De beslissing omtrent de juistheid der oplossing liet echter nog lang op zich wachten. Evenmin als mijne onderzoekingen, waarbij de helling van nabeelden van verticale lijnen bepaald werd, hadden die van Meissner, van Wundt en van Fick een afdoend antwoord gegeven. Helmholtz zette het ei op zijn punt 1). Hij spande door het hoofdblikpunt banden in schuinsche richting, en overtuigde zich, dat, evenals de nabeelden van loodrechte en horizontale banden, die der schuinsche nu in hare eigene richting voortschrijden, wanneer de blik de richting van den band volgt. Bij gevolg behoudt de meridiaan, waarin het beeld van dien band ligt, bij die voortschrijdende beweging onveranderlijk zijn stand, bij gevolg liggen primaire en secundaire bliklijn in denzelfden meridiaan en draait het oog om een as, loodrecht op dien meridiaan, loodrecht op de primaire en secundaire richting der bliklijn. Aanschouwelijker bewijs is niet te leveren. Daarmee werd de onderstelling van Listing tot wet verklaard.

Men ziet gereedelijk in, dat, volgens die wet voor alle bewegingen, uitgaande van den primairen stand, de assen gelegen zijn in een en hetzelfde vlak, loodrecht op de bliklijn door het draaipunt gelegd en *hoofdassenvlak* genoemd. Het eenvoudig phaenophthalmotroop (N<sup>o</sup>. 30, voorts: Onderzoekingen. 2 Ser. D. III. bl. 119) maakt dit aanschouwelijk. In een buitensten vasten ring is een tweede ring

1) Archiv f. Ophthalmologie. B. IX. H. 2. S. 163.

draaibaar, die het hoofdassenvlak voorstelt: men kan namelijk door deze draaiing aan een in den tweeden ring liggende as alle mogelijke richtingen geven, en zoodoende den kunstmatigen oogbol uit den primairen in alle secundaire standen brengen. Vóór men den bol beweegt, stelt men de armen van een daarmede verbonden kruis verticaal en horizontaal: na de beweging wijzen deze armen nu de standen aan, die verticale en horizontale meridiaan hebben aangenomen. Vroeger was mij reeds gebleken, dat, langs welke wegen de bliklijn een zekere richting mocht hebben verkregen, de daaraan verbonden stand van het oog (bij evenwijdige bliklijnen) onveranderlijk dezelfde is. Dit resultaat heeft Helmholtz de wet van Donders genoemd.

Met een klein werktuig nu (N<sup>o</sup>. 37) kan men de beide wetten controleeren. Het bestaat uit een gebogen houten staafje, aan het eene einde voorzien met een mondstuk, dat men tusschen de tanden klemt, aan het andere einde met een gekleurden strook, bewegelijk om een as, die door het draaipunt van het oog moet gaan: na fixatie langs de as den top van den strook fixeerende, ziet men het nabeeld in de verlenging van den strook, onverschillig, welke diens richting zijn moge (wet van Listing), en langs welke omwegen de bliklijn dien top moge hebben bereikt (wet van D.) 1).

De wet van D. stelt in staat, om uit de wet van Listing nu verder de bewegingen uit den eenen in den anderen secundairen stand af te leiden.

Hoe geschieden die bewegingen?

1) In hoeverre de wet van Listing geldig blijft bij stationaire zijdelingsche overhelling van het hoofd, waaraan, zooals blijken zal, parallelle rolbeweging verbonden is, zal dit eenvoudige werktuig eveneens kunnen leeren.

In de eerste plaats volgt uit de wetten van Listing en D., dat al de assen, om welke het oog draait, om uit een gegeven secundairen in alle andere secundaire standen over te gaan, weder in een en hetzelfde vlak liggen: zooveel secundaire standen van het oog, zooveel assenvlakken. Die vlakken zijn gemakkelijk te vinden. Het vlak, dat den hoek halveert tusschen het hoofdassenvlak in den primairen stand en in den stand, waarin het door zekere beweging van het oog gebracht is, is het *secundaire assenvlak* voor den nu ingenomen stand van het oog 1).

Om nu verder ook de as te vinden voor de beweging uit een bepaalden secundairen stand  $b$  in een bepaalden secundairen stand  $b'$  heeft men slechts de secundaire assenvlakken  $B$  en  $B'$  afzonderlijk voor ieder dier beide standen te zoeken: de lijn, waarin deze vlakken elkander snijden, is de gezochte as. Immers uit  $b$  in  $b'$  overgaande, moet het oog draaien om een as in het assenvlak  $B$ ; uit  $b'$  in  $b$  overgaande om een as in het assenvlak  $B'$ ; — in beide gevallen natuurlijk om dezelfde as: bij gevolg om de lijn, waarin de vlakken  $B$  en  $B'$  elkander snijden.

Loodrecht op het secundaire assenvlak staat de zoogenoemde atropen (niet draaiende) lijn; maar de bliklijn staat er niet loodrecht op, en zij beschrijft dus in het kogelvormig gezichtsveld geen grooten, maar een kleinen cirkel, door Helmholtz *directie-cirkel* genoemd.

Van die directiecirkels maakt men zich gemakkelijk een voorstelling. Verplaats u midden op de zee, het hoofdblikpunt recht voor u aan den horizon, het occipitaalpunt diametraal daartegenover achter u, en zie, zonder het hoofd te bewegen, van de eene ster naar eene andere,

1) Het wiskundig bewijs zie: Helmholtz. Physiologische Optik. S. 492.

die gij indirect waarneemt. Telkens beschrijft de bliklijn daarbij een boog aan den hemel, en die boog is een stuk van een directiecirkel. Kon het oog zich om dezelfde as verder draaien, *de bliklijn zou door het occipitaalpunt gaan*: door deze eigenschap zijn alle directiecirkels bepaald, en zij blijken dus alleen groote cirkels te zijn, wanneer ze ook door het hoofdblikpunt gaan. En wilt ge een directiecirkel in de ruimte zien, beweeg den blik in verschillende richtingen door de heldere maan of door de zon heen: waar de blik nu rust verschijnt hij als nabeeld aan den hemel. Op die directiecirkels verschuift zich een lijnvormig nabeeld, overal daarmede samenvalende, evenals op de meridianen die door het hoofdblikpunt gaan.

Ik heb met Dr. Küster een werktuig geconstrueerd en Cyclocoop genoemd (No. 48; voorts: Onderzoekingen. Ser. 3. D. IV), dat de directie-cirkels en bovendien alle andere cirkels, die men in het blikveld te onderscheiden heeft, aanschouwelijk maakt. Het bestaat uit een boog, met op een tal van verschuifbare punten overspringende inductievonken, en uit een stoel met hoofdhouder, waardoor het hoofd in den primairen stand bevestigd is, en wel zoo, dat het draaipunt van het oog met het middelpunt van den cirkel samenvalt. Door draaiing om verschillende assen kan aan dien boog de richting worden gegeven van alle meridianen (die door de bliklijn gaan), van alle groote cirkels, door de dwarse as gelegd en van alle directiecirkels, — bovendien, door op en neerschrijven in een standaard, die van parallel-cirkels. Terwijl het eene oog, onder bedekking van het andere, bij goed bevestigd hoofd, den primairen stand innemende, eene verwijderde lichtende plek (met phosphorus bestreken) in een overigens volkomen donker vertrek fixeert, kan men

de punten, waar snel elkander opvolgende inductie vonken overspringen, zich als verwijderde sterren voorstellen en in het afgetrokkene oordeelen, van welke richting de cirkels, die zij vormen, den indruk geven, zoowel indirect uit het hoofdblikpunt gezien, als gefixeerd. Dr. Küster 1) heeft dezen toestel beschreven en zijne daarmede verkregen resultaten uitvoerig medegedeeld. Hier zij slechts vermeld, dat, terwijl, uit den primairen stand gezien, groote cirkels, naar het hoofdblikpunt concaaf, parallelcirkels naar het hoofdblikpunt convex schijnen, de directiecirkels zich als rechte lijnen in de ruimte voordoen, en dat zij ook bij het bewegen van den blik over den directie-cirkel hare richting onveranderd behouden. Voorts kan men een gekleurden band op den directie-boog bevestigen en de verschuiving van het nabeeld op den boog constateeren. De beteekenis dezer uitkomsten voor den oorsprong der gezichtsvoorstellungen in de ruimte zal later blijken 2).

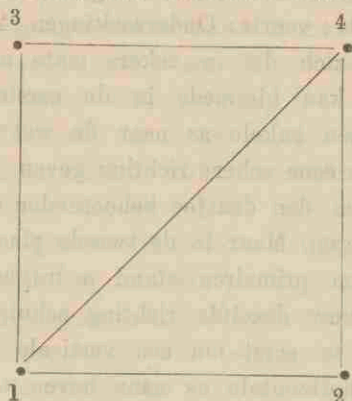
Wij hebben opgemerkt, dat bij de beweging uit den eenen secundairen stand in den anderen de bliklijn dan alleen loodrecht staat op de draaiingsas, wanneer ze door het hoofdblikpunt gaat. Bij gevolg gaat die beweging in alle andere gevallen met draaiing om de bliklijn gepaard. Deze draaiing om de bliklijn, door Helmholtz *Raddrehung* genoemd, moge men vooral niet verwarren met de *zelfstandige rolbeweging*, waarover wij onder III en IV zullen

1) Archiv für Ophthalmologie. B. XXII. H. 1. S. 149. 1876.

2) Zonder cyclocoop, projecties der directie-lijnen en sterren aan den hemel gebruikende, was Helmholtz (Physiologische Optik. S. 548 u. f.) reeds voor een groot deel tot de resultaten gekomen, die door Küster beschreven worden en die nu voor een ieder met den cyclocoop aanschouwelijk te maken zijn.

handelen. Zij is het eenvoudige uitvloeisel der wetten van Listing en D. Het oog kan, namelijk, uit den eenen secundairen stand in den anderen overgaande, niet zonder raddraaiing den stand aannemen, dien het, rechtstreeks uit den primairen stand daarin overgaande, zou hebben verkregen. Met het samengestelde phaenophthalmotroop (No. 31; voorts: Onderzoekingen. 2 Ser. D. III. bl. 119) laat zich dit in zekere mate aanschouwelijk maken. Men kan hiermede in de eerste plaats door draaiing om een enkele as naar de wet van Listing aan de bliklijn eene zekere richting geven, b. v. schuins naar boven, en den daartoe behoorenden stand van het kruis constateeren. Maar in de tweede plaats, kan men, weder van den primairen stand *a* uitgaande, aan de bliklijn op nieuw dezelfde richting schuins naar boven geven, door ze eerst om een verticale as rechts en dan om een horizontale as naar boven te draaijen, of omgekeerd, — in beide gevallen dus om een as, loodrecht op de bliklijn, d. i. zonder draaiing om de bliklijn. Maar nu blijkt in dit tweede geval het kruis, dat den stand der meridianen aanwijst, anders gericht te zijn dan in het eerste: om gelijke richting te verkrijgen, zou een draaiing om de bliklijn noodig zijn. En, in strijd hiermede, heeft het levende oog, zich eerst rechts en dan naar boven (of omgekeerd) bewegende, in allen deele denzelfden stand, alsof het onmiddellijk, door draaiing om ééne as, rechts naar boven gericht ware. De bewegingen van het oog verschillen dus van die van het phaenophthalmotroop. Het verschil zit niet in de beweging uit den primairen stand *a* in den secundairen stand *b*, maar in die uit den secundairen *b* in den secundairen *b'*, — en deze geschiedt dus in werkelijkheid om een as, die een composante heeft op de bliklijn. Deze composante geeft de

raddraaiing van Helmholtz. Zij openbaart zich in een richtingsverandering der voorwerpen. Vier punten, 1, 2, 3, 4, op een verwijderden wand, stellen de vier hoeken van een kwadraat voor. De twee onderste 1, 2 liggen in het horizontale blikvlak; 1 zij het hoofdblikpunt. Men bewege nu monoculair den blik uit 1 naar 2, naar 3, of



langs de diagonaal naar 4: alle raddraaiing blijft uit en de lijnen, die de punten verbinden, behouden hare richting. Maar den blik bewegend van 2 naar 4 of van 3 naar 4 (of omgekeerd), ziet men de richting der lijnen (ook die der nabeelden van in die richtingen uitgespannen banden) veranderen: dat is het effect der vergezellende raddraaiing van Helmholtz.

Wij kennen nu de wetten van Listing en D. met al hare consequenties. Kunnen wij nu ook van haren oorsprong rekenschap geven?

Helmholtz beproefde dit van het empiristische standpunt. Wat de wet van D. betreft, hij zoekt ze te verklaren uit het „Princip der leichtesten Orientirung für die Ruhestellung des Auges.“ Keert na beweging de blik tot een gefixeerd voorwerp terug, dan erkent men het

als in rust gebleven, wanneer zijn beeld weer dezelfde punten van het netvlies treft.

Maar ook zonder het voorwerp op nieuw te fixeeren zegt Helmholtz, willen wij onderscheiden, of het bij en na de beweging in rust bleef. Dit zal, zoo merkt hij op, het gemakkelijkst zijn, wanneer, onafhankelijk van den stand van het oog, de verschuiving van alle punten van een beeld, bij het richten van den blik van het eene op het andere, steeds dezelfde is. Die voorwaarde is intusschen niet te verwezenlijken. Zij onderstelt niets minder dan dat bij den overgang van den eenen secundairen stand in den anderen ook alle raddraaiing zou uitblijven. Het hoogst bereikbare is, dat die raddraaiing zoo gering mogelijk zij, — „dass die Summe der Fehlerquadrate für alle „vorkommende unendlich kleinen Bewegungen des Auges „ein Minimum wäre.“ En dit is, zooals de analytische behandeling leert, door een kringvormig blikveld (met hoofdblikpunt in het centrum), waarin het oog met evenwijdige bliklijnen zich ongeveer pleegt te bewegen, door de wet van Listing nagenoeg verwezenlijkt. Hierin zoekt dan Helmholtz den grond, waarom de bewegingen zich naar die wet wisten te voegen.

Dat Helmholtz bij zijne verklaring uitsluitend individueele empirie te baat neemt, is voor mij geen bezwaar. Breng ik die der voorgeslachten evenzeer in rekening, deze had plaats onder dezelfde voorwaarden als de individueele, en de verklaring kon dus dezelfde blijven. Trouwens ook Helmholtz is niet zoo exclusief. Alvast ten aanzien der beweging erkent hij „dass wenn der Augenmus- „kelapparat vieler Generationen hinter einander sich den „Bedürfnissen der Individuen angepasst hat und sich „seine Anordnung auf die Nachkommen vererbt, für die „factische Herbeiführung der zweckmässigsten Raddrehun-

„gen des Auges, der Umstand, dass sie die leichtesten „sind, ausserordentlich günstig einwirken muss“ (p. 486.). Elders geeft hij toe (p. 799), dat voor zekere innervaties door het erfelijk moment de weg kan gebaad zijn. En zou hij willen ontkennen, dat in het netvlies met zijne foveae centrales en scherp bepaalde zenuwverspreiding zoo niet de locaalteekens vertegenwoordigd, toch de voorwaarden voor hun ontstaan in een bepaalden zin reeds bij de geboorte zijn weggelegd? Helmholtz wilde slechts eene proeve leveren, dat onze voorstellingen zich uit individueele ervaring laten verklaren, zonder met het gelukken dier proeve de empiristische theorie bewezen te achten. Inderdaad reiken empiristen en nativisten elkander de hand. Voor de laatste, in den door mij bedoelden zin, is ervaring evenzeer de grondslag van iedere voorstelling als voor de eerste: zij verschillen slechts in het aandeel, dat zij aan die van het phylon en aan die van het individu toekennen. En waar is de maatstaf, om dat aandeel te bepalen? Wat niet manifest is bij de geboorte, kan virtueel, in zijn voorwaarden, gegeven zijn, en na de geboorte, bij de verdere ontwikkeling, smelten die voorwaarden en de invloed der individueele ervaring tot een ondeelbaar geheel samen. Alléén dus kan men vragen, wat manifest is bij de geboorte; en wanneer de mensch, meer dan de meeste dieren, meer dan de vogels bijv., zich door individueele empirie moet eigen maken, de ervaring der voorgeslachten openbaart zich toch ook bij hem op de stelligste wijze. Met Engelmann zag ik binoculaire fixatie, met verandering van convergentie, bij een mannelijk kind nauwelijks een uur na de geboorte (zeker een uitzondering, maar toch goed geconstateerd), en bij eene absoluut blind geborene vond ik parallelle oogbewegingen in alle richtingen. Dat men bij honden

door prikkeling van bepaalde punten der corpora quadrigemina, zooals Adamük in mijn laboratorium aantoonde, de gewone *gemeenschappelijke* bewegingen der beide oogen verkrijgen kan, schijnt ook een veelbeteekenend feit. Maar ik herhaal, aan de individueel empiristische voorstelling, door Helmholtz gegeven, ontleen ik geenerlei bedenking tegen zijne verklaring.

Ik heb twee andere bezwaren.

Mijn eerste bezwaar is dáárin gelegen, dat raddraaiing, in het algemeen, aan het oriënteeren zoo weinig afbreuk doet. A priori meende Helmholtz zelf, dat haar invloed wel door zekere compensatie zou kunnen zijn weggevallen. Het bleek intusschen, dat ze zichtbaar blijft. Maar hoe? Inderdaad slechts door een zekere abstractie. Onbewust verbinden wij de factoren onzer voorstelling, en dan bemerken wij van de raddraaiing niets. Eerst wanneer we ons de verschuiving trachten voor te stellen, los gemaakt van de beweging, onder welke invloed ze tot stand kwam, zien wij in de peripherie van het blikveld de niet in meridianen gelegen lijnen, die wij met den blik volgen, van richting veranderen. Op gelijke wijze laat zich bij willekeurige beweging van de oogen en vooral van het hoofd de verschuiving over het netvlies als beweging der voorwerpen denken. Wat meer is: uit den primairen stand den blik op een zeer peripherisch gezien voorwerp richtende, kan men de voorstelling, dat dat voorwerp tot het hoofdblikpunt nadert, niet eens onderdrukken. En, merk op, terwijl we een verticale lijn, zijdelings in het blikveld continueel van richting zien veranderen (verg. bl. 12), houden wij ze toch overal, waar wij den blik er op laten rusten, voor verticaal: onbewust brengen wij het effect van den stand van het oog in rekening. — Bovendien kan men niet wel aannemen, dat, wanneer na beweging de

blik naar een te voren gefixeerd voorwerp terugkeert, het beeld van het onbewogen voorwerp weer dezelfde punten van het netvlies treffen zal. Immers iedere beweging van het oog verbindt zich met beweging van het hoofd, en de stand van het hoofd keert na iedere beweging niet met nauwkeurigheid terug. En brengt men hier willekeurig een verschil voort, door bij het terugkeeren van den blik het te voren bewogen hoofd stil te houden, dan weten wij toch even goed, of het voorwerp in rust gebleven is. Merkwaardig is het, hoe wij alle constante factoren onbewust compenseerend in rekening brengen. Wil men een sprekend bewijs: men fixeere binoculair een in de nabijheid opgehangen staafje en neige nu het hoofd langzaam afwisselend naar den eenen en naar den anderen schouder. Hierbij bestaan vooreerst de gezegde bewegingen van het hoofd en eene haar vergezellende draaiing om de gezichtsas; ten anderen bewegen zich de bliklijnen door een zeer samengesteld spiermechanisme afwisselend naar beneden en naar boven en tevens links en rechts; aan de andere zijde, verschuiven de beelden op het netvlies als gevolg dezer drie soorten van beweging, en verandert niet alleen de helling, maar ook de grootte der halfbeelden, wijl afwisselend het eene en andere oog verder van het staafje verwijderd is. En desniettemin erkennen wij het staafje als onveranderd in vorm en richting en als aan zijn plaats gebonden.

Uit dit alles kom ik tot het besluit, dat de Raddrehung ook indien ze anders, mits constant, ware, het oriënteren niet zou bemoeilijken. Men kan zich zelfs zeer goed denken, dat schijnbewegingen, die van raddraaiing afhankelijk zijn, onbewust aan het oriënteren worden dienstbaar gemaakt.

Een tweede bezwaar meen ik dáárin te vinden, dat ik mij voor het door Helmholtz onderstelde doel den genetischen grond niet werkzaam denken kan. Dat is intusschen het postulaat: wij moeten het doel kunnen verplaatsen in het meer of min bewuste streven van het individu, om recht te hebben, de verwerkelijking door de wet van oefening te verklaren, en zouden er het bewijs voor dergelijk streven nog gaarne feitelijk bij zien aangetoond. Eenige moeilijkheid reeds levert mij de eerste wet. Hoe zal het oog genoopt worden, bij het terugkeeren van den blik denzelfden stand in te nemen? Wordt hij ingenomen, dan zal, zooals Helmholtz zegt, het voorwerp worden herkend als in rust te zijn gebleven. Maar waarom zal hij worden ingenomen? Dit wordt niet verklaard.

Minder bevredigend nog, uit het genetische oogpunt, is de verklaring der wet van Listing. Is de raddraaiing werkelijk storend, dan zal bij iedere beweging zich het streven openbaren, om ze of geheel buiten te sluiten of althans te compenseeren. Maar om een typus te scheppen, die de gelukkigste verdeeling der storingen in zich sluit en op iedere baan zich doet gehoorzamen, ik kan niet inzien, hoe eenig streven daartoe leiden zou. En ontbreekt het causale inzicht, is dan de verklaring wel vrij te pleiten van die verwerpelijke teleologie, die niet verder gaat dan te raden naar een doel?

Zuiver teleologisch is het standpunt, waarop Hering 1) zich in betrekking tot het vraagstuk plaatst. Ieder gevolg, dat hij wenschelijk acht voor de functie van het zien, verheft hij tot principe, en hij beschouwt het als interessant te overwegen, op welke wijze die principes

1) Beiträge zur Physiologie. S. 259. Leipzig, 1861.

zich zoo vereenigd laten denken, dat de noodzakelijke collisies onder elkander zoo gering mogelijk worden. In 't bijzonder behandelt hij drie principes, „*das Princip der einfachsten Innervation, des grössten Horopters, der vermiedenen Scheinbewegung*,” maar denkt nog aan vele andere.

Van het *Princip der einfachsten Innervation* geldt wel hetzelfde als van Fick's *Princip der kleinsten Muskelarbeit*, van noodzakelijk te zijn bij ieder levend mechanisme; dat *des grössten Horopters* heeft alleen betrekking tot het binoculaire zien en vordert, tot het zien op afstand beperkt, geen bepaalden vorm, maar slechts gelijkheid van beweging; dat *der vermiedenen Scheinbewegung* verschilt van dat van Helmholtz slechts in zooverre, als het de gunstigste verdeeling der storende raddraaiing in het blikveld buiten rekening laat: Hering stelt zich te vreden, met te constateeren „dass das Princip der vermiedenen „Scheinbewegung durch das Listing'sche Gesetz leidlich „gut erfüllt is, so weit das practische Bedürfniss reicht.” Nergens blijk van eenig streven naar een genetische verklaring!

Bij eene genetische verklaring zou het ideaal zijn, de bewegingen, in verband met de ontwikkeling van het gezichtsorgaan, door de verschillende ontwikkelingsphasen van het phylon te volgen. Dat ligt echter nog geheel buiten ons bereik. Wij kunnen slechts trachten, ons een algemeene voorstelling te vormen van den oorsprong der bewegingen, onafhankelijk van alle phase en toepasselijk zoowel op vroegere vormen als op een kind van onze dagen, ondersteld zelfs, dat het uitsluitend door persoonlijke praxis het verband tusschen de optische functie en de oogbewegingen moest ontwikkelen. Dergelijke algemeene voorstelling is mogelijk, omdat wij bij onze beschouwing geheel mogen abstraheeren van den

vorm der bewegingsorganen, om enkel te letten op de bewegingen; want de bewegingen brachten de bewegingsorganen tot ontwikkeling, naar de wetten van oefening en erfelijkheid, en de vorm der organen is dus secundair. Hoe vicieus het is, uit de organen de bewegingswetten te willen verklaren, treedt hiermede eerst recht aan het licht.

Voor het ontstaan der zoogenoemde „*Sehssubstanz*” zoeken wij den grond in de photo-chemische werking der lichtgolven op de zich organiserende levende stof. Uit de bewegingen — aanvankelijk schier toevallige — van het gezichtsorgaan, reeds in zijn eenvoudigsten vorm, leiden wij de locaalteekens af, die der „*Sehssubstanz*” inhaerent zijn. Eenmaal ontwikkeld, konden deze wederkeerig hunnen invloed op de bewegingen doen gelden. Thans nog zien wij, zooals later blijken zal, de bewegingen, inzonderheid de binoculaire, door de locaalteekens beheerscht, die veel meer vastheid toonen dan de altijd zeer plastische spierwerking. Wij mogen aannemen, dat een bepaald gedeelte, waarschijnlijk het centrale, onder voorwaarden verkeerde, om gevoeliger te worden dan het overige. Denken wij ons nu, dat, bij den gewonen evenwichtsstand, in het peripherisch gedeelte een bijzondere indruk ontstond: de neiging, het centrale naar het corresponderend deel van 't gezichtsveld te keeren, — ook thans nog aan het gezichtsorgaan eigen, — kon daarbij niet uitblijven. Ongetwijfeld geschiedde dit dan in deze dan in gene richting, en telkens keerde het orgaan daaruit in zijnen primitieven stand, den toestand van betrekkelijke rust, terug. Aanvankelijk miste die beweging alle zekerheid. Het doel werd niet direct, maar zoekende langs omwegen bereikt. Ook de draaiing om de bliklijn, zoodra van deze sprake was, zal niet ontbroken hebben. Maar geen

omweg en geenerlei richting van draaiing had de overhand, en de gemiddelde, waartoe oefening leiden moest, was dus de kortste weg, met uitsluiting van draaiing om de bliklijn. Men ziet gereedelijk in, hoe met de regelmatigheid der beweging de scherpte der locaalteekens moest toenemen en deze wederkeerig aan de regelmatigheid der beweging kon bevorderlijk zijn. Zoo was de weg uit den primairen stand  $a$  naar een secundairen stand  $b$  gevonden. De eerste grondslag was gelegd voor de wet van Listing: bij beweging uit den primairen stand  $a$  naar  $b$ , en vice versa, draaiing der bliklijn om een bepaalde as, zonder draaiing om zich zelve. En om die wet nu verder met al hare consequenties te verwezenlijken, was niets verder noodig als de wet van D.: hoe heeft men zich haar ontstaan te denken?

Wij stelden ons voor, dat het oog uit den primairen stand  $a$  in een secundairen  $b$  overging, om daaruit telkens tot  $a$ , als den stand van betrekkelijke rust, terug te keeren. De neiging daartoe vinden wij nog duidelijk aanwezig. Dat moge nu ontelbare malen zijn voorgekomen. Soms moest echter de omstandigheid zich voordoen, dat, terwijl de blik op  $\beta$  gevestigd was, de indruk van een ander peripherisch punt  $\beta'$  de aandacht tot zich trok. Dit punt kon worden bereikt door van  $b$  in  $a$  terug te keeren en nu uit  $a$  het oog op  $\beta'$  te richten. Aanvankelijk zal dit aldus geschied zijn. Werd nu  $\beta'$  uit  $a$  gezien en in zijn ligging herkend, dan moest dit tot vergelijking leiden met den uit  $b$  verkregen indruk van  $\beta$ . Het streven, om direct van  $b$  naar  $\beta'$  te komen, kon nu niet langer uitblijven. Vele wegen stonden daartoe open: zal nu ook, evenals van  $a$  naar  $b$ , de directe gevonden worden? Dat zou zijn draaiing om een as, loodrecht op het vlak, waarin de op  $\beta$  en op  $\beta'$  gerichte bliklijnen

gelegen zijn, — een draaiing, alsof de richting  $b$  de primaire stand ware. Die weg kon niet gevonden worden. De innervatie, die voor een bepaalde richting beslissend is, moest zich doen gelden. Uit ervaring was de innervatie bekend, waarbij het oog uit  $a$  in  $\beta'$  gebracht wordt. Om uit  $b$  naar  $\beta'$  te komen, wordt *absoluut* dezelfde innervatie gevorderd. En wordt daaraan volkomen voldaan, dan heeft het oog daarbij in allen deele den stand ingenomen, alsof het van  $a$  op  $\beta'$  was gericht geworden: hiermede ware de wet van D. verwezenlijkt. En daarin lag dan tevens opgesloten, dat bij het overgaan van  $b$  in  $\beta'$  het oog gedraaid zou zijn om een as, die de bliklijn een directie-cirkel deed doorloopen: de consequenties der wet van Listing waren vervuld.

Maar gesteld, dat  $\beta'$  uit  $\beta$  zoekende gevonden was, zonder onmiddellijk door het bewustzijn der gevorderde innervatie bepaald te zijn, en dat nu ook de stand niet nauwkeurig aan de wet van D. beantwoordde, dan zou toch de gevorderde innervatie zich hebben doen gelden, op het oogenblik, dat men zich voorstelde, den terugkeer uit  $\beta'$  naar  $a$  te ondernemen, wat immers in den regel volgen moest. Het is alsof men met telkens opgeheven hamer een spijker trof, maar nu aanleiding vond, den arm schuins naar boven te voeren, om eerst van daar de gewone plaats van uitgang te bereiken: wat er nu aan den stand ontbreken mocht, zal gecorrigeerd worden bij de voorstelling, om den slag toe te brengen, en na veelvuldige herhaling van den tweeledigen weg zal de correcte stand wel onmiddellijk worden ingenomen. Zoo ook met het oog, uit  $b$  in  $\beta'$  overgaande.

Hiermede meen ik van den oorsprong der wet van Listing voldoende te hebben rekenschap gegeven, en daarmede te gelijk van al hare consequenties, die men



mocht geneigd zijn tot genetische of teleologische factoren te verheffen.

Met den eersten grondslag voor de wet van Listing, de beweging uit  $a$  naar  $b$ , zonder raddraaiing, was de voorstelling verkregen van de rechte lijn, als den kortsten afstand tusschen twee punten. Met de beweging van  $b$  naar  $b'$ , in overeenstemming met dezelfde wet, waarbij de bliklijn een directie-cirkel beschrijft, werd de voorstelling van de rechte lijn ook aan de directie-cirkels verbonden. De beweging geschiedt door draaiing om een vaste as, zoodat de directie-cirkel, evenals de rechte lijn, over zich zelf verschuifbaar is, daarbij onder den invloed eener constante innervatie, — en wel absoluut dezelfde als die, waarbij de bliklijn, uit  $a$  in  $b'$  overgaande, een rechte lijn beschrijft: meer is er zeker niet toe noodig. Wij begrijpen nu tevens, dat, zooals het cyclocoop ons leerde, de beweging van den blik langs de directie-lijn de voorstelling van een rechte lijn in het gezichtsveld nog moet bevorderen. Van een gestrekte lijn geldt juist het tegendeel. Gefixeerd in de peripherie van het blikveld, schijnt zij recht, en den blik er langs bewegende (wij onderstellen, dat ze niet in een meridiaan ligt), waarbij van punt tot punt de draaiingsas verandert en de lijn op het netvlies dus niet in zich zelve verschuiven kan, zien wij ze gebogen. Ook uit het hoofdblikpunt nemen wij een gestrekte lijn in de peripherie van het gezichtsveld, buiten de richting der meridianen, bij voldoende abstractie als gebogen en een directiecirkel als rechte lijn waar.

Deze voorstellingen hebben zich in verband met de wet van Listing ontwikkeld.

In het bovenstaande heb ik de wet van Listing aanschouwelijk voorgesteld en getracht haren oorsprong te verklaren.

Geldt die wet nu in strengen zin? Men mag het niet onderstellen. Wij construeeren werktuigen naar een mathematisch beginsel en afwijkingen van dat beginsel zijn hier onvolkomenheden, die wij trachten te vermijden. Maar levende werktuigen, die niet geconstrueerd, maar onder voortdurende accommodatie geworden zijn, spotten met mathematische beginselen en vinden juist hunne volkomenheid in schijnbare afwijkingen, die om haar verband met de genetische factoren onze bijzondere aandacht verdienen.

Voor de bewegingen bij convergentie, gezwegen van de beide vormen van rolbeweging, kan, zooals nader blijken zal, van de wet van Listing zelfs geen sprake zijn. Maar ook de bewegingen met parallelle bliklijnen gehoorzamen haar niet volkomen. Is de afwijking hier gering, zij is zeer cardinaal; want zij treft het wezen der wet: de wet sluit alle draaiing uit om de bliklijn, bij beweging uit of door den primairen stand, en het feit is, dat eenvoudige stijging en daling van het blikvlak met draaiing om de bliklijn gepaard gaat. Dit feit is niets minder dan een negatie van de wet. Kon bij het aanwenden van de methode der nabeelden die rolbeweging verborgen blijven, zij openbaart zich onmiddellijk bij die der halfbeelden, die scherper en — even afdoende is, wanneer men niet den absoluten, maar alleen den betrekkelijken stand van de corresponderende meridianen der beide oogen te bepalen heeft.

Men fixeere een verwijderde horizontale lijn, de roede b. v. van een venster, tegen den hemel gezien, met beide oogen en bringe voor het eene oog, een zwak prisma met den hoek naar boven: de roede vertoont zich nu in twee halfbeelden, het eene boven het andere, die zoo goed als evenwijdig zijn; maar zij verliezen het paralle-

lisme, als men het hoofd sterk voor- of achterover buigt en het blikvlak dus doet stijgen of dalen. Bij het stijgen rijzen de halfbeelden voor rechter en linker oog aan de corresponderende zijden, omgekeerd bij daling. Die verandering in richting is het gevolg van symmetrische rolbeweging bij het stijgen van het blikvlak, in dien zin, dat de horizonten aan de buitenzijde dalen: deze rolbeweging noemen wij *positief*; de omgekeerde, aan het dalen van het blikvlak verbonden, *negatief*.

Om die rolbewegingen nauwkeurig te leeren kennen, bedienen wij ons van het Isoscoop (N<sup>o</sup>. 46; voorts: Onderzoekingen. 3<sup>de</sup> Ser. D. III). Dit werktuig dient in de eerste plaats om de hoeken H en V der schijnbaar verticale en horizontale meridianen te meten. De netvliesbeelden eener horizontale lijn liggen in de *werkelijk* horizontale meridianen. Projiciëeren zij zich niet in dezelfde horizontale richting, dan liggen de netvliesbeelden, die zich wel aldus projiciëeren, in andere meridianen, en deze zijn dan de *schijnbaar* horizontale. De hoek, dien ze vormen, wordt gevonden met den hoek van lijnen, die wij met de respectieve oogen voor gelijk gericht en horizontaal aanzien. Die hoek is in den regel positief: de schijnbare meridianen liggen aan de temporaal-zijde iets lager dan de werkelijke.

Grootér dan H is de hoek der schijnbaar verticale meridianen V. Om hem te zien, heeft men geen prisma noodig. Men fixeere den hemel in de richting eener smalle verticale roede, en deze vertoont zich nu in twee halfbeelden, die naar boven divergeeren. Die halfbeelden zijn gekruist; want sluit men het rechter oog, dan verdwijnt het linker halfbeeld, en omgekeerd (onvolgende convergentie). Dus helt het halfbeeld van het rechter oog links, dat van het linker oog rechts over,

de schijnbaar verticale meridianen daarentegen naar de gelijknamige zijde: de hoek V is constant positief. Daar hij altijd grooter is dan H, zoo kunnen ze door rolbeweging nooit beide te gelijk verdwijnen; dus kunnen nooit alle gelijk gerichte meridianen der beide oogen corresponderende punten hebben: hierin bestaat de door Helmholtz ontdekte incongruentie der netvliesen.

Het Isoscoop nu, waarmede wij V en H meten, is samengesteld uit: a. Twee vierkante ramen, die, draaiende om de middelpunten hunner verticale lijsten, den ruitvorm kunnen aannemen. In die ramen zijn twee (of meer) draden uitgespannen, evenwijdig aan die lijsten en bij alle draaiing daaraan evenwijdig blijvende. Op een graadverdeeling met nonius wordt de stand afgelezen. Staan de draden wat verder van elkander dan de oogen, zoo vertoonen ze, bij evenwijdige gezichtslijnen, twee halfbeelden dicht bij elkander, en die heeft men door draaiing der ramen slechts op het oog verticaal en evenwijdig te stellen, om den hoek V af te lezen. b. Twee soortgelijke ramen, draaibaar om de middelpunten hunner horizontale lijsten, dienen voor de bepaling van H.

Met het raamtoestel is een hoofdhouder verbonden met mondstuk, zoo gesteld, dat men, met de tanden daarin sluitende, zich in den primairen stand bevindt, terwijl tevens de grondlijn samenvalt met een as, om welke het raamtoestel aan twee armen draaibaar is (beginsel van Hering). Het raam nu volgende met stijgend en dalend blikvlak, kan men den invloed der veranderde richting op V en H bepalen.

Zodoende nu is gebleken, dat op het doorgaans gebruikte blikveld de rolling nauwelijks merkbaar is, om eerst op de grenzen van het blikveld betrekkelijk sterk te stijgen. Desniettemin moeten wij vragen naar haren

oorsprong; want juist kleine afwijkingen onthullen dikwijls de werkende oorzaken. Ten onrechte zocht men een verklaring in de spieren, die met stijgend blikvlak tevens rolbeweging zouden moeten voortbrengen, — niet bedenkende, dat de innervatie, hetzij willekeurig, reflectorisch of automatisch, de spieren heeft doen worden wat ze zijn, en dat men, om de rolbeweging te verklaren, dus van de innervatie zou moeten rekenschap geven. Met de ontwikkeling der wetten van D. en Listing kan ik ze niet in verband brengen. Zou de grond ook in de convergentie schuilen?

## II. CONVERGENTIE.

Bij convergentie ontmoeten zich de bliklijnen in een punt, dat niet op oneindigen afstand ligt, — dat de oogen tot op weinige centimeters naderen kan. Ligt het punt in het mediaan-vlak, dan is de convergentie symmetrisch; ligt het er buiten, asymmetrisch. Het blikvlak kan daarbij iederen stand aannemen, maar is gewoonlijk naar beneden gericht, en hiertoe bestaat een bepaalde neiging, die zich van zelf moest ontwikkelen, omdat nabijgelegen voorwerpen in den regel lager dan de oogen geplaatst zijn en de buiging van het hoofd slechts voor een deel die ligging compenseert.

Voor het zien op afstand, met evenwijdige bliklijnen, is het binoculaire zien vrij onverschillig. Eerst bij het zien in de nabijheid met convergeerende bliklijnen, waarbij de perspectivische beelden op de beide netvliezen verschillen en zich tot het stereoscopische zien verbinden, krijgt het een groote beteekenis. Van de wet van Listing kan hierbij geen sprake meer zijn. De bewegingen worden beheerscht door de eischen van het binoculaire zien, en

in deze zullen wij ook den grond leeren kennen van de incongruentie der netvliezen.

Dat bij gelijke richting der bliklijn, onder den invloed der convergentie, het oog een anderen stand heeft, daarvan kan men zich door een eenvoudige proef overtuigen. Men houde een horizontale lijn, ruim 60 m.m lang, op



hoogstens 25 c. m. van de oogen, en beschouwe deze met evenwijdige bliklijnen: de halfbeelden van rechter en linker oog hebben nu gelijke richting en vormen, aan elkander sluitende, een ongebroken lijn van de dubbele lengte. Hierin komt geen verandering, wanneer men, de oogen links en rechts bewegend, afwisselend het rechter oog op  $a$  en het linker op  $a'$  richt. Maar ziet men bij convergentie, zoodat *te gelijk* het rechter oog op  $a$  en het linker op  $a'$  gericht is, dan houden de halfbeelden op evenwijdig te zijn en zij vormen, aan elkander sluitende, een gebroken lijn met den top naar boven. Convergentie in het horizontale vlak gaat dus gepaard met rolbeweging (en wel met *positieve*), die bij beweging met evenwijdige bliklijnen in hetzelfde vlak uitblijft.

Ook met behulp der nabeelden kan men zich van de rolbeweging bij convergentie overtuigen (Volkmann en Welcker, Hering). Men fixeere in den primären stand, terwijl beide oogen geopend zijn, maar het eene met een klein scherm bedekt is, op een verticalen band een gemarkeerd punt, achter hetwelk de grauwe wand insgelijks een merkteeken draagt (op een dunne verticale lijn), en ga voort, nadat de band is weggerukt, dit merkteeken te fixeeren: geschiedt dit bij onveranderde richting der bliklijnen, zoo vertoont het nabeeld zich verticaal (samenvallende met de verticale lijn), evenals de band; maar

geschiedt dit bij convergentie, door willekeurige draaiing der bliklijn achter het scherm, dan wijkt, bij mij althans, het nabeeld duidelijk van den verticalen stand af. — Deze proef eischt eenige oefening. Minder bezwaar levert wellicht de volgende. Aan weerszijden van een gekleurden verticalen band bevindt zich een verticale zwarte lijn. Men fixeere, weder in den primairen stand, een gemarkeerd punt van den band en convergeere, nadat de band is weggerukt, met horizontaal blikvlak zoo sterk, dat de twee zwarte strepen met overkruiste bliklijnen gefixeerd worden: die strepen overkruisen zich dan in het fixeerpunt, en het gekleurde nabeeld staat enkelvoudig tusschen de divergeerende zwarte strepen, dus een hoek vormende met de beelden der verticale lijnen zoowel van het eene als van het andere oog. Gereedelijk ziet men in, dat de overkruising der strepen in het gefixeerde punt reeds voldoende is, om de veranderde richting der meridianen naar de methode der halfbeelden te bewijzen; maar ik wenschte in een en dezelfde proef de beide methoden te verbinden, omdat Bloemert Schuurman (evenzoo Hamer) de afwijkingen bij de convergentie zeer wel naar de methode der halfbeelden had kunnen waarnemen, niet naar die der nabeelden, en daarom had gemeend aan de eerste alle bewijskracht te mogen ontzeggen 1). Hunne uitkomst bewees intusschen niets anders als dat de methode der nabeelden voor die der halfbeelden in scherpte moet onderdoen.

Zooals ik opmerkte, is de rolbeweging bij convergentie constant positief, maar loopt bij verschillende personen in graad zeer uiteen. Helmholtz verkreeg bij een

1) Vergelijkend onderzoek der bewegingen van het oog bij emmetropie en ametropie. Utrecht, 1863.

convergentie op 21 c. m. slechts  $0^{\circ}.17'$ , Volkmann op 30 c. m. reeds  $1^{\circ}$  op ieder oog. Hering 1) vond voor een convergentie van  $20^{\circ}$  op  $60^{\circ}$  een rolbeweging van  $3^{\circ}.26'$ , en naar zijne berekening had Meissner voor  $41^{\circ}$  convergentie eene rolbeweging van  $2^{\circ}.17'$ , von Recklinghausen voor een convergentie van  $21^{\circ}$  op  $46^{\circ}$  een rolbeweging van  $1^{\circ}.40'$ . Dastich alleen kon, naar Helmholtz mededeelt, geen invloed hoegenaamd constateeren. Mijne onderzoekingen hebben, zonder uitzondering, een *positieve* draaiing doen herkennen, — bij sommigen, zooals bij Van Moll, Engelmann en Küster, een zeer geringe, maar bij mij zelve niet minder dan  $5^{\circ}$ , en bij twintig anderen voor een convergentie, die gemakkelijk te bereiken was, van  $0^{\circ}.6$  tot  $2^{\circ}.75$ , gemiddeld  $1^{\circ}.8$ , zonder onderscheid tusschen myopen en emmetropen (verg. bijlage I), — alles voor de rolbeweging van één oog.

Dezen invloed nu der convergentie heeft men als een afwijking van de wet van Listing behandeld. Dat kon geen inzicht geven in hare beteekenis. In plaats van hier te spreken van afwijkingen, moet het ons streven zijn, de eigen wetten op te sporen, die de beweging bij convergentie beheerschen.

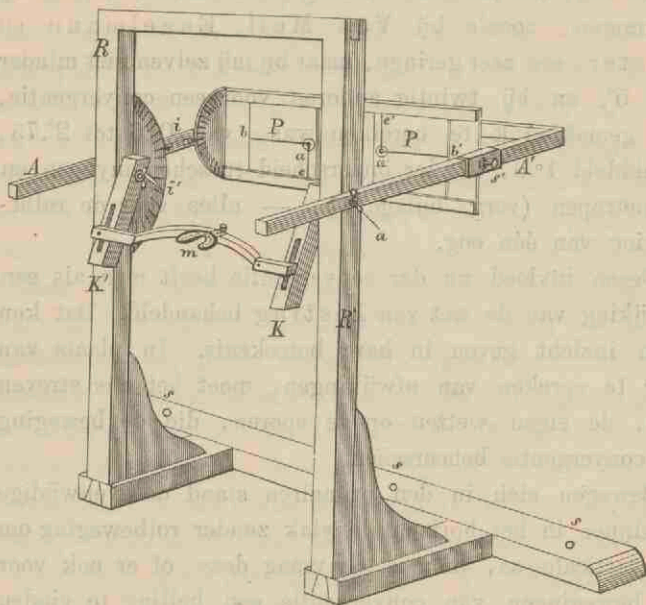
Bewegen zich in den primairen stand de evenwijdige bliklijnen in het horizontale vlak zonder rolbeweging om de verticale as, dan is de vraag deze, of er ook voor de bewegingen van convergentie een helling te vinden is van het blikvlak, waarbij zij geschieden om een as, loodrecht op dat vlak.

Voor mijn eigen oogen heb ik die vraag nauwkeurig onderzocht. De hoek H mijner schijnbaar horizontale

1) Die Lehre vom Binocularen Sehen. 1868. S. 92. u. f.

meridianen is betrekkelijk groot (des morgens gemiddeld  $0^{\circ}.7$ ) en eerst bij een daling van het blikvlak van  $45^{\circ}$  tot  $50^{\circ}$  worden zij evenwijdig. Convergeer ik nu bij deze helling, dan ontstaat er negatieve rolbeweging. Maar geef ik aan het blikvlak een helling van ongeveer  $38^{\circ}$ , dan zijn en blijven ze, binnen ruime grenzen van convergentie, zoo goed als evenwijdig. Die helling kan dus in zoverre als *primaire stand* gelden voor symmetrische

Fig. 1.



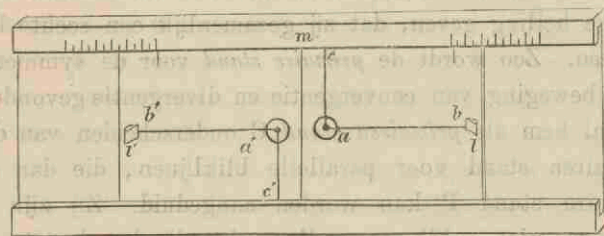
convergentie, als hierbij de halfbeelden eener horizontale lijn bij toe- en afnemende convergentie evenwijdig over elkander schuiven. Voor nauwkeurige bepalingen kan men zich bedienen van het boven beschrevene Isocoop. Maar even goed bereikt men zijn doel, — en zelfs, zooals blijken zal, een tweede bovendien — met een eenvou-

diger werktuig, dat men Horopteroscoop noemen kan. (fig. 1.)

Het bestaat uit een vierhoekig houten blad P P, breed 38 ctm. hoog 14 ctm., verschuifbaar langs twee armen A A', waarop men den afstand van het blad tot de oogen kan aflezen, en die draaien om de as *a*. Het hoofd is bevestigd door het mondstuk *m*, welks beugel aan de twee korte armen K K, draaibaar is om dezelfde as *a*; beugel en mondstuk worden zoo gesteld, dat het hoofd scherp den primairen stand P inneemt en dat de as *a* met de grondlijn der oogen samenvalt.

Het raam R R', waarop de armen draaien, is door schroeven *s s s* op een tafel bevestigd. — Op het houten blad, in sleuven verschuifbaar, bevinden zich twee kartonnen platen, die op de middellijn *m* (verg. fig. 2)

Fig. 2.



kunnen aaneen sluiten, dragende respectievelijk de horizontale lijnen *a b* en *a' b'* en de verticale lijnen *a c* en *a' c'*. De twee platen kunnen door het trekken aan lisjes *l* en *l'* van elkander verwijderd worden, en de verdeling geeft nu aan, hoever de fixeerpunten *a* en *a'* uit elkander liggen. — Het houten blad is draaibaar om een as bij de schroef *s* gelegen en gaande door de horizontale lijnen *a b* en *a' b'*. Bij verticalen stand wijst de index *i* der graadverdeling, die ter linkerzijde, loodrecht

op de richting van het houten blad, is aangebracht op  $0^\circ$ . — De index  $i'$  op de aan het raam bevestigde graadverdeeling wijst de helling aan van de armen  $A$  en  $A'$ , en daarmede den hoek  $s$ , dien, bij het fixeeren van  $a$  en  $a'$ , het blikvlak vormt met den primairen horizontalen stand.

De punten  $a$  en  $a'$  kunnen met en zonder overkruising worden gefixeerd. Geschiedt het zonder overkruising, bij een onderlingen afstand als die der draaipunten (ongeveer 64 mm.), dan zijn de bliklijnen evenwijdig; bij overkruising ligt het convergentie-punt op den halven afstand van het houten blad: alle graden van convergentie kan men verkrijgen, door óf het plankje op zijn armen, óf de kartonnen platen op het plankje te verschuiven. Bij het fixeeren van  $a$  en  $a'$ , hetzij met hetzij zonder overkruising der bliklijnen, sluiten twee halfbeelden tot ééne lijn aaneen, en men kan nu aan het blikvlak een zoodanige helling geven, dat zij gezamenlijk een rechte lijn vormen. Zoo wordt de *primaire stand* voor de symmetrische beweging van convergentie en divergentie gevonden. Ik zal hem als *primairen stand C* onderscheiden van den primairen stand voor parallelle bliklijnen, die dan als primaire stand P kan worden aangeduid. Zij zijn in zooverre niet gelijk te stellen als uit den laatste de parallelle bliklijnen zich in alle meridianen zonder rad-draaiing bewegen, terwijl in den eerste de bewegingen tot het blikvlak beperkt blijven.

Rijst nu het blikvlak boven den primairen stand C, dan ontstaat er, blijkens de richting der aaneensluitende halfbeelden, *positieve*, daalt het daar beneden, *negatieve rolbeweging*, — rolbeweging dus in gelijken zin als bij evenwijdige bliklijnen, en wel des te sneller, hoe sterker de convergentie: voor sterke convergenties kan men

daarom de gevorderde helling scherper inzetten dan voor zwakke.

Voor den primairen stand C vond ik bij alle onderzochte personen het blikvlak lager gericht dan voor den primairen stand P: de hoek, dien ze vormen, moge  $s$  heeten. Bij sommigen is hij gering, bij anderen aanzienlijk; bij mij stijgt hij tot  $40^\circ$ . (zie bijlage 2).

Het verschil hangt samen met het bedrag der rolbeweging, die aan convergentie in den primairen stand P eigen is; want deze is natuurlijk des te grooter, hoe grooter de hoek  $s$ , dat is, hoe meer P boven C ligt. Bij Volkman zal dus  $s$  vrij groot, bij Helmholtz zeer klein en bij Dastich gelijk  $0^\circ$  geweest zijn. Een soortgelijk geval (Dr. Grossmann) is ook mij voorgekomen. Bij de meesten bedraagt  $s$   $20^\circ$  tot  $30^\circ$ , zooals ik zeide, constant in denzelfden zin.

Ik sprak van een tweede doel, dat zich met het horopteroscoop bereiken laat. Daartoe dienen de twee verticale lijnen  $ac$  en  $a'e$ , op het houten blad aanwezig, de eene naar boven, de andere naar beneden gericht. (Vergel. fig. 1 en 2). Sluiten bij de proef de horizontale tot een rechte lijn aaneen, dan vertoonen de halfbeelden der verticale ons de incongruentie der netvliezen: zij vereenigen zich dan bij loodrechten stand van het houten blad ( $i$  op  $0^\circ$ ) tot een gebroken lijn. Kantelt men nu het blad om zijn as, terwijl de bliklijnen evenwijdig zijn en dus loodrecht staan op die as, dan blijft de lijn gebroken. Maar convergeeren de bliklijnen onder een hoek op die as, zoo wordt door achteroverkanteling de gebroken lijn tot een rechte, met andere woorden, de schijnbaar verticale meridianen snijden elkander in het hellende vlak. De kanteling moet des te grooter zijn, hoe grooter de incongruentie, des te kleiner, hoe sterker

de convergentie. Op het vlak ziet men nu de horizontale en de verticale lijn elkander rechthoekig overkruisen, en ook de halfbeelden van andere lijnen, die onder gelijken hoeken, resp. naar boven en beneden, van  $a$  en  $a'$  uitgaan, vertoonen zich als rechte lijnen. Wij hebben dus een vlak gevonden, dat wel horoptervlak mag heeten, al verdient het in streng mathematischen zin dien naam niet. De hoek  $s$  blijft voor iedere convergentie gelijk; de kantelingshoek  $\alpha$  neemt af met de convergentie. Dit blijkt bij de proef; maar hij laat zich ook voor iedere convergentie uit den incongruentie-hoek berekenen naar de formule

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} m}{\sin c}$$

waarin  $m$  de halve incongruentie-hoek ( $\frac{1}{2} V-H$ ) en  $c$  de halve convergentie-hoek is.

Bij de proef vond ik voor convergenties op 1000, 500, 250, en 125 mm. ongeveer  $\alpha = 37^\circ, 18^\circ, 12^\circ$  en  $5^\circ$ , wat met de resultaten der berekening, daarbij een incongruentie van 2.5 ten gronde liggende, tamelijk overeenstemt (verg. bijlage 3).

Dit zoogenoemde horoptervlak is van groote beteekenis. Bij de proef ligt het convergentie-punt tusschen de oogen en het blad; maar men kan het blad na de proef nader brengen tot op het convergentie-punt en zoo de verschillende punten van dat vlak onmiddellijk binoculair fixeeren. Met behulp van een zwak prisma overtuigt men zich nu, dat bij symmetrische convergentie onder den hoek  $s$  de halfbeelden van lijnen, in verschillende richting op dit vlak door het blikpunt getrokken, elkander bedekken, en dat bij beweging van het blikpunt binnen zekere grenzen over dat vlak daarin geen merkbare

storing ontstaat. Bij zijdelingsche beweging heeft, zooals de nabeelden leeren, wel is waar raddraaiing plaats (in denzelfden zin, als bij gedaald blikvlak met evenwijdige bliklijnen); maar aangezien ze voor beide oogen gelijk is, treedt daarbij het vlak ook weinig buiten den horopter.

Men kan voorts op het blad een gedrukte bladzijde leggen, en het blijkt nu, dat ze zich zeer gemakkelijk laat lezen. Natuurlijker nog wordt de houding, wanneer men met den beugel, welks as met de grondlijn samenvalt, het hoofd eenige graden voorover buigt en het blikvlak evenveel laat dalen. Inderdaad plegen wij bij het vrije lezen en schrijven zoodanigen stand te kiezen. De halfbeelden van den regel, dien wij lezen, vinden zodoende hunnen horopter in de evenwijdige netvlies-horizonten, en terwijl de bliklijnen door draaiing om een onveranderlijke as (en bij voortgezette innervatie derzelfde spieren) over den regel voortschrijden, worden de aangrenzende woorden reeds indirect zoo scherp mogelijk gezien en zodoende de geleidelijke overgang op den volgenden regel verzekerd. De meesten zullen bovendien bemerken, dat zij bij toenemende convergentie het blad onwillekeurig meer loodrecht op het blikvlak kantelen, hetgeen reeds de neiging bewijst, om ook de verticale uitbreiding van het blad zoo goed mogelijk in den horopter te brengen. Hebben zij het blad in de hand, dan richten zij daarbij tevens het hoofd op, zonder de betrekkelijke helling van het blikvlak te veranderen; en ligt het boek op een hellend vlak, dan buigen zij het hoofd, maar bereiken ook in dit geval, dat het blikvlak meer tot den verticalen stand op de bladzijde nadert. Het vasthouden van den horopter wordt nog daardoor bevorderd, dat de bewegingen der oogen vrij beperkt, die van het hoofd betrekkelijk uitgebreid zijn. Om zich hiervan te overtuigen, houde men een staafje,

bijv. een potlood, zóó tusschen de tanden, dat men over de punt met een der oogen op het midden der bladzijde een letter fixeert: ziet men vervolgens naar het begin en naar het einde van den regel of wel boven of onder op de bladzijde, dan blijft de punt van het potlood bij de bliklijn achter, maar niet veel: dat weinige vertegenwoordigt de beweging der oogen 1). Dat bij uitgebreide bewegingen der bliklijn het lezen onder afwijkende helling, vooral bij schuinsche niet door den stand van het hoofd gecompenseerde richting der regels, bezwaren ondervindt, deels ten gevolge der niet corresponderende halfbeelden, deels van het gevorderde continueele draaien der oogen om instantaneele assen, zal men gemakkelijk bewaarheid vinden.

Wij hebben thans te onderzoeken, onder welke voorwaarden de bewegingstypus der convergentie zich ontwikkelde.

In de eerste plaats vragen wij naar den oorsprong der convergentie zelve en van den daaraan verbonden primären stand *C*.

Het zien bij convergentie onderstelt binoculair zien. Voor het binoculair zien is de eerste voorwaarde deze: dat zekere exquisite punten der beide netvliezen (in onze oogen de *foveae centrales*) beelden ontvangen van dezelfde voorwerpen. Hiertoe wordt een bepaalde betrekking in den stand der beide oogen gevorderd. Bij het pasgeboren kind is die betrekking met de gelijkmatige innervatie der spieren reeds *ongeveer* gegeven en blijft zich gelijk

1) Met Dr. Ritzmann heb ik een werktuig geconstrueerd, dat in staat stelt het aandeel der bewegingen van het hoofd en de oogen bij veranderde richting der bliklijn te bepalen. Verg. *Archiv für Ophthalmologie* B. XXI. H. 1. S. 131. Onderzoekingen D. IV.

bij de parallelle oogbewegingen, die kort na de geboorte, onder den invloed van gemeenschappelijke innervaties, worden waargenomen. Nu weten wij, hoe krachtig zich later de drang, om de bewegingen na dien eersten eisch van het binoculaire zien te accommoderen, openbaart (o. a. bij proeven met prismas). Wij besluiten daaruit, dat eene zekere neiging daartoe ook reeds was aangeboren: en deze moest er toe leiden, om bij normale spieren de gevorderde richting der bliklijnen nog *nader* en *juister* te bepalen.

Trachten wij dieper in het vraagstuk door te dringen, dan stuiten wij op de onvolkomen kennis aangaande het binoculaire zien in de verschillende dierklassen. Wij weten, dat met het bezit van twee oogen het binoculaire zien nog niet gegeven is, dat, waar het bestaat, de exquisite punten tamelijk excentrisch kunnen liggen, en dat bij sommige vogels twee paren exquisite punten voorkomen, meer centrale voor het afzonderlijk zien van ieder oog, meer excentrische voor het binoculaire zien (Heinrich Müller). Maar van de overgangsvormen tusschen het dubbele monoculaire en het binoculaire zien is ons zoo goed als niets bekend. Bij den mensch ontmoeten wij het merkwaardige feit, dat, wanneer door buitenwaarts scheelzien het binoculaire zien wordt opgeheven, het netvlies voor ieder oog een absolute zelfstandigheid verkrijgen kan, zoodat ieder oog zijn eigen gezichtsveld heeft en bij alle standen daarin volkomen georiënteerd is. Dit feit leidt tot de onderstelling, dat, omgekeerd, het binoculaire zien een secundaire vorm is, die zich uit het dubbele monoculaire heeft ontwikkeld. Ook de wedstrijd der oogen, die zich bij het binoculaire zien nog zoo duidelijk doet gelden, schijnt daarvoor te pleiten. Het zou dan kunnen beginnen met het ontstaan van een tweede paar exquisite punten, die allengs tot



die van het dubbel monoculaire zien zouden kunnen naderen, om er ten slotte meê samen te smelten. Doch genoeg, ik wil mij niet in bespiegelingen verdiepen, zoolang onze vergelijkend anatomische en physiologische kennis op dit punt zoo uiterst gebrekkig is. Hoe het zij, — de exquisite punten van het binoculaire zien moesten zich, bij een gegeven stand der gezichtsorganen, in verband met de ligging van gelijke netvliesbeelden, ontwikkelen, en de neiging, om op die punten steeds corresponderende beelden te ontvangen, moest de oogbewegingen naar de eischen van het binoculaire zien beheerschen. In betrekking tot verwijderde voorwerpen konden de bliklijnen parallel zijn, en zoo ontwikkelde zich het verband der parallele oogbewegingen. Maar van verwijderde voorwerpen overgaande op nabijgelegene, moesten de bliklijnen convergeeren, en de ontwikkeling van den tweeden typus, de symmetrische bewegingen van convergentie en divergentie, was daarvan het gevolg. Inzonderheid moest bij het langzaam naderen en verwijderen van een voorwerp het streven naar convergentie en divergentie zeer geleidelijk gewekt worden. En hier, als overal, werkte het streven scheppend op de inneratie en op het contractiele weefsel.

Nabij gelegen voorwerpen en bepaaldelijk onze lichaamsdeelen, de armen en de handen, die, met de betaste objecten, in het richten van het blikvlak wel de hoofdrol spelen, liggen lager dan onze oogen. Verdeelt zich nu hier als overal de gevorderde beweging tusschen het hoofd en de bliklijnen, dan moest het blikvlak dalen, en de convergentie-typus zich bij benedenwaarts gelegen blikvlak ontwikkelen.

Om welke as zullen nu de oogen draaien, terwijl met het naderen en verwijderen der handen en der voorwerpen

de convergenties vermeerderen en verminderen? Stellen wij ons voor, dat door de beweging bij evenwijdige bliklijnen de corresponderende punten der netvlieshorizonten reeds ontwikkeld waren, dan konden deze de symmetrische bewegingen bij haar ontstaan beheerschen, en het streven, om gelijke halfbeelden aan die horizonten te verbinden en bij de beweging horizontale lijnen in zich zelve te doen verschuiven, moest draaiing om een as, loodrecht op de horizontale meridianen, dat is loodrecht op het blikvlak, ten gevolge hebben. Maar onwaarschijnlijk is het niet, dat het binoculaire zien zich ook al aanstonds bij convergentie ontwikkelde, en dan hebben wij ons weder een zoeken te denken naar de eenvoudigste baan en als boven (blz. 19) te vragen naar de gemiddelde van al de omwegen, die dan toch ook geene andere zijn kan als draaiing om diezelfde as: wat hiervoor pleit is de omstandigheid, dat voor de meeste oogen de horizonten eerst bij zekere daling van het blikvlak volkomen correspondeeren. Bovendien bedenke men, dat convergentie en divergentie uitsluitend geschieden in het blikvlak, en dat de netvlieshorizonten genoegzaam in dit vlak liggen, niet slechts bij den primairen stand *C*, maar bij iedere helling van het blikvlak, — die alleen uitgezonderd, waarbij convergentie en divergentie uiterst zeldzaam voorkomen. De symmetrische bewegingen bepalen dus vooral de locaalteekens der corresponderende horizonten en maken tevens de horizontale lijn, zooals nog nader blijken zal, tot de eigenlijke basis van het stereoscopische zien.

Door het bovenstaande acht ik voldoende rekenschap gegeven van den oorsprong der convergentie zelve en van den daaraan verbonden primairen stand *C*, met zijne symmetrische bewegingen om assen, loodrecht op het blikvlak. Groote individuële verschillen kunnen ons daarbij niet

verwonderen; want ongetwijfeld liepen ook de voorwaarden, waaronder de primaire stand *C* zich ontwikkelde, in het voorgeslacht zoowel als in het individu zeer uiteen.

Wij begonnen met aan te toonen, dat in den primairen stand *P* de symmetrische bewegingen met rolbeweging gepaard gaan, en omgekeerd vinden wij in den primairen stand *C* raddraaiing bij zijdelingsche beweging met parallelle bliklijnen. Klaarblijkelijk ligt dus aan de symmetrische bewegingen een bijzondere innervatie ten gronde. Wij kunnen dan ook in den normalen toestand de bliklijnen op verre na niet zoo sterk convergeerend naar het mediaanvlak richten, als elk oog afzonderlijk bij evenwijdige bliklijnen, en het vermogen tot convergentie, het zoogenoemde fusie-vermogen, is soms in hooge mate gestoord, zonder dat de draaiing naar het mediane vlak, afwisselend van het eene en van het andere oog, in 't minst geleden heeft. Eindelijk blijkt de specifieke innervatie bij convergentie dááruit, dat ze met accommodatie voor de nabijheid geassocieerd is.

Wij stellen ons nu voor, dat deze innervatie zich bij elken stand der bliklijnen, onafhankelijk van de innervatie, die dezen voortbracht, voegen kan, en telkens in werking treedt met het streven, om in de nabijheid te zien. En nu laat zich bewijzen, dat de hiervan afhankelijke spierwerking bij gestegen blikvlak een positieve, bij gedaald blikvlak een negatieve rolbeweging determineert, des te sterker, hoe meer het blikvlak van den primairen stand *C* is afgeweken en hoe hooger de graad is van convergentie 1). Van die rolbeweging schijnt daarmee voldoende

1) Bij een latere gelegenheid de spierwerking behandelende, hoop ik het hier beweerde duidelijk in het licht te stellen. Om er hier eenige voorstelling van te geven, diene het volgende. In den primairen stand *P* draait de *m. rectus internus* het oog

rekenschap gegeven. Niet de spierwerking, als zoodanig, — men onderscheide dit wel, — maar de innervatie, waarvan ze afhangt, wordt tot verklaring der rolbeweging ingeroepen.

Gelijke rolbewegingen nu hebben wij bij evenwijdige bliklijnen aangetroffen en haren oorsprong daar onverklaard gelaten: zou de grond, zoo eindigde ik, ook in de convergentie schuilen? En in waarheid: bestaat bij het zien naar boven en beneden een zekere neiging resp. tot divergentie en convergentie, dan moeten, om de bliklijnen evenwijdig te houden, omgekeerd de innervaties tot convergentie en divergentie daarbij in werking treden. Mij dunkt, dat het ontstaan der rolbeweging bij evenwijdige bliklijnen hiermede voldoende is toegelicht.

om een as, loodrecht op het blikvlak. In den primairen stand *C* kan die spier alleen het oog niet meer om een zoodanige as draaien, want zij heeft opgehouden in het blikvlak te liggen: zij werkt nu tevens onder een zekeren hoek op de bliklijn en zou dus bij het adduceeren ook een negatieve draaiing om de bliklijn voortbrengen. Die draaiing bestaat echter bij het convergeeren niet. Ze wordt dus gecompenseerd, en die compensatie is slechts mogelijk door gelijktijdige contractie van de onderste rechte en de onderste schuinsche spier. Beide liggen met hare antagonisten in een verticaal vlak en elk van haar heeft een composante op de transversale as en een op de gezichtsas (Onderz. Lab. III. 2. p. 385). Die op de transversale as werken in tegenovergestelden zin (hebben verschillende half-assen) en kunnen elkander dus neutraliseeren. Die op de gezichtsas werken in gelijken zin, als positieve draaiing, en neutraliseeren gezamenlijk de negatieve draaiing, die van den *m. rectus internus* uitgaat. Hoe sterker nu de convergentie en hoe grooter de daling is van het blikvlak, des te meer compensatie wordt er gevorderd. Nu is het duidelijk, dat, wanneer bij stijgend blikvlak die compenserende beweging in gelijke mate voortduurt, zij een overwicht zal verkrijgen en dat zij bij verder dalend blikvlak onvoldoende worden zal. De geconstateerde rolbewegingen kunnen daarvan 't gevolg zijn.

Intusschen zou men kunnen vragen, waarom bij convergentie het streven is uitgebleven, om bij elken stand van het blikvlak draaiing te verkrijgen om een as, loodrecht op dat vlak, om dus bij iedere helling de schijnbaar horizontale meridianen evenwijdig te houden. Bij uitzondering komt dit tot in zekere mate werkelijk voor (Helmholtz, Dr. Grossmann). Overigens geloof ik, dat zich daarop het volgende laat antwoorden. De symmetrische bewegingen werden, zooals wij zagen, schier alleen bij gedaald blikvlak gevorderd. Tusschen die daling en die bewegingen moest zich dus een associatie ontwikkelen. Kwam er nu convergentie voor bij een anderen stand van het blikvlak, dan lag in de convergentie een auxiliaire aanwijzing voor dien stand, voor de ligging dus van het gefixeerde voorwerp, en tevens een zekere aanmaning, om aan het hoofd of aan het voorwerp, wat immers bij het zien in de nabijheid zoo gemakkelijk geschied kan, een anderen stand te geven, zonder dat inmiddels uit die *voorbijgaande* incongruentie eenigerlei stoornis van het zien voortvloeide. Het streven, om in elken stand van het blikvlak bij de symmetrische bewegingen rolling te vermijden, kon zich dus niet sterk doen gevoelen. Overigens is het een feit, zooals later blijken zal, dat, wanneer men horizontale lijnen buiten den primairen stand *C eenigen tijd* convergeerend blijft fixeeren, de neiging, om door symmetrische rolbeweging de halfbeelden te vereenigen, niet uitblijft.

Wij hebben boven gezien, dat, terwijl wij met benedenwaarts blikvlak convergeeren, het vlak, waarop wij bij voorkeur zien, nog sterker achterover helt. Die sterkere helling bleek in verband te staan met den hoek  $V-H$  en werd bij iedere convergentie daarvan afhankelijk gemaakt. Maar zou toch oorspronkelijk de gekozen helling niet

de oorzaak kunnen zijn en  $V-H$  het gevolg? Werkelijk geloof ik, met die helling den genetischen grond der zoo raadselachtige incongruentie gevonden te hebben. Zoo-danige helling werd niet gekozen, omdat het binoculaire zien ze vorderde; maar zij was noodig, om het afschuiven en vallen der voorwerpen, waarmee men zich bezig hield, te voorkomen. En zoolang ons geslacht arbeid verrichtte op een vlak, naderende tot het horizontale, zonder dat bij zekere buiging van het hoofd het hellend blikvlak loodrecht op dat vlak kwam te staan, was met de neiging, om voor de halfbeelden corresponderende punten te vindiceeren, de voorwaarde gegeven voor het ontstaan der incongruentie tusschen de horizontale en verticale meridianen. En dat die neiging bestond, blijkt reeds daaruit, dat die incongruentie, eenmaal geworden, ook waar wij zonder handenarbeid in de nabijheid wenschen te zien, bijv. bij het lezen, de betrekking tusschen de richting der bliklijnen en het vlak, waarop wij zien, beheerscht. — Voor het rusten der armen was het bedoelde vlak even gewenscht. Werkt de schilder op een bijna staand vlak, dan zoekt hij een steunpunt voor zijn arm op een hellenden stok.

Helmholtz meende, zooals men weet, eene genetische verklaring voor den hoek  $V$  te vinden in het streven, den beganen grond als horopter te hebben. Intusschen maakte Hering 1) de opmerking, en de juistheid hiervan is ons door de onderzoekingen van Van Moll 2) nader gebleken, dat de waarde van den hoek  $V$  slechts bij hooge uitzondering daaraan ongeveer voldoet. Bovendien betwijfel ik, of van de zijde van den beganen grond een sterke drang

1) Beiträge. S. 348.

2) Onderz. Labor. Utrechtsche Hoogeschool. 3de reeks. III. 1. 1874.

op de corresponderende meridianen zou kunnen uitgaan. Dicht voor onze voeten is bij nagenoeg horizontaal blikvlak de ligging te excentrisch, om het onvolkomen samenvallen der halfbeelden merkbaar te doen worden, en op eenigen afstand waarschuwt elke buitengewone indruk ons vroeg genoeg, om er nog bij tijds den blik op te richten.

In de nabijheid daarentegen, binnen het bereik onzer handen, moeten wij, het eene fixeerende, het andere, dat indirect gezien wordt, kunnen grijpen, en hoe dichter het zich bij het horoptervlak bevindt, des te nauwkeuriger is, in overeenstemming met de wet van Fechner, de afstandsbeplating, die daartoe gevorderd wordt. Bij een helling, waaronder ongeveer de objecten liggen, waarmee wij ons in de nabijheid bezig houden, heeft de horoptervlak de hoogste beteekenis. Bij het zien op afstand is het voldoende, dat de schijnbaar horizontale meridianen, waarin zich de bliklijnen nu hoofdzakelijk bewegen, nagenoeg samenvallen, en dit is in werkelijkheid bereikt: is er nog eenige afwijking, het zien naar den horizont of naar horizontale lijnen corrigeert ze, zooals wij zien zullen, door symmetrische rolbeweging. De hoek der schijnbaar verticale meridianen brengt hier geen stoornis aan. Immers van stereoscopisch zien, in het bijzonder van het herkennen der helling eener staande lijn in het mediane vlak, kan bij het zien op afstand geen sprake zijn, en de constante hoek  $V$ , waaronder hare halfbeelden zich in het convergentie-punt overkruisen, blijft onbemerkt en lost zich op in de voorstelling eener gemiddelde richting. Wel is waar, zal het boven en onder het convergentie-punt gelegene indirect wat minder nauwkeurig gezien worden; maar aan nauwkeurig zien daarvan bestaat geen behoefte.

Met deze zienswijze plaats ik mij, onverminderd mijnen

eerbied voor zijne studien over den mathematischen horoptervlak, lijnrecht tegenover die van Hering. Deze schrandere geleerde acht den horoptervlak „nur dann von besondern Nutzen, „wenn sich die Augen mit fernen Dingen beschäftigen,“ van luttel waarde daarentegen bij het zien in de nabijheid, „weil die Aussendinge meist körperlich sind, und also „immerhin nur theilweise im Horoptervlak liegen könnten.“ (Beiträge. S. 262). Maar juist ten behoeve van het stereoscopische zien, — en dit ziet hij voorbij, — is de groepeerling der voorwerpen, waarmede wij ons bezig houden, in de nabijheid van een ideaal horoptervlak zoo uiterst belangrijk. Streven wij daarnaar bij iederen handenarbeid, dan zijn de condities, waaronder de arbeid geschiedde, tevens die, waaronder zich de correspondentie der netvliesen ontwikkelde. In hoeverre nu individueele oefening in staat is, deze te wijzigen, waag ik niet te beslissen. Wij weten, dat ieder oog aan de lijnen van een kruis, dat rechthoekig gezien wordt, een richting geeft in verband met de incongruentie tusschen de beide netvliesen, en dat de hoek dien de voor elk der oogen verticaal schijnende lijnen van het kruis vormen, den hoek  $V$  doorgaans tamelijk nabij komt: nu is het zeker een belangrijke vraag, die nog op hare beantwoording wacht, of, wanneer het eene oog kort na de geboorte of ook later is verloren gegaan, het overgeblevene de lijnen van het kruis zuiver rechthoekig stellen zal.

De groote individueele verschillen van den hoek  $V$  kunnen in elk geval verklaard worden uit de uiteenlopende voorwaarden, waaronder zich hetzij in het individu hetzij in het voorgeslacht de genoemde hoek ontwikkelde.

Uit bijlage II zal gebleken zijn, dat voor mijne oogen de voor den primairen stand C gevorderde helling van het

blikvlak niet constant is, maar met toenemende convergentie afneemt. Ik meende aanvankelijk hierin een grond gevonden te hebben van de rolbeweging, die in positieven zin aan het rijzen, in negatieven aan het dalen van het blikvlak verbonden is. Een hooger gelegen punt ligt op het horoptervlak verder van de oogen verwijderd en wordt dus bij minder convergentie gezien, die ook minder positieve rolbeweging medebrengt, en deze zou kunnen gecompenseerd worden door eene positieve rolbeweging, aan het stijgen van het blikvlak verbonden. Die compensatie treedt nu in, en wel krachtens het streven, dat zich onder alle omstandigheden openbaart, om de halfbeelden van horizontale lijnen te doen samenvallen. Zou dan, zoo vroeg ik, de positieve rolbeweging, aan het stijgen van het blikvlak verbonden, hierin niet haren grond hebben? En is dit zoo, zoo ging ik voort, zijn wij dan niet gerechtigd, de bij evenwijdige bliklijnen aan stijgend en dalend blikvlak verbonden rolbeweging aan dezelfde oorzaak toe te schrijven?

De verklaring scheen niet onaannemelijk. Maar zij moest verworpen worden, althans als hoofd-moment, toen het bleek, dat bij anderen voor verschillende graden van convergentie genoegzaam dezelfde primaire stand C gevonden wordt. De geassocieerde innervatie gaf mij nu boven eene verklaring aan de hand, die eene meer algemeene gelding heeft.

Ik moet nu ook trachten rekenschap te geven van de exceptie, die mijne oogen opleverden. Zij schijnt mij samen te hangen met den bijzonder grooten hoek H, die, buiten allen invloed der in het gezichtsveld aanwezige lijnen gemiddeld  $0^{\circ}.8$  bedraagt en tot  $1^{\circ}$  en meer stijgen kan. Het blikvlak moet ongeveer  $50^{\circ}$  naar beneden worden gebracht, om dien hoek te doen verdwijnen. Bij convergentie zoeken wij ook zoodanige helling op, waarbij hij verdwijnt,

en het blikvlak zal, om dat te bereiken, dus altijd meer moeten dalen, dan zonder den grooten hoek H door den primairen stand C zou zijn gevorderd. Maar aangezien de negatieve rolbeweging, voor gelijke daling beneden den primairen stand C, des te sterker is, hoe sterker de convergentie, zoo zal, met toenemende convergentie de voor compensatie gevorderde daling kleiner en kleiner worden. Dit voert mij tot de conclusie, dat, afgezien van den grooten hoek H, de primaire stand C eigenlijk nog iets hooger zou liggen dan bij mijn sterkste convergentie gevonden wordt.

### III. PARALLELE ROLBEWEGING.

In 1858 trad Alexander Hueck op met de leer, dat, bij het overhellen van het hoofd naar den schouder, de beide oogen zich in den tegengestelden zin om de gezichtsassen draaien: hij ging zoo ver te beweren, dat bij een overhelling van  $25^{\circ}$  tot  $27^{\circ}$  de verticale meridianen ten gevolge dier rolbeweging haren verticalen stand nog onveranderd behouden. Die theorie vond van vele kanten bijval. Sommigen meenden ook, evenals Hueck, aan de vaten van de conjunctiva en aan de iris dergelijke rolbeweging te constateeren. Maar tegen de methode der nabeelden was zij niet bestand. Ik overtuigde mij, dat een lijnvormig nabeeld, in den primairen stand aan den verticalen meridiaan verbonden, bij de minste overhelling van het hoofd gereedelijk die overhelling volgt, en dat die meridiaan dus zelfs geen fractie van een graad verticaal blijft. De proef werd algemeen bevestigd en de theorie van Hueck ter zijde gesteld.

Eerst 25 jaren later zou blijken, dat Hueck ten deele recht had. Astigmatisme, zooals men weet, wordt door

cylindrische glazen genutraliseerd, — bij een bepaalden stand der as van den cylinder. Javal, zelf astigmatisch, neigde, gewapend met den neutraliseerenden bril, zijn hoofd ter zijde en vond, dat de correctie nu onvolkomen werd: het oog, zoo besloot hij, moest achter den cylinder om zijn as gedraaid zijn. Zoo was het inderdaad. Die draaiing bedraagt echter slechts een kleine fractie van de overhelling van het hoofd, voor geringe graden ongeveer  $\frac{1}{8}$ , voor sterke nauwelijks  $\frac{1}{10}$ , — eenigszins verschillende bij verschillende personen, — en ze kon dus bij de proef met het nabeeld ligt verborgen blijven: inderdaad, wie de proef neemt, komt in den waan, dat de helling van het nabeeld aan die van 't hoofd gelijk is. Op verschillende wijzen kan men zich nu echter overtuigen, dat het nabeeld achterblijft bij deze 1). De kleine toestel, boven beschreven (bl. 7), die tot contrôle der wet van Listing en D. diende, laat zich daarvoor gebruiken. Eerst de basis van den gekleurden strook en eenige sekunden daarna den top fixeerende, ziet men het nabeeld in de verlenging van den strook. Maar neigt men, na fixatie, het hoofd ter zijde, dan ziet men het nabeeld aan den top een hoek maken met den strook: de strook ligt dus niet meer in den meridiaan, waarin hij lag, toen hij het beeld vormde, waarvan zich nu het nabeeld vertoont. — Ook om de rolbeweging aan de iris en de vaten der conjunctiva te zien, heb ik een middel aan de hand gedaan. De door Hueck waargenomen rolbeweging had ik gemeend, aan de vergezellende beweging der bliklijn te mogen toeschrijven. Om die uit te sluiten, liet ik het oog zich zelf waarnemen in een spiegeltje, dat met een mondstuk tusschen de tanden

1) Zie de proeven Helmholtz, Skrebitsky, Nagel, Woinow en bij Mulder, l. c.

werd geklemd, en terwijl de richting der bliklijn in betrekking tot het hoofd nu onveranderd bleef, kon ik geen rolbeweging van het oog ontdekken. De methode is, in beginsel, onberispelijk en heeft later in betrekking tot andere vraagstukken groote diensten bewezen; maar de juistheid der waarneming schoot te kort: met evenwijdige bliklijnen ziende, kon ik voor den kleinen afstand van het spiegelbeeld niet accommodeeren, en met een convex brilglas voor het oog was het verschijnsel nog minder te zien. In plaats van een gewoon spiegeltje, neem ik nu een op de achtervlakte verfoeliede biconvexe lens (No. 3) en overtuig mij zonder moeite, dat het oog, in het algemeen de overhelling van het hoofd volgende, toch ook een kleine rolbeweging ondergaat in tegengestelden zin.

De rolbewegingen zijn voor beide oogen constant even groot, en dus werkelijk parallel. Ik overtuigde mij hiervan door op een mondstuk twee staande staafjes te plaatsen (No. 39), op 70 mm. van elkander en resp. evenwijdig aan de twee schijnbaar verticale meridianen; zij vertoonden dus, bij evenwijdige bliklijnen, parallelle halfbeelden nabij elkander, en — deze blijven parallel bij alle bewegingen van hoofd en tronc.

Om de rolbeweging als functie der overhelling te meten, is de nauwkeurigste methode die, welke Dr. Mulder in mijn laboratorium volgde. Het voor die proeven door mij geconstrueerde werktuig (No. 41) bestaat uit een hoofdhouder, draaiende om een horizontale as, loodrecht op de grondlijn (overhelling dus naar den schouder), en in iederen stand door den waarnemer snel en gemakkelijk vast te zetten. Bij daarin bevestigd hoofd, en wel nauwkeurig in den primairen stand, fixeert het oog 20 sekunden ongeveer een lichtlijn van gasvlammen op afstand, als middellijn

van een groote schijf, dooft ze door een kleine handbeweging tot op een minimum uit, draait nu het hoofd in den hoofdhouder en zet dezen door een tweede handbeweging weder vast, juist terwijl het nabeeld met een uitgespannen middellijn der schijf van bekende richting samenvalt: het verschil tusschen de helling dezer middellijn en die van het hoofd, beide scherp te bepalen, is de rolbeweging. Zij komt zoowel bij convergentie als bij evenwijdige bliklijnen voor.

Ik moet hier nog bijvoegen, dat, zooals reeds door Breuer beweerd was, de rolbeweging bij snelle overhelling aanvankelijk iets verder gaat, om echter in minder dan een secunde weer terug te wijken.

Wanneer wij naar een verklaring zoeken van de parallelle rolbewegingen dan is de eerste vraag deze: kennen wij andere bewegingen, die onder analoge voorwaarden ontstaan?

Nagel heeft gevonden dat, bij ligging op den rug eene draaiing om de vertikale as van het lichaam rolbeweging voortbrengt; maar, goed geanalyseerd, blijkt deze een direct uitvloeisel te zijn van de boven behandelde.

Werkelijk analoog, maar toch verschillend van deze, is in de eerste plaats de rolbeweging, die ontstaat, wanneer, bij horizontaal naar beneden gericht aangezichtsvlak, het hoofd in een horizontaal vlak wordt heen en weer bewogen. Die rolbeweging is door Breuer 1) onderzocht. Hij richtte de proef zoodanig in, dat het hoofd, bij naar beneden gericht aangezichtsvlak, draait om eene as, die, loodrecht op de grondlijn, van den neuswortel naar het

1) Ueber die Function der Bogengänge des Ohrlabyrinthes. Medicinische Jahrb. I. 1874.

achterhoofd gaat. Ook naar andere methoden werd ze door Mulder en mij onderzocht en bevestigd gevonden. Deze rolling is echter slechts een voorbijgaande: uit den aard der zaak kan ze niet blijvend zijn.

Voorts, de zijdelingsche beweging der oogen bij draaiing van het hoofd om de verticale as: vraagt men iemand, het hoofd heen en weer te bewegen (het gebaar der ontdekking), dan zal men meestal vinden, dat het oog die bewegingen of niet of onvolkomen volgt; eveneens, wanneer men, achter iemand staande, met de op de slapen gelegde handen diens hoofd de gezegde beweging doet ondergaan. Bij gesloten oogen vertoont het nabeeld eener vlam daarbij ook minder uitgebreide bewegingen dan het hoofd.

Duidelijk toonen de schokkende bewegingen van een nabeeld bij voortgezette draaiing om de lengteas van het lichaam, dat de bliklijnen daarbij ook telkens achterblijven.

Bij draaiing van het hoofd om een dwarse horizontale as hebben de oogen almede de neiging dezelfde voorwerpen te blijven fixeeren, zooals het vizier van een tusschen de tanden geklemd staafje leeren kan.

Voorts met sterk gebogen hoofd, het aangezicht horizontaal, den blik op den grond vestigende, overtuigen wij ons, op dezelfde wijze, dat de oogen de buiging niet volkomen volgden, en bewegen wij ons nu in dien stand voor- en achterwaarts, dan bestaat even kennelijk een zekere drang, om den blik met het voorbischuivende vlak te laten medegaan.

Bij den gewonen gang gaat het hoofd voor iedere schrede op en neer, zonder eenigen invloed op het fixeerpunt, en ook bij het gaan zitten en oprijzen van den stoel wordt dikwijls de hoofdbeweging gecompenseerd.

Eindelijk, wanneer men, in een wagen passief voor- of achteruit bewogen, den blik ter zijde heeft gericht,

heeft men moeite, om door abstractie van alle voorwerpen de oogen bewegeloos in de orbita te fixeeren: telkens blijven ze als aan de voorwerpen hangen, om dan weêr een kleinen sprong te doen.

Bij gesloten oogen duren, zooals de nabeelden leeren al die verschijnselen meer of minder voort, en waarschijnlijk zal men ze ook bij blinden aantreffen.

Deze feiten nu toonen aan, dat er een neiging bestaat, de bewegingen van het hoofd en van het lichaam door oogbewegingen te compenseeren, een neiging dus, om voorwerpen, die werkelijk in rust zijn, zoolang het ons niet te doen is om andere voorwerpen te zien, aan dezelfde punten van het netvlies gebonden te houden. Bij de gewone bewegingen van het hoofd komt die neiging reeds sterk uit. Levendige personen, met wie wij in gesprek zijn, maken voortdurend allerlei gesticulaties met het hoofd en houden daarbij meestal onveranderd den blik op ons gevestigd. Velerlei mechanische arbeid vordert bewegingen van het hoofd, terwijl de blik voortdurend op hetzelfde punt moet gericht blijven: ook hier zijn de compenseerende oogbewegingen onmiddellijk en gelijktijdig gegeven. 't Is het tegengestelde van hetgeen wij zien gebeuren, wanneer een indirect gezien punt onze aandacht en daarmede den blik tot zich trekt: de oogen snellen derwaarts, en het hoofd, ja het geheele lichaam, werken in gelijken zin en volbrengen een deel van den weg: de associatie is zoo dringend, dat er veel wilskracht vereischt wordt, om ze te overwinnen. Doch schier even regelmatig werkt de compenseerende associatie, die wij hier ter sprake brachten, en die wij tot verklaring der rolbeweging wenschen in te roepen.

Neigen wij het hoofd *langzaam* naar den schouder, terwijl wij bijv. een verticale lijn beschouwen, dan com-

penseert de voorstelling dier beweging den overgang van het beeld op andere meridianen: de lijn schijnt niet van richting te veranderen. Voor een lichtlijn in het duister is intusschen die compensatie ontoereikend: deze schijnt dan naar de tegenovergestelde zijde over te hellen en, om verticaal te schijnen, moet ze naar dezelfde zijde geneigd zijn als het hoofd.

Geschieden de bewegingen *snel* en daarbij afwisselend links en rechts, dan beantwoordt de verticale lijn die onder alle omstandigheden met bewegingen rechts en links. Zoo weinig absolute aanwijzing de meridianen ons omtrent helling geven, zoo nauwkeurig verraden ze bij vergelijking de hoeken, waaronder twee lijnen zich in het gefixeerde punt kruisen; en het is nu zeer begrijpelijk, dat, wanneer met betrekkelijk groote snelheid het beeld van den eenen op den anderen meridiaan overgaat, ondanks het compenseerend bewustzijn der hoofdbeweging, schijnbeweging, uit de netvliesindrukken als geabstraheerd, zich opdoet. Meer nu is er niet noodig, naar hetgeen wij gezien hebben, om den aanstoot tot rolbeweging te geven. Juist dat deze bij snelle bewegingen, waarbij, zooals ons boven gebleken is, de schijnbeweging het sterkst is, zich als voorbijgaande rolbeweging ook sterker ontwikkelt, is het zekerst bewijs, dat zij in de neiging tot compensatie haren grond heeft, en wij mogen ze hiermede genetisch verklaard achten. Aan de andere zijde, vinden wij de verklaring van hare onvolkomenheid in den minder sterken dwang tot het binden der meridianen dan tot het vasthouden der gefixeerde punten, waartoe de boven besprokene analoge gevallen betrekking hebben, maar waaraan de zijdelingsche overhelling van het hoofd geen afbreuk doet.

De associatie tusschen de rolbeweging en de over-



helling van het hoofd is zoo innig, dat zij bij gesloten oogen, bij blinden, ja zelfs, naar het schijnt, bij blindgeborenen niet ontbreekt. Hieruit te besluiten, dat zij niet van de netvliesindrukken zou uitgaan, verraadt gebrek aan inzicht in den oorsprong van het verband onzer verichtingen.

Ook kan het niet bevreemden, dat de van rolbeweging afhankelijke stand der oogen, zoolang de overhelling duurt, in genoegzaam constanten graad aanhoudt, te minder, omdat die stand zou kunnen bijdragen tot eene juistere voorstelling omtrent de richting in de ruimte, zooals, in aansluiting aan Nagel's verklaring van de rolbeweging, door Mulder werd betoogd.

De merkwaardige ontdekking van Flourens (1842), dat na het doorsnijden der halfcirkelvormige kanalen van het inwendig gehoor de dieren slingerende en tuimelende bewegingen vertoonen, heeft in onzen tijd door de onderzoekingen van Goltz, Mach, Breuer en Brown tot de theorie geleid, dat die kanalen zintuigen zouden zijn „für das Gleichgewicht des Kopfes und mittelbar des „ganzen Körpers.“ De leer is deze: „dass die Ampullen-„nerven, vermöge ihrer specifischen Energie, jeden Reiz „mit einer Drehempfindung beantworten“ (Mach).

Genoemde schrijvers schijnen nu geneigd, om alle bewegingen van het oog, die het gevolg zijn van bewegingen van het hoofd of van een veranderden evenwichtstoestand, uit dat zoogenoemde evenwichtsorgaan af te leiden. Breuer vooral gewaagt telkens van reflex-bewegingen, ten gevolge van prikkeling van de zenuwen der ampullae. In de eerste plaats dient te worden opgemerkt, dat het woord *Reflex* hier niet in den gewonen zin gebruikt is. Reflex wordt ondersteld

zonder bewustzijn te kunnen verloop, en bij de prikkeling van het evenwichtorgaan is daarentegen de gevolgde beweging onafscheidelijk van de voorstelling. En dit brengt ons tot het cardinale punt: de voorstelling zelve is de voorwaarde der beweging, en iedere factor, die de voorstelling uitlokt, bepaalt daarmee tevens de daarvan afhankelijke bewegingen. Zoo overtuigen wij ons gemakkelijk, dat alle kleine hoofdbewegingen, bij het fixeeren van een voorwerp, *gelijktijdig* door geassocieerde beweging der oogen gecompenseerd worden. En merken wij dit op bij draaiing van het hoofd om de verticale en horizontale as (vergl. bl. 50), er bestaat geen de minste reden, om het niet evenzeer van toepassing te achten op de rolbewegingen, die aan zijdelingsche overhelling van het hoofd verbonden zijn. Moest hierbij door beweging van het hoofd een spanning der endolympe voortgebracht en aan de ampullae medegedeeld worden, om eerst dan reflex-beweging uit te lokken, dan zou deze wel ongeveer  $\frac{1}{10}$  seconde achterblijven, en iedere beweging van het hoofd zou beginnen, met het fixatiepunt te veranderen. Bij de willekeurige beweging schrijven wij dus de bewegingen van het hoofd en van de oogen aan gelijktijdige, of, indien men wil, aan een en dezelfde gecompliceerde impulsie toe. Ook waar wij het oogenblik eener passieve beweging kunnen voorzien, weet de impulsie het juiste moment voor de spiercontractie te treffen, vóór die passieve beweging haren invloed nog doet gevoelen. In het algemeen wapenen wij ons met onzen wil tegen hetgeen wij voorzien, en de oogen zijn daarbij de zekerste wachters. Met gesloten oogen wordt de beste ruitser bij onverwachte sprongen van het paard uit den zadel geworpen. Alléén dus, waar de bewegingen van het hoofd niet voorzien zijn, zou wellicht aan het evenwichtsorgaan een plaats kunnen worden

ingeruimd. Maar ook dan is het de vraag, of de verschuiving der beelden op het netvlies niet reeds spoediger en zekerder de corresponderende bewegingen zou uitlokken.

Reeds boven (bl. 49) werd bewezen (N<sup>o</sup>. 39, mondstuk met verticale staafjes), dat de parallelle rolbeweging op beide oogen gelijktijdig en in gelijken graad geschiedt. Ook merkte ik op, dat de controleur der wetten van Listing en D. leeren kan, in hoeverre de wet van Listing bij de aan zijdelingsche overhelling verbondene rolbeweging nog geldig blijft. Die vraag verdient wel een nader onderzoek.

#### IV. ZELFSTANDIGE SYMMETRISCHE ROLBEWEGING.

Wij hebben hier te handelen over een rolbeweging, waarbij de beide oogen gelijktijdig naar de mediaan- of naar de temporaal-zijde, dus symmetrisch, om hunne bliklijn draaien, onafhankelijk niet slechts van andere bewegingen der bliklijn, wat ook van de parallelle rolbewegingen geldt, maar tevens onafhankelijk van de bewegingen van hoofd en tronk. Uitgebreid is deze symmetrische rolbeweging niet, maar belangrijk is ze in hooge mate, omdat haar verband tot de optische functie zoo kennelijk in het oog springt.

Mijne proeven met het isoscoop voerden mij tot de studie der symmetrische rolbeweging. Ik wenschte met dat werktuig den stand der meridianen bij iedere richting der bliklijnen te onderzoeken. Maar nu bleek reeds bij de eerste proeven, dat zich daarbij nog andere factoren doen gelden, en dat bepaaldelijk de in het gezichtsveld aanwezige voorwerpen op den stand der meridianen invloed oefenen. Die invloed moest nu in de eerste plaats worden onderzocht.

Rolbeweging onder den drang der netvliesbeelden is niet geheel onbekend. Vóór meer dan 25 jaren toonde ik aan, dat, wanneer men door een zwak voor het eene oog te houden prisma het netvliesbeeld dier zijde verplaatst, hetzij naar binnen of buiten, hetzij ook naar boven of beneden, de drang tot enkel zien bewegingen uitlokt, die de beelden op corresponderende punten terugbrengen. Later nu deed Helmholtz, door een eigenaardige combinatie van twee prisma's, het beeld voor het eene oog ter zijde neigen en overtuigde zich van het streven, om ook deze afwijking, en wel door rolbeweging, te corrigeeren. Reeds vroeger had Nagel onder den invloed van in hun vlak gedraaide stereoscopische figuren rolbeweging zien ontstaan, en Hering, die aanvankelijk Helmholtz had bestreden, moest, na herhaling der proeven van Nagel, het pleit gewonnen geven. 't Is een langzaam zich ontwikkelende beweging, niet ongelijk aan die, welke op verplaatsing van het eene netvliesbeeld naar boven en beneden volgt. Maar in dat verschijnsel schijnt men niets meer gezien te hebben dan het effect van een abnormalen drang: was het oog in staat, daaraan te gehoorzamen, dit kon, zoo meende Nagel, daarom niet bevreemden, wijl rolbeweging, als geassocieerd aan zekere bewegingen der bliklijn, in het algemeen niet vreemd is aan het oog. Ik twijfel, of rolbeweging onder abnormalen drang zou mogelijk geworden zijn, indien haar niet bij 't gewone zien eene zelfstandige beteekenis ware toegekomen. Alvorens deze laatste op te sporen, meen ik de voornaamste resultaten van kunstmatige rolbeweging, als ik ze zoo noemen mag, met het isoscoop verkregen, te moeten vermelden 1).

1) Onderz. physiol. labor. Derde reeks. II, 2. bl. 45 en Arch. ophth. B. XXI. 3. S. 100.

De rolbeweging wordt met het isoscoop gemeten als de verandering van den hoek, die de schijnbaar gelijk gerichte meridianen, bepaaldelijk de schijnbaar verticale en horizontale, met elkander vormen. Vooral aan de schijnbaar verticale heb ik die verandering onderzocht. De hoek, dien ze vormen, is, zooals wij zagen, altijd positief en voor mijne oogen bijzonder groot, bedragende niet minder dan  $3^{\circ}.3$ . Dit is de hoek  $V$ , waaronder ik twee staande draden in het isoscoop stel, om ze evenwijdig te doen schijnen. Zet ik nu deze proeven lang voort, ziende door een wijden cylinder en met een grauw scherm als achtergrond, zoodat zich buiten die draden niets in 't gezichtsveld vertoont, telkens de draden schijnbaar evenwijdig stellende, dan stijgt die hoek allengs tot  $4^{\circ}.3$ . Een uur later is dat effect nog niet geheel verdwenen. Onafhankelijk van alle proeven, stijgt  $V$  een weinig in den loop van den dag.

Stel ik bij de proef de draden onder een grooteren hoek dan  $3^{\circ}.3$ , dan neemt  $V$  spoedig toe, vooral wanneer ik ze bij afwisseling (onder geringe divergentie) laat samenvallen; stel ik ze onder een veel kleineren, dan neemt  $V$  spoedig af: ik kreeg zodoende in een paar minuten eene speling tusschen  $2^{\circ}.88$  en  $4^{\circ}.85$ .

Ik plaatste achter het raam van het isoscoop twee reeksen breede zwarte lijnen, eene reeks voor het rechter, eene voor het linker oog, en in het raam, tot aanwijzing der schijnbaar verticale meridianen, twee roode koorden, als gewoonlijk op een onderlingen afstand van 70 millimeter. De twee reeksen konden evenwijdig gesteld worden, maar, naar verkiezing, ook onder een positieven of negatieven hoek: altijd vertoonde zich de neiging, ze door rolbeweging onder den gewonen hoek te doen samensmelten. Zoo verkreeg ik binnen weinige minuten eene speling van  $V = 4^{\circ}.65$

tot  $V = -0^{\circ}.11$ . Door aftrekking der waarden van  $V$  van den hoek, waaronder de twee reeksen stonden, werd de hoek gevonden, waaronder ze samengesmolten waren. Deze hoek is bij stereoscopische combinatie dikwijls te hoog geschat, omdat men de compenseerende rolbeweging niet kende.

Ook wanneer men een staafje, dat zich achter het raam van het isoscoop in het mediaan-vlak bevindt, afwisselend voor en achterover hellend, bij convergentie fixeert, doet de invloed der halfbeelden zich op den stand der verticale meridianen gelden. Ik verkreeg daarmede een speling tusschen  $V = 2^{\circ}.6$  en  $4^{\circ}.98$ .

Is bij al deze proeven ook maar een enkele horizontale draad in het isoscoop gespannen, zoo houdt deze de meridianen in bedwang. Noch het lang voortzetten der proeven, noch de richtingen der halfbeelden van lijnen of staafjes vermogen dan den hoek  $V$  belangrijk te wijzigen.

De halfbeelden van horizontale lijnen beheerschen dus zeer kennelijk die van verticale. Hierdoor zijn zij de basis van het stereoscopische zien. Onder haren invloed stellen de oogen zich zoo, dat de gezegde halfbeelden nagenoeg in de schijnbaar horizontale meridianen samenvallen, en bij dien vasten stand krijgt de hoek der schijnbare verticale eerst zijne stereoscopische beteekenis. De aanwijzing is valsch, wanneer men kunstmatig rolbeweging vordert, om de horizontale halfbeelden te doen samenvallen: richt men de bliklijnen, met overkruising, op twee stelsels van lijnen, die in tegengestelden zin een weinig van de horizontale richting afwijken, dan brengt de neiging, om ze te doen samenvallen, die draaiing om de bliklijn voort, en een verticale draad, door het convergentiepunt gaande, schijnt nu in het mediane vlak, naar gelang der draaiingsrichting, voorover of achterover

te hellen. Voor die merkwaardige proef kan men het isocooop bezigen 1).

Onder verschillende omstandigheden komt nu bij 't gewone zien de symmetrische rolbeweging voor, die wij hier, onder den invloed van kunstmatige halfbeelden, leerden kennen. In de eerste plaats bij het convergeerend fixeeren van horizontale lijnen buiten den primairen stand C. Reeds boven (bl. 42) maakte ik daarvan melding. Ik deed opmerken, dat de hoek der halfbeelden daarbij noopte den gezegden primairen stand op te zoeken. Maar niet altijd kan daaraan gevolg gegeven worden. Het voorwerp is, onder de gegevene omstandigheden, niet wel verplaatsbaar en de bewegingen van het hoofd vinden bezwaar: nu draaien de oogen om de bliklijn en de horizontale halfbeelden naderen tot gelijke richting. Het isocooop toont dit al weder aan in de verandering van den hoek V. — Ook bij het zien en behandelen van verticale en van meer of minder hellende lijnen in of nabij het mediane vlak kan men eene accommodatieve rolbewegingen constateeren, vooral, wanneer de oogen niet te sterk onder de controle staan van nagenoeg horizontale lijnen. Eenige weinige proeven zijn voorts toereikend, om hare accommodeerende werking bij asymmetrische convergentie te leeren kennen. Rust nu de blik een korten tijd op eenig punt, dan doen, behoudens een zekere suprematie der horizontale lijnen, alle in het gezichtsveld aanwezige gemarkeerde punten en lijnen hunnen invloed op den stand der oogen gelden, inzonderheid die, waarop de aandacht zich bijzonder vestigt, in het algemeen dus de nabijheid van het directe zien, maar

1) Op de beteekenis dezer verschijnselen voor het stereoscopische zien kom ik bij een latere gelegenheid terug.

toch ook zelfs, zooals het isocooop mij al weder leerde, lijnen nabij de grenzen van het binoculaire gezichtsveld, waarop men zelfs niet gelet had.

Iedere stand der oogen zoekt dus in kleine schommelingen om de bliklijn zijnen horoptor, in verband met de beelden van het gezichtsveld. Zoo uit zich onbewust het streven, om den stand der oogen naar de eischen van het binoculaire zien te accommodeeren. In zoodanig streven ligt de oorsprong der symmetrische rolbeweging opgesloten.

*Bijlage I.* In het Archiv f. Ophth. Bd. XVIII, 1. S. 53 komt een onderzoek voor van den Heer Dobrowolsky, waarvan het resultaat is, dat op 21 personen, bij convergentie in den primairen stand P, niet minder dan 14 maal *negatieve* rolbeweging zou zijn waargenomen. Dit gaf mij aanleiding, om mijne bepalingen over vele personen uit te strekken; maar het is mij, evenmin als aan andere zelfstandige waarnemers, mogen gelukken, een enkel geval van daarbij voorkomende negatieve rolbeweging aan te treffen. Voor een deel werden de proeven genomen na nauwkeurige bepaling van den primairen stand P, onder anderen door Engelmann, Bouvin, Mulder, van Rees, Winkler, Grosman, van der Ven, Goenee. Bij anderen bepaalde ik mij tot het eenvoudig rechtstandig plaatsen van het hoofd, zeker nagenoeg in den primairen stand P: bij dezen werd de methode gebezigd, die ook Dobrowolsky op aanwijzing van Helmholtz had aangewend, bestaande in het vereenigen van twee stralen der Volkman'sche schijven, in een spiegel-stereoscoop met draaiende spiegels gezien. Men laat eerst de stralen, door stereoscopische combinatie der kleine ringen, die zij dragen, onder het draaien der spiegels volgen, zoo mogelijk totdat de bliklijnen evenwijdig zijn, en terwijl de eene straal horizontaal is gesteld nu aan den anderen met de hand schijnbaar dezelfde richting geven. Is dit geschied, dan draait men de spiegels in tegengestelde richting, zoodat er meer en meer convergentie wordt gevorderd. De waarnemer bemerkt, dat de stralen zich nu niet meer evenwijdig vertoonen, maar een gebroken lijn vormen, en wordt nu verzocht den eenen straal zoo te draaien, dat ze weder evenwijdig worden. Constant nu werd deze draaiing uitgevoerd in zoodanigen zin, als na positieve rolbeweging moest gevorderd worden.

Een overzicht dier proeven geeft de volgende tabel:

Naam.	Ouderdom.	Refractie.	Positieve rolbeweging.
Kränchel	29	E	2°.7
Van Moll	25	E	3°.4
Engelmann	29	M $\frac{1}{20}$	3°.3
Küster	28	E	3°.3
Lentink	29	M $\frac{1}{40}$	2°.2
Luchtman	22	E	1°.2
V. D. Post	21	E	4°.0
Mulder		E	4°.05
Frank	32	M $\frac{1}{10}$	4°.0
Callan		M	5°.2
Backer	24	E	5°.0
Van Lunteren	25	E	4°.25
V. D. Loo	21	E	4°.0
V. D. Heuvel	26	Ah	2°.0
Paling	19	E	5°.25
V. D. Ven.	22	E	5°.5
V. D. Meulen	25	E	4°.3

Na deze uitkomsten komen die van Dobrowolsky mij problematiek voor. Wellicht is niet voldoende acht gegeven op den primairen stand: bij betrekkelijk kleine afwijkingen daarvan zouden Engelmann, Van Moll, Küster en Grossmann negatieve rolbeweging hebben kunnen vertoonen.

Hetzelfde geldt van Dastich, ik meen ook van Nagel en Claparède.

*Bijlage II. a.* Reeds in 1873 heb ik eenige onderzoekingen gedaan over den primairen stand C (verg. Onderzoek. Lab. III. p. 380), mij daarbij van het isoscoop bedienende, en toen reeds opgemerkt, dat bij sterke convergenties de hoek  $s$  afneemt en nu aanvankelijk voor mindere convergenties kleiner blijft, bij divergentie daarentegen een weinig stijgt. Zoo teekende ik aan:

1.	conv. op 150 m.m. na gewoon werk,	$s = 40°.1$
2.	" " " " na 2 min. divergentie	44°.5
3.	" " " " onmiddellijk daarna	41°.8
4.	" " 100 " "	33°.20
5.	" " 150 " " onmiddellijk daarna	36°.55
6.	" " " " onmiddellijk daarna	36°.95
7.	" " " " na 3 min. divergentie	45°.33
8.	" " " " onmiddellijk daarna	41°.76

Thans de proeven met het horopteroscoop herhalende, verkrijg ik gelijke resultaten. Een paar reeksen, op verschillende dagen genomen, mogen hier plaats vinden.

mm.	I.	II.
conv. op 977.	42.	45.
648.	42.	44.
234.	40.	41.
212.	40.6.	41.2.
194.	35.7.	37.2.
178.	37.	38.
153.	36.7.	35.2.
134.	34.5.	33.7.
120.	32.7.	35.3.

Bij het maximum van convergentie had ik als minimum  $s = 27°.2$ , bij de gewone convergentie een speelruimte tusschen  $37°$  en  $40°$ . — Voor de uiteenloopende waarden van den hoek  $s$ , ook bij dezelfde convergentie, vindt men bl. 47 in den tekst eene bevredigende verklaring.

Bij de meeste waarnemers werd voor verschillende graden van convergentie  $s$  nagenoeg gelijk gevonden. Zoo bedroeg op vier verschillende dagen bij den Heer Bouvin  $s$  gemiddeld  $24°.8$ ,  $24°.3$ ,  $24°.1$  en  $23°.2$ , met vrij groote afwijking in de afzonderlijke waarnemingen, maar zonder kennelijken invloed van de graden van convergentie. Hetzelfde gold voor Goenee, wiens gemiddelden op 3 verschillende dagen  $25°.7$ ,  $26°.5$  en  $25°.7$  bedroegen. Mulder vond ongeveer  $35°$ , Winkler  $25°$ , van Rees  $27°$ , van de Ven tusschen  $20°$  en  $30°$ . In zijn Binocularsehen (S. 96) zien wij, dat Hering voor zich zelf ongeveer  $20°$  vond en dat voor Meissner eene vrij groote positieve, voor von Recklinghausen  $s = 35°$  mag aangenomen worden. Ook Volkmann en Welcker hadden positieve hoeken. Dat ook hetzelfde gold voor de verschillende waarnemers, die in den primairen stand P bij convergentie een positieve rolbeweging waarnamen (zie bijlage I), valt niet te betwijfelen.

Hiertegenover staan nu anderen, minder in getal, bij wie  $s$  zeer klein of zelfs  $= 0°$  wordt, zooals bij Helmholtz, Engelmann en Grossmann, ook bij Nagel (naar ik meen mij te herinneren); maar van negatieve waarden heb ik, buiten de 14 op 21 van den Heer D., nergens een geval vermeld gevonden.

*b.* Met het horopteroscoop werd nu tevens de kanteling van het vlak bepaald, waarin de schijnbaar verticale meridianen zich sneden. Die bepalingen lieten in nauwkeurigheid wel te wenschen over; maar bij allen was toch het verband met den hoek V—H en

het afnemen van  $\alpha$  met toenemende convergentie gemakkelijk te constateeren.

Een paar reeksen mogen hier plaats vinden:

I.	
	$\alpha$
Converg. op 1000 m.m.	45° 9
" " 750 "	44.8
" " 500 "	43.3
" " 234 "	37.6
" " 150 "	33.9
" " 126 "	34.
" " 108 "	33.5
" " 95 "	33.5
" " 84 "	32.3

II.		(m = 1° 25)	
Converg.	$\alpha$ , gevonden	Converg.	$\alpha$ , berekend
976	35° 2	999.4	34° 17
733	27° 7		
488	20° 22	498.9	18° 50'
231	11° 3, 9° 7	197.3	11° 34'
		146.4	7° 46'
142	6° 3, 6° 55	94.5	
122	5° 15		
100	3° 2		3° 54'

Er zijn verschillende redenen, waarom een groote nauwkeurigheid voor de waarden van  $\alpha$  niet te bereiken is. Het werktuig laat geen scherpe bepaling toe maar ik ben ook overtuigd, dat de scherpste bepalingen groote afwijkingen zouden vertoonen, dewijl de gezichtsfunctie zelve een vrij groote speling toelaat. — De berekening stuit op het bezwaar, om voor V—H, en daarmede voor  $m = \frac{1}{2}$  (V—H) juiste cijfers te vinden. Het wankelbare van V en H maakt gelijktijdige bepaling van beide noodzakelijk, en hierbij leverden verschillende methoden weder onderling afwijkende resultaten op. Ook met de absolute waarden van V en H (door rolbeweging) verandert de waarde van V—H, een uitkomst, waarvan ik niet in staat ben rekenschap te geven.

In het vervolg van mijn onderzoek, in de onderzoekingen. D. III. 2. bl. 45 en in het Archiv f. Opth. B. XXI. 3 voorkomende, zal de bepaling van H en van V—H nader ter sprake komen.

## DIE DIRECTIONSKEISE DES BLICKFELDES

VON

Dr. F. KÜSTER.

Hierzu Tafel II.

Augenmaass nennen wir unsere Befähigung, mittelst des Gesichtssinnes zu bestimmten Vorstellungen über die räumliche Anordnung der gesehenen Dinge zu gelangen. Dasselbe umfasst, genauer ausgedrückt, sowohl die Beurtheilung von Entfernungen oder Ausdehnungen als von Richtungen und Winkelgrössen. Der Ausbildung dieser Fähigkeit nachzugehen, ist — seitdem einmal die Anschauung, dass dieselbe eine mit Hilfe des Sinnen-gedächtnisses erworbene sei, als unabweisbar erkannt ist — eine der wichtigsten Aufgaben in der Lehre vom Sehen geworden, und verschiedene Forscher haben sich derselben mit guten Erfolgen unterzogen. Die ausführlichste Besprechung der Frage nach dem Ursprunge unseres Augenmaasses giebt Helmholtz im § 28 seiner physiologischen Optik. Zum leichteren Verständniss meiner eigentlichen Aufgabe ist die Bekanntschaft mit den Helmholtz'schen Auseinandersetzungen so wesent-

lich, dass ich nicht unterlassen kann, den Gedankengang, der in dem citirten Abschnitt eingehalten ist, so kurz als möglich wiederzugeben.

Beim Gebrauche nur Eines Auges und bei Ausschluss aller Erfahrungsmomente, welche uns über die bezüglichen Entfernungen belehren könnten, stellen sich uns die Gesichtsubjecte in einer Fläche vertheilt dar. Diese imaginäre Fläche, auf der wir die gesehenen Dinge entwerfen, ist — ganz allgemein ausgedrückt — das Gesichtsfeld. Da dieser weite Begriff sich aber für den speciellen Zweck der Untersuchung als unzureichend erweist, so unterscheidet Helmholtz genauer zwischen Sehfeld, als der nach aussen projecirten Netzhaut, dem Inbegriff aller der Punkte, welche bei ruhendem Auge gleichzeitig gesehen werden, und Blickfeld, als demjenigen Theile der Gesichtsfeldfläche, deren einzelne Punkte wir, bei unverrücktem Kopfe, durch Bewegung des Blickes direct zu fixiren vermögen. 1)

Durch Bewegungen des Auges, wobei ein Objectpunkt nach dem andern auf der Stelle des deutlichsten Sehens abgebildet wird, lernen wir 2) nun zuvörderst die Anordnung der Theile eines ruhenden Objectes in der imaginären Fläche des Objectes dauernd fixiren, gewinnen wir, aus dem blossen ruhenden Eindruck der

1) In dem nämlichen Sinne sind diese beiden Begriffe im ganzen Verlaufe der nachfolgenden Untersuchung angewendet.

2) Es ist hier nicht der Ort, in die Frage einzugehen, ob und in wie weit etwa die Fähigkeit, mittels des Gesichtssinnes zu bestimmten Raumvorstellungen zu gelangen, im Beginne der Einzexistenz erworben werde — wie viel davon im Laufe der Stammes-Entwicklung unveräusserliches Erbe geworden und als solche von dem Individuum angetreten worden sei. Es genügt hier, im Allgemeinen den Gang zu skizziren, den die Ausbildung jener Fähigkeit wohl im einen wie anderen Falle genommen hat.

einzelnen Objecttheile auf die Netzhaut, ein gewisses Urtheil über die Ordnung der gesehenen Punkte in Sehfelde. Dieses Urtheil könnten wir in jedem einzelnen Falle durch Bewegungen des Auges controliren, wir haben dies aber gar nicht nöthig, denn aus tausendfach gemachter Erfahrung wissen wir genau, welche Besonderheiten („Localzeichen“) der Gesichtsempfindungen benachbarten Netzhautelementen entsprechen. Dieselbe Erfahrung lehrt uns aber nicht allein die in continuirlicher Reihe liegenden Punkte eines Objects aus den abgestuften Besonderheiten der Empfindung als jeweilig aneinander stossende erkennen. Vielmehr werden wir durch sie, da jeder Punkt des Sehfeldes (der nach aussen projecirten Netzhaut) durch diejenigen Besonderheiten der Empfindung, welche der betreffenden Netzhautstelle angehören, bezeichnet ist, angewiesen direct jene Localzeichen der Empfindung auf den Ort im Sehfelde zu beziehen, in welchen der gesehene Punkt gehört.

Liegen nun mehrere Objectpunkte oder verschiedene Gegenstände im Gesichtsfelde — wie kommen wir dann zu einem Urtheile über die Verhältnisse der Entfernungen der Punkte, respt. der Grösse der Gegenstände? Der einfachste Fall ist offenbar der, dass zwei zu vergleichende Raumgrössen, welche verschiedenen Theilen des Gesichtsfeldes angehören, so gelegen sind, dass sie nach einander auf denselben Theilen der Netzhaut (u. z. am besten auf ihrer Mitte) abgebildet werden können. Wenn alle ihre entsprechenden Punkte nach einander auf dieselben Punkte der Netzhaut fallen, so empfinden wir direct, dass die beiden Raumgrössen einander gleich sind, wobei es natürlich gleichgiltig ist, welche Form und Ausdehnung die beiden im Sehfelde haben. Im andern Falle empfinden wir ebenso direct, welcher von beiden

die grössere Ausdehnung zukommt; damit aber diese Empfindung sich zu einem Urtheil über das Verhältniss der Grössen beider Vergleichsobjecte erhebe, müssen wir dieselben nothwendigerweise nach gewissen zwischen den Endpunkten der gegebenen Raumgrössen gedachten Linien ausmessen. Soll eine solche vergleichsweise Ausmessung zweier Raumgrössen annähernd genau ausfallen, so sind Augenbewegungen dazu unerlässlich. Darum erscheint es geboten, zuerst diejenigen Linien aufzusuchen, welche uns im Blickfelde als Maass für Entfernungen dienen.

Da wir jedoch anderseits im Stande sind, auch bei vollkommen ruhendem Auge uns ein gewisses (wenn schon weniger sicheres) Urtheil über indirect gesehene Ausdehnungen des Sehfeldes zu bilden, so entsteht die zweite Frage: Welches sind die scheinbar ungekrümmten Linien, d. h. die kürzesten Entfernungen zwischen je zwei Punkten des Sehfeldes?

Um ebene Flächen auszumessen, bedienen wir uns der geraden Linien, welche die Linien constanter Richtung, die kürzesten Entfernungen in der Ebene darstellen. Das Blickfeld im Ganzen betrachtet ist aber keine Ebene; um zu erkennen, dass ein selbstständiges Stück desselben eine Ebene sei, müssten wir uns erst eine Vorstellung gemacht haben, welche Lage jener Theil des Blickfeldes im Raume hat, dazu besitzen wir aber bei monocularer Betrachtung nur höchst untergeordnete Hilfsmittel. In der That stellen wir uns das Blickfeld als eine gekrümmte Fläche vor, gewöhnlich so, als wären alle Punkte dieser Fläche von unserem Auge gleichweit entfernt, m. a. W. als eine Hohlkugel, die vom Drehpunkte unseres Auges mit einem unendlichen Radius beschrieben ist. In diesem Sinne ist es einleuchtend, dass es nicht nach allen Seiten

hin gerade Linien sein können, welche unser Urtheil bei Ausmessung des Blickfeldes bestimmen. Die kürzesten Verbindungslinien zwischen zwei Punkten des Blickfeldes sind eben stets Kreisbogen, es handelt sich also darum, unter diesen Kreisbögen diejenigen herauszufinden, welche wie die geraden Linien in der Ebene, so in der Blickfeldfläche über ihre ganze Länge hin dieselbe Richtung beibehalten. Sofern das Blickfeld kugelig gedacht wird, hätte man da zuerst an die grössten Kreise zu denken, weil sie in der Kugelfläche selbst ungekrümmt sind, also die kürzesten Entfernungen zwischen je zwei Punkten der Kugel darstellen, ferner weil sich alle geraden Linien des Raumes als grösste Kreise in die Kugelfläche projectiren. Um nun zu prüfen, ob die grössten Kreise des Blickfeldes jener Forderung unveränderter Richtung entsprechen, suchte Helmholtz am gestirnten Himmel drei helle, weit von einander entfernte Sterne auf, welche in einer geraden Linie zu stehen schienen, wenn er das Gesicht so weit erhob, dass die Primärstellung der Gesichtslinien auf den mittleren Stern gerichtet war 1) In diesem Falle bleiben die Sterne in einer geraden Linie auch dann stehen, wenn man mit dem Blick die Sternreihe entlang geht. Dieselben Sterne werden jedoch „eine nach unten concave Linie zu bilden scheinen, wenn man ihre Reihe mit dem Blicke durchläuft, während das Gesicht weniger gehoben wird als vorher, die Augen im Kopfe also mehr; und sie werden als eine nach unten convexe Linie erscheinen, wenn das Gesicht mehr erhoben wird als früher, und die Augen im Kopfe also gesenkt werden müssen, um nach den drei Sternen zu sehen.“

1) Pysiol. Optik, S. 482 f. — Liegen die Objecte in unendlicher Entfernung, so macht es selbstverständlich keinen Unterschied, ob man nur ein Auge oder beide benutzt.



— Aber auch wenn man die geraden Linien eines nahen Gegenstandes mit dem Blicke durchläuft, zeigt sich dieser Unterschied der Richtung. Die Kante eines vollkommen geraden Lineals z. B. erscheint (bei darüber hin bewegtem Blick) concav nach oben, wenn man das Lineal horizontal und zu niedrig hält; hält man es zu hoch, so erscheint sie nach unten concav; erst dann, wenn man es so hält, dass die Mitte seiner Kante der Primärstellung entspricht, erscheint die Kante gerade 1). Aus diesen Versuchen folgt, dass die grössten Kreise des Blickfeldes nur dann Linien von unveränderter Richtung sind, wenn sie durch den Hauptblickpunkt gehen, d. h. wenn sie Meridiankreise des Blickfeldes darstellen. In den anderen Fällen treten Täuschungen auf. So oft nun die primär gerichtete Gesichtslinie auf den Mittelpunkt einer Geraden gerichtet ist, diese Gerade sich demnach in einem Meridiankreis des Blickfeldes projicirt, und der Blick wird längs derselben bewegt, verschiebt sich das Bild der Linie in einem Meridiankreis der Netzhaut, d. h. es werden alle einzelnen Theile der Linie nach einander auf derselben Linie der Netzhaut abgebildet, und daraus resultirt direct die Empfindung, dass die Linie vom einen Ende bis zum anderen unveränderte Richtung hat. Ein Auge aber, welches sich nach dem Listing'schen Gesetze bewegt, kann nicht nur aus der Primärstellung heraus, sondern aus jeder beliebigen Stellung in Bahnen bewegt werden, deren Stücke, wie die der Meridiane, fortdauernd auf der entsprechenden Linie der Netzhaut abgebildet werden. Mit Bezug auf ein solches Auge sind die Meridiane nur eine besondere Kategorie jener Kreise des Blickfeldes, welche Helmholtz die

1) l. c., S. 545.

Directions- oder Richtkreise des Blickfeldes genannt hat 1). Alles was von jenen ausgesprochen wurde, muss daher auf letztere überhaupt übertragen werden: Sie erscheinen fortdauernd in unverändertem Netzhautbilde, wenn die Blicklinie ihnen entlang bewegt wird, wobei das Auge sich um eine und dieselbe (feste) Achse dreht. Und jedes einzelne Stück einer solchen Linie ist jedem andern Stück congruent, weil eben bei derartiger Bewegung eines nach dem andern auf denselben Elementartheilen der Netzhaut abgebildet wird. Die Directionskreise sind also gerade so die Linien constanter Richtung im flächenhaften Gesichtsfelde, wie die geraden Linien es für die Ebene sind.

Uebergehend zur zweiten Frage: Welches die scheinbar ungekrümmten Linien sind, nach denen wir das Sehfeld ausmessen, müssen wir natürlich die in Bezug auf das Blickfeld gemachten Erörterungen auch für das Sehfeld festhalten, insofern dies gleichfalls als eine gekrümmte (Kugel-) Fläche vorgestellt wird. Darum begann Helmholtz seine Untersuchung auch dieser Frage mit den grössten Kreisen des Sehfeldes, in welche sich gerade Linien des Raumes projiciren. Wie im vorher besprochenen Falle, wählte er zunächst drei Sterne am Nachthimmel, die in einer geraden horizontalen Linie zu stehen schienen, wenn er über einen quer ausgespannten Faden nach dem mittelsten Stern visirte. Die Linie der Sterne erschien ihm aber deutlich concav, sobald er einen Punkt fixirte, der in einiger Entfernung von der Sternenreihe auf der einen oder anderen Seite derselben lag. Die Concavität der indirect gesehenen Linie ist dabei stets gegen den neugewählten Blickpunkt gerichtet. In gleicher

1) l. c., S. 493.

Weise hat Helmholtz dann weiter an Objecten untersucht, die in geringer Entfernung von dem einen geöffneten Auge lagen. Er legte einen Papierstreifen mit parallelen Rändern auf eine grosse Tischplatte und beugte sich, ein Auge schliessend, mit dem anderen den Mittelpunkt des Streifens fixirend, soweit auf die Tischplatte herab, dass keine anderen Gegenstände ihm mehr erkennbar waren. Nun schien ihm der Streifen nicht von zwei parallelen Rändern, sondern von zwei mit ihrer Concavität gegen einander sehenden Bögen begrenzt zu sein. Es erschienen also, indirect gesehen, die beiden geraden Linien in der nämlichen Weise gekrümmt, wie die Sternreihe im indirecten Sehen. In beiden Fällen hätte also das, was indirect gesehen, gerade erscheinen sollte, convex gegen den Blickpunkt 1) sein müssen. Diese Annahme wurde denn auch sofort bestätigt, als Helmholtz, einen Punkt der Tischplatte wie vorhin fixirend, sich bemühte, drei kleine Papierschnitzelchen, die er in einer gewissen Entfernung vom Blickpunkte hingelegt hatte, so zu richten, dass sie ihm in einer geraden Linie erschienen. Es zeigte sich, dass er sie jedesmal in eine gegen den Blickpunkt auf der Tischplatte convexe Linie legte, u. z. war die Convexität der Linie um so auffallender, je weiter von Fixationspunkte ab die Papierchen gelegt waren. — Eine zweite Kategorie von Kreisen einer Kugelfläche, Kreise, welche wirklich convex gegen den Blickpunkt sind, sind die Parallelkreise. (Dieselben sind stets parallel einem der grössten Kugelkreise, aber kleiner als die letzteren, theilen die

1) Im Sehfelde, als der mit dem Blicke selbst verschieblichen äusseren Netzhantprojection, giebt es natürlich nur Einen (annähernd centralen) Blickpunkt.

Kugel also in zwei ungleich grosse Stücke.) Helmholtz wandte deshalb seine Aufmerksamkeit diesen zu. Wenn er einen 3—5" breiten Papierstreifen zu einem Halbcylinder formte, das Auge in dessen Axe brachte und dann die Mitte des Papierstreifens fixirte, so erschien ihm derselbe an den beiden Enden breiter, also von zwei mit ihrer Convexität gegen einander gekehrten Bögen begrenzt zu sein. Wie demnach grösste Kreise in den peripherischen Theilen des Sehfeldes concav gegen den Blickpunkt sind, so sind Parallelkreise gegen den Blickpunkt convex, verhalten sich also gerade umgekehrt. Was als ungekrümmte Linie erscheinen soll, muss demnach eine Art mittlerer Richtung zwischen jenen beiden Kategorien von Kreisen haben. Da kann man aber an Linien denken, welche von der Beschaffenheit sind wie die Directionskreise des Blickfeldes. Diese haben in der That eine mittlere Richtung zwischen grössten Kreisen und Parallelkreisen des Blickfeldes, wie folgende einfache Betrachtung zeigt. Denken wir uns einen Punkt uns gerade gegenüber am unendlich fernen Horizont gelegen — wir befänden uns etwa auf See oder in einer weiten Ebene, die nirgends hin dem Blick begrenzt ist, —, unser Blick sei fest auf ihn gerichtet, dann ist dieser Punkt der Hauptblickpunkt und der ihm diametral gegenüber am Horizont gelegene Punkt ist der von Helmholtz 1) so bezeichnete Occipitalpunkt des Blickfeldes. Wählen wir nun irgeud einen anderen Punkt, beispielshalber einen vertical in grösserer oder geringerer Entfernung über dem Hauptblickpunkt gelegenen Punkt des Blickfeldes, und denken uns endlich eine horizontal gerichtete Gerade, welche die Kugelfläche des Blickfeldes

1) l. c., S. 492,

im gedachten Punkte tangirt. Dann können wir durch den von uns gewählten Punkt stets drei verschiedene Kreise denken, welche ganz in der Kugelfläche liegen und so beschaffen sind, dass die erwähnte horizontale Tangente der Kugel auch zu jedem von ihnen im betreffenden Punkt Tangente ist 1). Der eine dieser Kreise ist ein grösster, er theilt die Hohlkugel des Blickfeldes in zwei gleiche Hälften und geht in der hinter dem Kopf gelegenen (occipitalen) Hälfte des Blickfeldes gerade so weit unter dem Occipitalpunkte durch, als er in der frontalen Hälfte über dem Hauptblickpunkte weggeht. — Der zweite jener Kreise ist ein Parallelkreis zum horizontalen Meridian des Blickfeldes; er geht durch die hintere Hälfte des Blickfeldes gerade so weit oberhalb des Occipitalpunktes hindurch, wie in der vorderen oberhalb des Hauptblickpunktes. Eine mittlere Richtung hat nun der dritte Kreis, — welcher — kleiner als ein grösster Kreis, aber grösser als ein Parallelkreis, über dem Hauptblickpunkt ebenso hoch weglaufend, wie die beiden vorgenannten — weder oberhalb noch unterhalb des Occipitalpunktes, sondern durch denselben hindurch geht. Mit dieser Bestimmung seines Verlaufes haben wir aber dem betreffenden Kreise auch schon den Namen gegeben: es ist ein Directionskreis. Alle Directionskreise, d. h. alle Bahnen, welche die Blicklinie bei Drehung des Auges um feste Achsen, in der Kugelfläche des Blickfeldes beschreibt, gehen durch den Occi-

1) Diese Kreise hat man sich dadurch entstanden vorzustellen, das eine Ebene, in welcher jene Tangente der Kugel liegt um die Tangente selbst als Achse gedreht wird. Die Ebene schneidet die Kugelfläche nach einander allerdings in unendlich vielen Kreisen; allein uns interessiren hier nur die, im Texte selbst näher zu characterisirenden, drei von ihnen.

pitalpunkt 1). (Was von dem als Beispiel gewählten Punkte gilt, gilt ebenso von jedem anderen; nur haben, je nach der Lage des Punktes, die drei fraglichen Kreise veränderte Neigung zum Horizonte, welche durch die allen dreien gemeinsame Tangente bestimmt wird). — So lange das Auge in Primärstellung einen gegebenen Punkt fixirt, fallen Blickfeld und Sehfeld in allen Theilen zusammen, und man kann die im Blickfelde zu ziehenden Linien direct in das Sehfeld übertragen. So untersuchte denn also Helmholtz, ob die im Sehfelde als gerade erscheinenden Linien nicht die Directionskreise des Blickfeldes wären. Zur grösseren Bequemlichkeit aber projecirte er zwei Reihen, zwei auf einander senkrechten Richtungen angehöriger, Directionskreise auf die ebene Fläche einer Wandtafel, welche um ihren Mittelpunkt drehbar war, so dass er sich nach einander auch die Directionskreise anderer als der horizontalen und verticalen Richtung darstellen konnte. 2) Wenn er dann mit Einem Auge und primärgerichteter Blicklinie den Mittelpunkt der Tafel aus der bestimmten Entfernung, für welche die Figur entworfen war, unverrückt fixirte, so erschienen ihm die (als Hyperbeln) projecirten Directionskreise wirklich als gerade, jedenfalls in der Fläche des Sehfeldes nicht gekrümmte Linien, womit denn auch die zweite der oben gestellten Fragen beantwortet war.

Ueberblicken wir die angeführten Methoden, nach denen Helmholtz zu seinen Folgerungen kam, so erscheinen sie einestheils zu schwer, andertheils zu sehr auf bloss subjectiver Controle der Versuchsbedingungen ruhend, als dass man ganz scharfe gleichwerthige Re-

1) Helmholtz, l. c., S. 492.

2) l. c., S. 552 f.

sultate von ihnen erwarten sollte. So ist es gewiss nicht ganz leicht, die drei Sterne so zu wählen, dass man weder bei bewegtem Blick noch im indirecten Sehen durch die zwischen ihnen oder um sie herum stehenden Sterne beirrt werde. Die letzteren beeinträchtigen die klare Vorstellung über die Richtung der beobachteten Reihe am meisten, wenn die drei Sterne — und dies ist doch wünschenswerth — weit möglichst auseinanderstehen. Bei den Versuchen mit verschiedengeformten Papieren auf der Tischplatte fehlt ein objectiver Anhaltspunkt, ob das Auge sich in der richtigen Stellung befindet. Zudem lassen sich alle diese Methoden nicht leicht so vielfach variiren, als zu wünschen wäre. Die Untersuchung der Directionskreise mittels der Projectionen auf die Wandtafel ist allerdings von den gemachten Ausstellungen frei, doch wird auch hier der unzweideutige Eindruck nur unter wesentlichen Anforderungen an die Abstraction des Untersuchenden gewonnen. Deshalb erschien es Herrn Professor Donders wohl angezeigt, die Sache näher zu prüfen unter Umständen, wobei man gar nichts Anderes sieht als eine Anzahl in einer Reihe gelegener Lichtfunken. Zu dem Zwecke sann er darauf, einen Apparat zu construiren, an dem man alle die in Frage kommenden Kreise für die verschiedensten Theile des Gesichtsfeldes darstellen, und der zugleich zur Anschaulichmachung und Demonstration der in dieser Einleitung erwähnten Behriffe und Verhältnisse dienen könnte. Da ich um dieselbe Zeit Studien halber in Utrecht weilte, so betraute mich Herr Prof. Donders mit der Aufgabe, nach seiner Idee die einzelnen Theile des Apparates — des „Cykloskops“ wie er von seiner Bedeutung, die Kreise des Blickfeldes zu demonstriren, heissen soll — für die Versuche zweckdienlich zu ge-

stalten und dann die Helmholtz'schen Anschauungen selbst an dem Apparate zu prüfen. Dafür, sowie für die ausserordentliche Güte, womit Herr Prof. Donders überhaupt meine langausgedehnten Arbeiten im Utrechter Laboratorium ermöglichte und förderte, für die vielfache Belehrung und persönliche Anregung, die ich ihm verdanke, sei mir an dieser Stelle vergönnt, ihm meinen innigsten Dank auszusprechen.

Indem ich nachstehend die Ergebnisse meiner Untersuchungen mittheile, bemerke ich, dass in dieser Mittheilung die Beschreibung des Apparates und seiner Aufstellung unvermeidlich einen breiten Raum einnehmen musste. Wenn dadurch die Geduld des Lesers einerseits auf die Probe gestellt werden möchte, so entspringt andererseits hieraus ein wesentlicher Vortheil. Alle Vorstellungen, welche den Ausgangspunkt der Untersuchung bilden, werden mit der Demonstration des Apparates zugleich correct und klar eich einprägen und ferner die specielle Art der Einzeluntersuchungen ohne Weiteres verständlich, so dass die Endresultate um so kürzer und schärfer gefasst werden konnten.

#### Beschreibung des Cykloskops.

Die nach einer Photographie angefertigte Abbildung der Tafel II stellt den Apparat im ganzen dar, so wie er für die Versuche im Utrechter Laboratorium aufgestellt war. Sehen wir vorerst ab von dem Stuhle H I K, auf dem der Beobachtende Platz nimmt und an dem er gleichzeitig seinen Kopf fixirt, und betrachten das Cy-

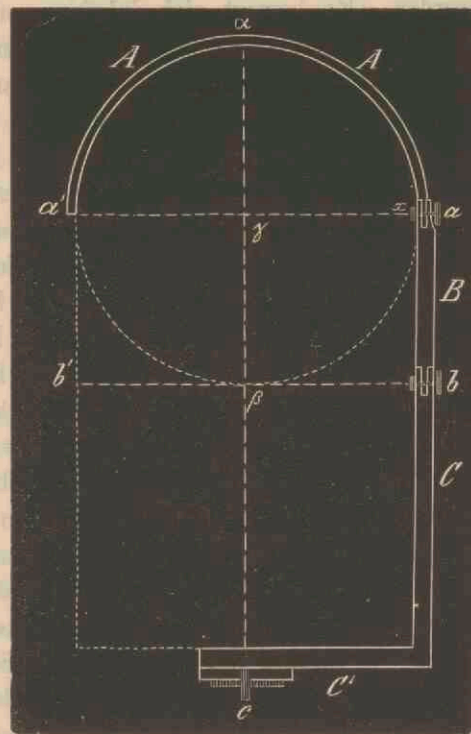
kloskop für sich allein. Wir müssen an demselben das Gerüste und eine Anzahl kleiner Vorrichtungen unterscheiden, zwischen denen die Inductionsfunken überspringen. Zum leichteren Verständniss der nachfolgenden Beschreibung gebe ich die umstehende schematische Zeichnung des Gerüsts; sie stellt dasselbe, von oben gesehen, bei horizontaler Lage aller seiner Theile und zwar in zehnfacher Verkleinerung dar. (Die ausgezogenen Linien der Figur bedeuten die Umrisse der wirklichen Theile des Apparates; die punktirten und unterbrochenen Linien existiren in der That an jenem nicht). Dieses Gerüste besteht aus folgenden Theilen:

- 1) einem Halbkreise  $AA$ , durch ein Charniergelenk verbunden mit
- 2) einem Seitenarm  $B$ ; dieser ist durch ein gleiches Charniergelenk verbunden mit
- 3) einem gebogenen Hauptarm  $CC'$ , der seinerseits drehbar ist an
- 4) einem Träger  $D$ . Dieser konnte, weil ausserhalb der Ebene der Zeichnung liegend, im Schema nicht dargestellt werden; deshalb vergleiche man die Abbildung der Tafel II.

1) Der halbkreisförmige Theil  $AA$  ist der hervorragendste Theil des Apparates. An ihm nämlich sind die Vorrichtungen zur Erzeugung der Inductionsfunken ( $m, m, m$ ) aufgesetzt. Er wird gebildet von einem vierkantigen schwarzlackirten Holzstab (einem gekrümmten Würfellineal vergleichbar) und ist genau in der geforderten Krümmung mit einem Halbmesser von 22 Ctm. aus einer Holzplatte ausgeschnitten. Damit er nicht durch irgend welche Einflüsse seine Krümmung verändere, wurde diese Platte aus drei dünnen Brettern zusammengefügt, und zwar in der Art, dass die Holz-

fasern jedes einzelnen Brettchens eine von den beiden andern verschiedene Richtung hatten (nämlich nach der

Fig. 1.



Quere und dann nach den zwei sich diagonal überkreuzenden Richtungen). Im Uebrigen freischwebend, hat der Halbkreis in der Verlängerung seines einen Endes bei  $a$  einen schmalen Fortsatz, zur Einfügung zwischen zwei am anstossenden Ende des Seitenarmes  $B$  angebrachte gleich grosse Fortsätze; die drei Fortsätze sind durch einen Messingzapfen zusammengehalten, wel-

cher quer durch ihre Mitte hindurchgeht, und dessen einwärts gerichtetes schraubenförmiges Ende in eine bei  $x$  angebrachte Schraubenmutter eingreift. Um diesen Zapfen kann der Halbkreis  $A A$  nach oben und unten gedreht werden. Er bewegt sich dabei um eine transversale Axe, deren Richtung durch die unterbrochene Linie  $a a'$  in der schematischen Zeichnung angedeutet ist. Damit der Bogen in der gewünschten Stellung leicht festgestellt werden könne, ist in den Kopf des Messingzapfens bei  $a$  an der Aussenseite des Apparates ein kurzer Messingstab eingesetzt, der als einarmiger Hebel ein leichtes Anziehen und Lockern der Schraubenvorrichtung ermöglicht. Ausserdem ist der Halbkreis an seiner concaven Seite mit einer dünnen Lage von Hartkautschuk belegt, damit durch das Holz hin keine Ableitung des electrischen Stromes stattfinden könne.

2) und 3) Der Seitenarm  $B$  und der gebogene Hauptarm  $C C'$  bestehen aus vierkantigen Holzstücken. Beide sind unter sich durch ein Gelenk  $b$ , von gleicher Construction verbunden, wie dasjenige welches wir soeben beschrieben haben. Wenn das Gelenk des Halbkreises ( $a$ ) feststeht, kann in jenem Gelenke  $b$  eine zweite Drehung ausgeführt werden, wobei der Seitenarm gemeinschaftlich mit dem Halbkreise sich wiederum um eine transversale Achse bewegt, deren Richtung die unterbrochene Linie  $b b'$  des Schema versinnlicht. — Der Theil  $B$  hat (vom Mittelpunkte der Gelenkvorrichtung bei  $a$  bis zum Mittelpunkte der Gelenkvorrichtung bei  $b$  gerechnet) die gleiche Länge wie der Halbmesser des Bogens: 22 Ctm. — Das Stück  $C$  bildet mit  $C'$  ein rechtwinkeliges horizontal nach vorne gerichtetes Knie; beide sind fest ineinander gefügt. Die Länge des Stückes  $C$  ist für die Untersuchungen selbst gleichgiltig

und wird nur durch die Nebenrücksicht auf die Bequemlichkeit des Beobachtenden bestimmt.  $C'$  dagegen hat, vom Punkte  $c$  aus gerechnet, wieder die Länge des Bogenhalbmessers. Dieser Theil  $C'$  endigt an dem mediangelegenen Ende mit einem starken ringförmigen Knaufe  $E$  (s. Taf. VI).

Das ganze Gerüst wird getragen 4) von der vertical stehenden, vierkantigen Holzsäule  $D$  (s. Taf. VI), deren Fussende in die entsprechenden Ausschnitte einer an einem Tische festgemachten Schraubzwinge  $G G$  eingesenkt und durch zwei Schrauben  $g g$  darin festgehalten wird. Durch die Mitte des dicken kreisrunden Kopfendes der Tragsäule ( $F$ ) geht ein Metallcylinder, welcher das Gelenk  $c$  bildet, und welcher ungefähr dreimal so lang als der Theil  $F$  dick ist, so dass er vorne und hinten aus letzterem hervorragt. Während der glatte vordere Theil von dem ringförmigen Knaufe  $E$  des Stückes  $C'$  umfasst wird — um das Abgleiten des letzteren zu verhüten, trägt der besagte Cylinder an seinem Vorderende eine dünne Messingscheibe —, stellt der hintere Theil eine Schraube dar, auf welcher eine starke Schraubenmutter  $C'$  sitzt. Wenn diese Schraubenmutter (gleichfalls mittels eines hebelartigen Messingstabes drehbar) angezogen wird, so wird  $E$  gegen  $F$  angedrückt und kann demzufolge nicht weiter um den Metall-Cylinder sich bewegen. Wird dagegen die Schraubenmutter gelockert, so gleitet  $E$  frei um den Cylinder. Letzterer bildet also den eigentlichen Halt des Apparates; um ihn kann derselbe als ein Ganzes gedreht werden, wobei  $C'$  successive alle möglichen Stellungen in einer zur sagittalen Achse  $\alpha c$  (s. das Schema Fig. 1) senkrechten Ebene annimmt, also wie ein Uhrzeiger sich bewegt, während die Theile  $B$  und  $C$

eine Cylinderfläche um jene Achse, der Halbkreis A A dagegen eine Halbkugel beschreibt. Wie man aus der Figur 1 ersieht, bildet die Achse  $\alpha c$  den Längsdurchmesser des Apparates; wir wollen sie Hauptachse nennen.

An jeder der drei Gelenkvorrichtungen befindet sich eine feststehende Kreiseintheilung und ein mit dem gedrehten Theile sich verschiebender Index, mittels dessen die Grade der Drehung genau abgelesen werden können. Für das Gelenk  $c$  umfasst die Kreiseintheilung volle  $360^\circ$  und ist in Form eines Ringes ( $S''$ ) um das Kopfe der Tragsäule gelegt; für  $a$  und  $b$  dagegen genügten getheilte Halbkreise an der Aussenseite des Apparates (die auf der Abbildung Tafel VI mit  $S$  und  $S'$  bezeichnet sind).

Der Beobachtende sitzt auf einem niedrigen Stuhle H, dessen geschweifte Lehne I I sich gegen seine Bauch- und Brustfläche anlehnt. Die Antlitzfläche des Beobachters ist dem Bogen A A zugekehrt, und die übrigen Theile des Apparates umgeben den Kopf wie ein liegender länglicher Rahmen. (Ich will hier noch beifügen, dass es in dem ursprünglichen Plane lag, den Apparat auf beiden Seiten symmetrisch zu construiren, so dass der Rahmen auch links durch einen Seitenarm gleich B und ein gebogenes Theil gleich C C' geschlossen gewesen wäre. Dann wäre jedoch, bei Drehung um die sagittale Achse, der Apparat sehr bald gegen die Schultern des Beobachtenden gestossen, die einer ausgiebigeren Drehung Schranken gesetzt hätten. Um also nicht die Untersuchungen auf verhältnissmässig wenige, von der horizontalen nicht viel abweichende Stellungen beschränken zu müssen, erschien es vortheilhafter, die eine Seite des Apparates offen zu lassen. In der schematischen Zeichnung des Gerüstes (Fig. 1) ist die symmetrisch ge-

schlossene Construction durch eine feinpunktirte Linie angedeutet).

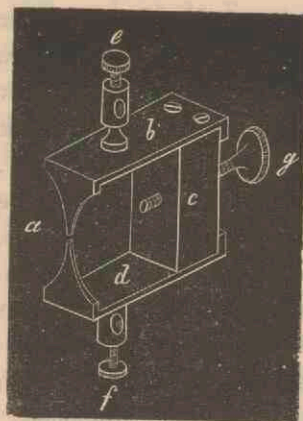
Die Lehne des Stuhles I I ist an den beiden entsprechenden Füßen des Stuhles H nicht fest angefügt, sondern durch eine Art von Schlitten-Vorrichtung verschieblich nach oben und unten und wird mittels Stellschrauben  $i, i, i$  in der dem Untersucher passenden Höhe festgehalten. Am oberen Ende der Lehne ist ein Kopfhalter nach der von Hering 1) angegebenen Construction K eingesetzt, dessen Mundstück  $K''$  der Beobachtende zwischen die Zähne klemmt. Die quere Messingstange  $p$ , welche das bewegliche Mundstück trägt, ist so lang, dass der Kopf mit dem Mundstück weit genug nach beiden Seiten gerückt werden kann, damit einmal das linke und ein ander Mal das rechte Auge des Beobachtenden sich über der Mitte von  $p$  befindet.

Werfen wir nun einen Blick auf die etwas complicirt erscheinenden Vorrichtungen  $m, m, m$ , die zur Hervorbringung der Funken dienen. Eine Abbildung derselben in geometrischer Projection ist in Fig. 2 gegeben. Es sind kleinfingerbreite Rähmchen, deren quadratischer Durchschnitt etwas grösser ist als der des vierkantigen Bogens. Sie werden so über den letzteren geschoben, wie Ringe auf den Finger. Drei Wände dieser Rähmchen ( $a, b, d$ ) sind metallisch und schwarz angestrichen, die vierte ( $c$ ) dagegen aus Hartkautschuk. Letztere ist in ihrer Mitte durchbohrt, um ein Messingschraubchen  $g$  aufzunehmen, das den Rahmen gegen die Rückseite des Bogens in der einmal gegebenen Stellung fasthält. Die vordere, d. h. dem Beobachter zugekehrte Wand  $a$  ist genau in ihrer Mitte durch-

1) Die Lehre vom Binocularsehen. Leipzig 1868. S. 78 (Fig. 17).

geschnitten, und die beiden Hälften zu schmalen Spitzen geformt, die sich beinahe berühren. Wenn nun Leitungsdrähte, die in den Schränbchen e und f festgehalten werden, mit den Polen eines Inductionapparates in Verbindung gesetzt werden, so geht der Strom einerseits durch b, anderseits durch d auf die vordere Wand a über, und zwischen den Spitzen wird ein Funke sichtbar. Einer Ableitung des Stromes durch die rückwärts gelegene Wand dagegen ist durch den isolirenden Hartkautschuk vorgebeugt. Werden mehrere solcher Rähmchen (ich benutzte deren 8) in kurzen

Fig. 2.



Entfernungen von einander auf den Bogen gesetzt und durch feine Leitungsdrähte unter einander, durch stärkere mit dem Inductionsapparate verbunden, so erscheint eine Reihe von Funken, die alle in einer und derselben Linie — der Mittellinie unseres halbkreisförmigen Holzstabes — liegen. Man kann natürlich eine grössere Anzahl solcher Rähmchen, mit geringerer Entfernung der einzelnen, anbringen; indessen erwies sich mir zur Beurtheilung, welche Richtung oder Krümmung die Linie habe, die Zahl von acht Funken als Maximum genügend.

Helmholtz gebrauchte für seine Beobachtungen an dem unendlich entfernten Firmament beide Augen. Für unendliche Ferne leisten indessen zwei Augen auch

nicht mehr als eines, wenn schon das Gesichtsfeld ausgedehnter ist. Bei den endlichen Dimensionen unseres Apparates müssen die Versuche nur mit einem Auge geschehen, wobei man also auch nur über ein monoculares Gesichtsfeld verfügt.

Die Aufstellung des Apparates. Bei den Versuchen soll sich das betreffende primär gestellte Auge des Beobachters, noch genauer der Drehpunkt dieses Auges, im Krümmungs-Centrum des Halbkreises AA befinden. Dies ist der Punkt  $\gamma$  in der schematischen Figur 1, er liegt da, wo die Hauptachse  $\alpha c$  und die transversale Achse  $a a'$  sich schneiden. Es galt also, die Lage dieser beiden Achsen innerhalb des Cycloscops festzustellen und zugleich dem Kopfhalter diejenige Einstellung zu geben, bei der der Drehpunkt des einen Auges des Beobachters mit dem Durchschnittspunkt der beiden Achsen zusammenfalle.

1) Ein Tisch wurde möglichst genau horizontal gestellt, seine Füsse am Boden festgeschraubt und an der Tischplatte das Fussgestell GG des Apparates mit vier Stahlschrauben, die durch die obere Platte der Zwinne in die Tischplatte gingen, so befestigt, dass die Tragsäule D in jener vollkommen vertical stand. Die genau horizontale Lage des Hauptarmes, Seitenarmes und Bogens wurde, für jeden dieser Theile einzeln, mit dem Wasserzeichen bestimmt, und alsdann die Spitzen der Indices an den drei Gelenken des Apparates auf die Null der Kreistheilungen gerichtet. — Hierauf konnte die Hauptachse des Apparates ermittelt werden. Zu diesem Zwecke ist nämlich der das Gelenk c bildende Cylinder in seiner Längsachse durchbohrt, und indem man durch diese enge Röhre visirt, erblickt man einen Theil der Innenfläche des Bogens. In der Mitte dieser sichtbaren



kleinen Partie (bei  $\alpha$  Fig. 1) wurde ein Stückchen Spiegelglas mit etwas weichem Wachs festgeklebt und durch verschiedenes Eindrücken in das Wachs in eine solche Stellung gebracht, dass der durch die erwähnte Bohrung blickende Beobachter das Bild des inneren Endes der Bohrung gerade in der Mitte des Spiegelchens erblickte: dann stand also das Spiegelchen selbst senkrecht zur Hauptachse des Apparates. Mit Hilfe dieses Spiegelchens kann der Beobachter sich (auch während der Versuche) jeder Zeit überzeugen, dass sein Auge sich auf der Linie  $\alpha c$  befindet. Wenn dies wirklich der Fall ist, muss nämlich, bei horizontalem Stand des ganzen Apparates, das betreffende Auge seine Pupille im Spiegelbilde sehen. Ueber die Mitte des Spiegelchens und die Bohrung im Cylinder  $c$ , d. h. über die Hauptachse  $\alpha c$ , hinweg wurde nun ein horizontaler Faden ausgespannt, und der Stuhl mit dem Kopfhalter so gesetzt, dass der Faden gerade über den Medianschnitt des Kopfhalters hinwegging. Diese Stellung wurde sofort durch zwei lange Holzleisten (LL Tafel II) gesichert, welche aussen gegen die Füße des Stuhles — die eine rechts, die andere links — am Fussboden festgenietet wurden. Bei Verschiebungen des Stuhles von vorne nach hinten konnte demnach eine Abweichung der Medianebene des Kopfhalters nach rechts oder links nicht mehr statthaben.

2) Die Achse  $a a'$  der Figur 1 stellte ich mir durch einen Faden dar, den ich von dem Mittelpunkte von  $x$  (der beim Gelenke  $a$  beschriebenen Schraubenmutter) querüber spannte, so dass er gerade das freie Ende des Bogens ( $a'$ ) berührte. Die Drehungsachse des Heringischen Kopfhalters geht, wie bekannt, durch die Mitte der beiden Zapfen, mittels deren der Halter in seine Träger eingelassen ist, oder — wenn wir uns diese

Zapfen wegdenken — durch die Mitte der Bohrungen in den Trägern, die zur Aufnahme der Zapfen dienen. Und da, wenn die Einstellung des Kopfhalters die richtige ist, die Drehpunkte der beiden Augen des Untersuchenden auf eben jener Drehungsachse liegen, so bestand meine zweite Aufgabe darin, dem Stuhl H I I K (s. Taf. II) eine solche Stellung zu geben, dass jener Faden durch die Mitte der Beiden Bohrungen, die sich zur Aufnahme des Kopfhalters in den Trägern I I befinden, und deren Ort mit  $k$  und  $k'$  bezeichnet ist, hindurch lief. Nachdem ich also vorerst die Lehne I I am Stuhle in derjenigen Höhe angeschraubt hatte, dass ich, sitzend, bequem auf das Mundstück  $k'$  beißen konnte, nahm ich den Kopfhalter ganz heraus. Dann hatte ich nur die Tragstange D in G G entsprechend zu senken und den Stuhl zwischen den Leisten L L entsprechend zu verschieben, bis der genannte Faden, von  $x$  aus frei durch die Mitte der beiden Bohrungen laufend, wiederum das Ende  $a'$  des Bogens gerade berührte. Auch diese Stellung des Stuhles wurde durch kleine Querleisten l l l gesichert, welche zwischen den langen Leisten L L gegen die Füße des Stuhles angebracht wurden.

3) Die Drehungsachse des Kopfhalters war so in Uebereinstimmung gebracht mit der Achse  $a a'$  des Cycloscoops. Nun setzte ich den Kopfhalter in die Stuhllehne ein, um diejenige Einstellung desselben auszufinden, bei welcher auch die Drehpunkte meiner Augen sich auf der Drehungsachse des Halters (oder der Linie  $a a'$ ) befänden. Und zwar sollte der Drehpunkt des einen, zuerst des linken, Auges in der Mitte der Linie  $a a'$  (im Punkte  $\gamma$  der Figur 1) liegen. Ich bediente mich dazu eines kleinen, an einer Schnur frei herabhängenden Spiegels, der durch ein unten angehängtes Gewicht in ruhiger Lage gehalten wurde und

mit einer doppelten Fadenkreuzung nach Donders 1) Angabe versehen war. Ein Paar Fäden nämlich waren — der eine links, der andere rechts von der Mitte — um den Abstand der Drehpunkte meiner Augen (= 66,5 Mm.) von einander entfernt, vertical über das Spiegelglas gespannt. Ein Dritter lief in horizontaler Richtung über sie hinweg. Ich hatte den Bogen A A aus dem Gelenke bei a entfernt und richtete den Spiegel so, dass ich durch die Bohrung bei c die links auf dem Spiegel befindliche Fadenkreuzung und genau hinter ihr das Bild der Oeffnung, durch welche ich hindurchblickte, sehen konnte. Nun wusste ich also wieder, dass jener Kreuzungspunkt in der Hauptachse  $a c$  lag, und die Spiegelfläche senkrecht zu derselben gerichtet war. Als dies erreicht war, setzte ich mich auf den Stuhl, nahm das Mundstück  $k''$  des Kopfhalters zwischen die Zähne und verschob es so lange auf dem Querstabe  $p$ , bis die Mitte der Pupille meines linken Auges sich im Spiegelbilde hinter der links —, die des rechten Auges hinter der rechts gelegenen Kreuzungsstelle der Fäden befand. Und jetzt konnte mittels der Schraubenvorrichtungen in einfachster Weise genau jene Einstellung des Kopfhalters herausgefunden werden, wobei der Kopf beliebige Drehungen nach oben oder unten ausführen kann, ohne dass die Drehpunkte der Augen ihre Lage im Raume verändern. Dies ist dadurch bewiesen, dass die Pupillarmitte eines jeden Auges, bei beliebiger Hebung oder Senkung des Kopfes, im Spiegelbilde stets hinter der entsprechenden Kreuzungsstelle der Fäden ihren Platz

1) Siehe v. Graefe's Arch. f. Ophth. XXI, 3, S. 111 (Fig. 2). — [Hering hat früher (l. c., S. 79) eine andere Methode zu obigem Zwecke angegeben, die ich aber weit weniger bequem und ausser dem nur für sehr geringe Entfernungen anwendbar gefunden habe.]

beibehält. Auf der Querstange  $p$  wurde jener Stand des Mundstücks, bei welchem das linke Auge sich im Punkte  $\gamma$  befindet, genau markirt, dann dieselbe Untersuchung mit Bezug auf das rechte Auge gemacht, und der betreffende Stand des Mundstücks gleichfalls auf der Querstange  $p$  markirt.

4) Nun erübrigte nur noch, den Primärstand für jedes meiner Augen gesondert aufzusuchen. Ich stellte einen grauen Papierschirm, der in einem Dreifussgestelle ruhte, in möglichst grosser Entfernung vom Bogen vertical zur Hauptachse des Apparates auf. Wie vorher die Kreuzungsstelle der Fäden auf dem Spiegel, so wurde jetzt der Mittelpunkt jenseits Schirmes direct in die Verlängerung der Hauptachse gebracht, so dass er durch die Visiröffnung bei  $c$  gesehen werden konnte. Dann wurde im Mittelpunkte des Schirmes ein schmaler roth überzogener Streifen von Pappe in der verticalen, ein zweiter in der horizontalen Richtung befestigt und mit Hilfe der auf möglichst periphere Theile der Wand, an welcher der Schirm stand, projecirten Nachbilder, die Primärlage für die Blicklinie erst des in die Hauptachse gerückten linken, dann ebenso des rechten Auges ermittelt, und an einer an der Stuhllehne bei  $k'$  angebrachten Kreistheilung die Stellung des Zeigers notirt, welche die Primärstellung bedeutete. Ich constatirte auf diese Weise, was ich schon bei Gelegenheit früherer Untersuchungen gefunden hatte, dass nämlich die Primärstellung für jedes meiner Augen, genau übereinstimmend, diejenige ist, wobei die Blicklinie horizontal und geradeaus gerichtet ist. Die Füsse des Gestelles, in welchem der Schirm stand, wurden am Fussboden festgeschraubt, da der letztere ein für alle Mal stehen bleiben sollte, um zur Controle für den richtigen Stand des Apparates dienen

zu können. Wie wir später sehen werden, wurde für gewisse Versuche der ganze Apparat in dem Fussgestell G G gehoben oder gesenkt, und wenn ich ihn nachher wieder auf den Ausgangsstand bringen wollte, brauchte ich nur (den Bogen ein wenig zu senken und) durch die Visiröffnung bei c zu blicken, bis ich den Mittelpunkt des rothen Kreuzes auf dem Schirm gewahren konnte.

Nachdem die Aufstellung des Apparates so vollendet war, wurde das an der mittelsten Stelle  $\alpha$  des Halbkreises A A angebrachte Spiegelchen mit einem Stückchen berussten Papiers bedeckt und auf jener Stelle blieb für alle Versuche eines der Funkenrähmchen stehen, so dass der mittelste der Funken im Punkte  $\alpha$  des Bogens übersprang. Andererseits war ich jeder Zeit im Stande, mit Hilfe des wieder enthüllten Spiegelchens zu controliren, ob sich in der Stellung des Apparates oder des Kopfhalters Veränderungen eingeschlichen hatten.

Die Versuche wurden des Abends in absolutem Dunkel angestellt. Behufs einer zuverlässigen Beobachtung sollte nichts Anderes dem Auge sichtbar sein als die Funkenreihe. Erzeugt wurden die Funken mittels eines Ruhmkorff'schen Inductionsapparates, der mit zwei Grove'schen Elementen in Verbindung war und seinen Platz auf demselben Tische fand, an welchem das Cycloscop angeschraubt war. In die primäre Spirale des Inductionsapparates war einmal der Interruptor eingeschaltet, ausserdem konnte der Strom an einer anderen Stelle der primären Spirale in einem mit Quecksilber gefüllten Nöpfchen von mir beliebig geöffnet und geschlossen werden. Die die secundäre Spirale N N bildenden Drähte liefen vom Ruhmkorff'schen Apparate beiderseits zu

dem je in der Reihe äussersten Rähmchen, während alle Rähmchen unter sich wieder mit feinen Leitungsdrähten (n, n, n) die je von dem Schraubchen e des einen zum Schraubchen f des andern (s. Fig. 2) liefen, verbunden waren. Bei dem geringen Zwischenraum, der die Spitzen der Rähmchen trennt, brauchte der Strom nicht eben sehr stark zu sein, um alle acht Funken zu erzeugen. Indess erhielt ich nur Oeffnungsfunken; für die Schliessungsfunken waren die Widerstände der acht Unterbrechungen zu bedeutend. Durch Vergleichung der Curve einer Stimmgabel, für welche die Zahl der in der Secunde gemachten Schwingungen mir bekannt war, mit der Curve einer Feder, die am Hämmerchen des Interruptors angebracht wurde, ermittelte ich, dass der letztere im Mittel 50 Unterbrechungen per Secunde machte. Ich erhielt also an jedem der Rähmchen je 50 Oeffnungsfunken in der Secunde; diese Aufeinanderfolge war rasch genug, dass die Funken dem ruhenden Auge als continuirliche erschienen und als constante Fixirpunkte benutzt werden konnten, während sie natürlich bei raschen Bewegungen des Auges gesondert zur Wahrnehmung kamen. Die Funken waren möglichst klein, so dass sie eben im indirecten Sehen noch deutlich wahrgenommen wurden.

Die Rähmchen wurden, dem jedesmaligen Zweck des Versuches und dem linken oder rechten Gesichtsfeld entsprechend, in verschiedenen Entfernungen von einander und an verschiedenen Orten des Bogens aufgesetzt, und dabei nach der Peripherie hin genau die Grenze eingehalten, wo das Urtheil unbestimmt wurde. Die Excursionweite der Blicklinie meines rechten und linken Auges hatte ich vorher bestimmt und Zahlenwerthe gefunden, welche den von Donders als Mittel für normale

Augen angegebenen ziemlich genau entsprachen (nämlich nach innen  $45^\circ$ , nach aussen  $43^\circ$ , nach oben  $33^\circ$ , nach unten  $43^\circ$  resp.  $44^\circ$ ). Ich will ferner bemerken, dass Listing's Gesetz hinsichtlich meiner Augen im engeren Blickfelde vollkommen erfüllt ist. Das engere Blickfeld habe ich für die Untersuchungen vorzugsweise, die extremen mit starkem Zwang verbundenen Bewegungen und Stellungen des Auges nur gelegentlich benutzt. Ich überzeugte mich bald, dass — wie Helmholtz ausdrücklich hervorhebt — bei stark excentrischen Stellungen des Auges unser Urtheil sowohl über die Lage der gesehenen Objecte im Gesichtsfelde, als über die Richtung von Linien des Gesichtsfeldes täuscht. Ich setzte also die Rähmchen für jene Versuche, wobei Augenbewegungen ins Spiel kamen, so auf, dass sie, bei gleichen Abständen untereinander, nur etwa zwei Fünftel (ca.  $70^\circ$ ) des Halbkreises einnahmen, während für die Beobachtungen mit ruhendem Auge die Distanzen derselben grösser gemacht werden konnten, so dass die beiden äussersten etwa  $120-150^\circ$  von einander entfernt waren (entsprechend der Ausdehnung des Sehfeldes in verticaler ( $= 120^\circ$ ) und horizontaler ( $= 160^\circ$ ) Richtung). — Damit im Dunkeln bei Beurtheilung des indirect Wahrgenommenen das Auge nicht aus der Primärstellung komme, heftete ich im Mittelpunkte des erwähnten Schirmes, über dem Kreuzungspunkte der rothen Streifen, ein kleines Stückchen Papier an, auf dessen Mitte Phosphor gestrichen wurde. Der Mittelpunkt des Schirmes lag ja in der Verlängerung meiner primärgerichteten Blicklinie. Durch die Unbestimmtheit dieses leuchtenden Fixationsobjectes war zugleich jede Vorstellung der Entfernung und damit die Veranlassung zur Accommodation ausgeschlossen. Ein Gleiches muss mit Bezug auf die

Funken selbst gesagt werden. Wir vermögen uns keine Rechenschaft von ihrer Entfernung zu geben, sofern alle Parallaxe ausgeschlossen ist. Wir sehen dieselben also gewissermaassen auf unendlichen Abstand, wie die Sterne am Himmel, und dafür war es nöthig, dass der Kopf fixirt wurde. Das für die Versuche augenblicklich nicht benutzte Auge wurde mit einer schwarzen Binde vollkommen geschlossen.

Um endlich Stellungsveränderungen am Apparate rasch und bequem vornehmen und die Grade der Drehung an den Kreisbögen ablesen zu können, stellte ich hinter meinem Rücken eine Gaslampe auf, deren zuführender Schlauch in zwei Arme getheilt war. Der eine stärkere Schlauch lief über ein im Bereiche meiner rechten Hand befindliches Tischchen und konnte durch Drehung eines Hebelarmes nach Wunsch geöffnet oder geschlossen werden. Der zweite dünne Schlauch leitete nur eben so viel Gas zu, als nöthig war, die Lampe brennend zu erhalten, ohne dass sie im mindesten Helle verbreitete, wenn der stärkere Schlauch geschlossen war.

Eines meiner Augen, zunächst das linke, befindet sich also in der Primärstellung an der bezeichneten Stelle, der Drehpunkt desselben fällt mit dem Krümmungsmittelpunkte des Halbkreises ( $\gamma$ ) zusammen. Betrachten wir nun noch einmal Figur 1, so ist unter der eben gemachten Voraussetzung leicht einzusehen, dass

1) durch Drehung des Halbkreises im Gelenke a die Fläche einer Hohlkugel vom Radius  $\alpha$   $\gamma$  um den Drehpunkt des Auges beschrieben wird. Bei Ausschluss anderer sichtbarer Objecte ist diese Fläche das Blickfeld; der Bogen A A stellt bei jeder Lage, die

er in derselben einnimmt, einen grössten Kreis des Blickfeldes dar, und alle die so darstellbaren Kreise haben die gemeinschaftliche horizontal gerichtete Achse  $a a'$ . Der Richtung dieser Achse entspricht die Lage des Theiles  $C'$  des Apparates. Liegt der Bogen so, dass sein Zeiger auf dem Nullpunkt der Theilung steht, so befindet sich die Funkenreihe im horizontalen Meridian des Blickfeldes und der mittelste Punkt  $\alpha$  im Hauptblickpunkt.

Denken wir uns den Halbkreis in dieser Lage zu einem vollständigen Meridiankreise ausgezogen (was in unserer schematischen Zeichnung Fig. 1 durch die punktirte Kreislinie angedeutet ist), so würde diese von der Verlängerung der Linie  $\alpha \gamma$ , also der durch den Hauptblickpunkt gehenden Blicklinie nach rückwärts in  $\beta$  geschnitten. Folglich ist  $\beta$  der Occipitalpunkt des Blickfeldes.

2) Wird das Gelenk  $a$  festgestellt und Bogen und Seitenarm gemeinschaftlich vom Gelenke  $b$  aus gehoben oder gesenkt, so drehen sie sich um eine transversale Achse  $bb'$ , die unser imaginäres Blickfeld im Occipitalpunkte tangirt. Es ist dabei, der Construction des Apparates nach, ganz gleichgiltig, ob die Drehung um die Achse  $b b'$  im Punkte  $\beta$  oder im Punkte  $b$  ausgeführt wird. Bei diesen Drehungen kommt der Bogen somit stets in einen durch den Occipitalpunkt gehenden Kreis zu liegen, der kleiner ist als ein grösster, d. h. in einen Directionskreis des Blickfeldes. Und zwar haben alle die betreffenden, von links nach rechts gerichteten Directionskreise im Occipitalpunkte mit dem horizontalen Meridian des Blickfeldes eine gemeinschaftliche Tangente. Dies ist eben die Achse  $b b'$ , deren Richtung uns wieder durch den Theil  $C'$  versinnlicht wird. Wir dürfen uns nur den Apparat um das Stück  $C$  verkürzt denken, so wird  $C'$  den horizontalen Meridian wirklich im Occipitalpunkt

tangiren und auch Tangente sein für alle von links nach rechts gerichteten Directionskreise des Blickfeldes.

3) Wollen wir nun grösste Kreise und Directionskreise anderer Richtung als von links nach rechts darstellen, so drehen wir den ganzen Apparat in dem Gelenke  $c$  um seine Hauptachse  $\alpha c$ . Die beiden Achsen  $a$  und  $b$  stehen fest, und  $C'$  sei in  $c$  um eine beliebige Grösse z. B.  $90^\circ$  nach oben gedreht worden. Dann stellt der Bogen, so lange er selbst seine Stellung zum Seitenarme  $B$  nicht verändert, den verticalen Meridian des Blickfeldes dar. — Wenn wir jetzt den Bogen im Gelenke  $a$  drehen, so erhalten wir grösste Kreise des Blickfeldes, die sich sämmtlich in einer auf der Ebene der Zeichnung im Punkte  $\gamma$  vertical stehenden Achse schneiden; steht endlich das Gelenk  $a$  fest, und wir drehen Seitenarm und Bogen in  $b$ , so werden Directionskreise hergestellt, die mit dem verticalen Meridian im Occipitalpunkte gleiche Tangente haben. Für das Stück  $C'$  gilt hier dasselbe, was wir bei horizontalem Stande des Apparates gesagt haben: man denke sich dasselbe nach  $b b'$  verlegt, so ist es wieder die gemeinschaftliche Tangente selbst. Und so bleiben eben für jede beliebige Drehung, die ausgeführt wird im Gelenke  $c$ , die imaginären Linien  $a a'$  und  $b b'$  parallel mit  $C'$ . Die erste jener Linien stellt die gemeinsame Achse aller grössten Kreise, die zweite aber die gemeinschaftliche Tangente aller Directionskreise des Blickfeldes dar, welche für die bestimmte Drehung denkbar sind. Wollen wir also die Richtung dieser beiden Arten von Kreisen für einen bestimmten Stand des Apparates kennen, so ist uns dieselbe durch die Lage, die  $C'$  hat, gegeben (die fragliche Neigung gegen den Horizont wird an der ringförmigen Theilung abgelesen).

4) Parallelkreise. Zur Darstellung der Parallelkreise des horizontalen Meridians (der von links nach rechts gerichteten also) wird, bei horizontalem Stand aller Theile, der ganze Apparat mit seiner Tragsäule über die Ausgangs-Stellung gehoben oder tiefer in die Tragplatte gesenkt. Wollte man Parallelkreise des verticalen Meridians untersuchen, so müsste der Beobachter, während der Apparat um  $90^\circ$  über den Kopf gedreht wird, mit seinem Sitze aus der Hauptachse des Apparates nach rechts oder nach links rücken. Die Parallelkreise der diagonalen Richtungen endlich erhielte man, wenn gleichzeitig der für einen schiefgerichteten Meridian eingestellte Apparat gehoben oder gesenkt würde, und der Beobachtende weiter nach rechts oder nach links rückte. Da aber für die beiden letztgenannten Fälle Genauigkeit der Beobachtung nur durch complicirte Anordnung einer Verschiebung des Stuhles hätte erzielt werden können, und das Experiment, den ganzen Tisch, an dem der Apparat festgemacht war, regelrecht zu verschieben, noch weniger leicht ausführbar war, so begnügte ich mich hier mit der Untersuchung für horizontal gerichtete Parallelkreise.

Man sieht jedoch, es giebt keine zwei entfernten Punkte im Blickfelde, zwischen denen sich nicht — bei passender Einstellung des Apparates im Ganzen oder seiner Theile — durch die Funkenreihe die entsprechenden Verbindungslinien herstellen liessen. Es ist nicht sehr schwierig, sich über das was man sieht, zu orientiren d. h. man erkennt deutlich, ob die Funkenreihe als gerade Linie erscheint oder als eine gekrümmte, und welcher Art die Krümmung im letzteren Falle ist. Besonders wenn man sich — wie ich dies gethan habe — zur Einübung in der ersten Zeit nur auf Beobachtung der auf-

fallenden Unterschiede bei stärkeren Stellungsänderungen beschränkt. Es ist allerdings für feinere Unterschiede nothwendig, die Augen zwischen je zwei Beobachtungen einen Moment abzuwenden event. zu schliessen; denn wenn man z. B. einen grössten Kreis bei Bewegung des Auges in der Bahn des letzteren einmal concav gesehen hat (s. unten), bleibt der Eindruck der Concavität wohl zuweilen erhalten, auch wenn man wieder ruhenden Blicks den Mittelpunkt des Kreises fixirt. Ausserdem thut man gut, wenn man — aus hellerleuchteten Räumen kommend — vor dem Beginne der Versuche seine Augen für das Dunkel adaptirt, wofür ja hier eine halbe Viertelstunde ausreichend erscheint. Ist man erst einmal orientirt, und ist der Apparat immer recht genau eingestellt, so vermag man ziemlich geringe Abweichungen von der geraden Richtung zu unterscheiden.

#### ERSTE VERSUCHSREIHE.

Alle Theile des Apparates befinden sich in horizontaler Lage.

##### ERSTER VERSUCH.

Ausgangsstellung: an sämtlichen Kreistheilungen sind die Zeiger auf Null gerichtet. Die Funkenreihe am Bogen liegt also im horizontalen Meridian des Blickfeldes.

1) Ich sehe die Funken bei directer Betrachtung in einer geraden horizontalen Linie, gleichviel ob ich den im Punkte  $\alpha$  überspringenden (Primärstand des Auges) oder einen seitlichen Funken fixire.

2) Ich sehe die Funken in einer geraden horizontalen Linie auch dann, wenn ich keinen derselben fixire, sondern die Reihe mit dem Blicke durchlaufe.

3) Blicke ich über die Funkenreihe weg oder unter ihr hindurch, so erscheint die indirect gesehene Linie im ersten Falle nach oben, im zweiten nach unten, also in beiden Fällen nach dem Fixationspunkt concav.

[4) Man kann nun ebenso, wie Helmholtz dies bei seinem Sternenversuch gethan hat, die Stellung des Kopfes gegen das Object der Beobachtung ändern. In diesem Falle liegt die Funkenreihe natürlich nicht mehr in dem horizontalen Meridian, sondern in einem jener grössten Kreise des Blickfeldes, die mit ersterem eine gemeinsame transversale Achse haben. — Ich sehe die Linie der Funken, wenn ich den Kopf im Kopfhalter nach vorn gesenkt habe und nun mit gehobenem Blick den mittelsten Funken fixire, als eine horizontale Gerade. Verfolge ich die Linie aber bei dieser Stellung des Kopfes nach ihren Endpunkten, so erscheint sie nach unten concav. — Drehe ich den Kopf nach hinten über und fixire den mittelsten Funken mit gesenktem Blick, so erhalte ich wieder den Eindruck einer geraden horizontalen Linie; bewege ich dagegen den Blick längs der Funkenreihe nach ihren Enden, so erscheint sie nach oben concav. — Was wir in diesem Falle wahrnehmen, stimmt vollständig mit den Ergebnissen des folgenden Versuches überein, den wir bequemer ausführen durch Drehung des Beobachtungsobjectes um den unbewegten Kopf.]

#### ZWEITER VERSUCH.

Der Bogen wird um beliebige Grade gehoben oder gesenkt: Von rechts nach links gerichtete grösste Kreise welche sämmtlich eine gemeinsame transversale Achse haben.

1) Fixirt man den mittelsten der Funken, so erscheint die ganze Reihe als gerade horizontale Linie,

ebensowohl in der oberen als in der unteren Hälfte des Blickfeldes. Fixirt man dagegen einen der in der Reihe äussersten Funken, so erscheint das Stück der Linie das man wahrnehmen kann, zwar noch gerade, aber nicht mehr horizontal. Vielmehr erscheint es ein wenig von links unten nach rechts oben gerichtet, wenn der Bogen gehoben ist, und man den linken — oder wenn der Bogen gesenkt ist, und man den rechten äussersten Funken fixirt. Und es erscheint etwas von links oben nach rechts unten gerichtet, wenn man bei gehobenem Bogen rechts oder bei gesenktem Bogen links blickt.

2) Ist der Bogen gehoben, und bewegt sich der Blick die Funkenreihe entlang nach links, so erscheint das linke Ende derselben nach unten geneigt; wird der Blick in gleicher Weise nach rechts bewegt, so erscheint das rechte Ende der Reihe nach unten geneigt. Die beiden Enden scheinen sich also, wenn der Blick die ganze Funkenreihe rasch durchläuft, aus der horizontalen Richtung zu entfernen und dem Hauptblickpunkt anzunähern. Die Linie ist nach unten concav. — Ist der Bogen gesenkt, und bewegt sich der Blick die Funken entlang nach links, so erscheint umgekehrt das linke Ende der Reihe gehoben. Dasselbe gilt für das rechte Ende, wenn der Blick nach rechts über die Funkenreihe wandert. Die beiden Enden entfernen sich also hier, wenn der Blick die ganze Funkenreihe durchläuft, nach oben aus der horizontalen Richtung, die ganze Linie erscheint nach oben, also wieder gegen den Hauptblickpunkt concav. — Diese Concavität der Linie ist übrigens auffallender, wenn der Bogen gehoben, als wenn er um gleiche Grade gesenkt ist, was ich mir daraus erkläre, dass einmal nach oben die Excursionsfähigkeit des Rect. ext. grösser ist, also die Funkenreihe leichter bis zum End-

punkte durchlaufen werden kann, mehr noch, dass auch nach innen hin die letzten Funken in den oberen Theilen des Blickfeldes sichtbar bleiben, während sie bei stärkerer Senkung durch die Nase verdeckt werden. Die Linie ist länger und darum ihre Krümmung scheinbar bedeutender. — Im Uebrigen wird die Krümmung nach oben sowohl wie nach unten um so stärker, um je mehr Grade der Bogen gehoben oder gesenkt ist.

3) Das Auge blickt in der Primärstellung nach dem euchtenden Phosphorleck, während der Bogen entweder gehoben oder gesenkt ist; es erscheint die indirect gesehene Linie der Funken stark concav, im erstere Falle nach oben, im anderen nach unten. Die Concavität nimmt mit zunehmender Hebung oder Senkung des Bogens zu; doch auch schon bei geringen Stellungsveränderungen des Bogens, z. B. um nur  $2\frac{1}{2}^\circ$  über oder unter der Ausgangsstellung, ist sie deutlich genug, um empfunden zu werden. Ausserdem gilt, was wir im vorigen Falle bemerkt haben, auch hier: die Concavität erscheint unterhalb der Horizontalebene weniger auffallend als oberhalb derselben.

4) Wechsele ich die Fixation in rascher Folge, so dass bald der mittelste Funke an dem gehobenen, beziehungsweise gesenkten Bogen, bald der Haupt-Blickpunkt fixirt wird, so ändern die peripherisch gelegenen Funken scheinbar ihren Ort im Raum. Sie machen eine deutliche Bewegung in demselben Sinne wie das Auge, und zwar ist diese Scheinbewegung für jeden Funken um so beträchtlicher, je peripherischer er ist.

Am auffallendsten kann man diese Beobachtung dadurch machen, dass man die seitlichen Funken näher zusammen und vom mittelsten etwas abrückt, so dass rechts und links ein Zwischenraum den mittelsten von den seit-

lichen Funken trennt, und die beiden Enden der in Frage kommenden Linie wegen dichter Nähe der Funken um so lebhafter zur Wahrnehmung kommen. Wenn man nun eine Zeitlang den mittleren Funken fixirt hat und das Auge dann auf den Hauptblickpunkt wendet, so scheinen sich die beiden Enden der Funkenlinie mit einer raschen Bewegung dem Hauptblickpunkt anzunähern, und indem der mittelste Funken allein seinen Ort beibehält, scheint die ganze Linie gegen den Hauptblickpunkt hin concav zu werden. Umgekehrt streckt sich die Linie wieder, wenn man den Blick auf den mittelsten Funken lenkt.

[5] Richtet man den Blick auf eine jenseits, d. h. auf der dem Hauptblickpunkt entgegengesetzten Seite vom Bogen gelegene Stelle — sieht man also über den gehobenen Bogen hinweg oder unter dem gesenkten hindurch, so erscheint die Funkenreihe im ersten Falle nach oben, im andern Falle nach unten concav. Grösste Kreise zeigen sich also unter allen Verhältnissen des indirecten Schens nach derjenigen Seite concav, wo gerade der Blickpunkt gelegen ist, und stimmen hierin mit den Meridianen des Blickfeldes überein, für die oben (vergl. I, 3) das Gleiche bestätigt ist. Wenn man den Blick abwechselnd auf einen diesseits, dann auf einen jenseits des Bogens gelegenen Punkt richtet, so zeigen die Endtheile der Linie in der unmittelbar vorher beschriebenen Weise sehr deutliche Scheinbewegungen, fast möchte ich sagen — Ausschläge. Wenn man anderseits die Augen schliesst, während man mit der Fixation von einer Seite zur andern übergeht, so macht sich der Betrag der Krümmungsänderung am auffallendsten geltend, weil die Uebergänge durch die gerade erscheinende Linie hindurch fehlen.]

#### DRITTER VERSUCH.

Das Gelenk bei a wird festgestellt und Drehungen im Gelenke b ausgeführt: Von links nach rechts ge-



richtete Directionskreise, die sämmtlich eine gemeinsame Tangente im Occipitalpunkt haben.

1) Sind Bogen und Seitenarm gehoben, so erscheint, bei dauernder Fixation des mittelsten Funken, die Reihe derselben convex nach unten. Sind jene Theile unter die Ausgangsstellung gesenkt, so erscheint die Reihe im Gegentheile convex nach oben. In beiden Fällen ist die Convexität um so stärker, je mehr der Seitenarm gehoben oder gesenkt war.

2) Diese Convexität verschwindet und macht dem Eindruck einer geraden Linie Platz, wenn der Blick in der Richtung der Funkenreihe nach rechts oder nach links bewegt wird. Lässt man den Fixationspunkt in Zwischenpausen vom mittelsten zu einem Endfunken übergehen, so findet das Umgekehrte statt wie bei Versuch II: die Linie scheint sich aus der leichten Convexität zu strecken, während beim Zurückwenden des Blickes nach dem mittelsten Funken die Enden der Linie etwas in der vom Hauptblickpunkt abgewendeten Richtung zurückzuweichen scheinen.

3) Bei Primärstellung des Auges indirect gesehen, erscheinen die Funken in einer geraden horizontalen Linie, der Bogen mag wenig oder viel gehoben, beziehungsweise gesenkt sein. Und werden Bogen und Seitenarm aus der äussersten Stellung nach oben, wo das Urtheil über die Richtung unbestimmt wird, allmählich zur Ausgangsstellung zurück und von da nach unten geführt bis zu der entsprechenden periphersten Stellung, so ändert sich dadurch Nichts in der Empfindung; die Funkenreihe erscheint fortdauernd in gerader horizontaler Linie. Ich mache darauf aufmerksam, dass unverrückte genaue Fixation des Hauptblickpunktes zu diesen letzten Versuchen unabweisliches Erforderniss ist. Ich habe

mich überzeugt, dass schon bei kleinen Abweichungen der Fixation der unzweideutige bestimmte Eindruck einer geraden Linie verloren geht, wie unten (sub 5) besprochen wird.

4) Bei rasch abwechselnder Fixation zwischen dem mittelsten Funken und dem Hauptblickpunkt scheinen die auf den Enden der Reihe liegenden Funken ihren Ort in Raume zu ändern. Sie zeigen eine sehr deutliche Bewegung, wiederum in der gleichen Richtung wie das Auge, um so deutlicher, je peripherischer sie im Blickfelde sichtbar werden. Machte ich die Anordnung der Funken wieder so, wie im Versuche II, 4) beschrieben, so schien nur der mittelste stillzustehen; die an den seitlichen Theilen der Reihe sichtbaren Funken hingegen lagen mit ihm nur so lange auf einer geraden Linie, als der Hauptblickpunkt fixirt wurde, während sich beim Uebergang der Fixation auf den mittelsten Funken die beiden Enden der Linie nach der dem Hauptblickpunkt entgegengesetzten Seite krümmten, sich von letzterem zu entfernen schienen.

Im Versuche II, 4) wurde die Linie des grössten Kreises im directen Sehen gerade, im indirecten concav gegen den Hauptblickpunkt. Hier, wo die Funken in einem Directionskreise liegen, ist das Umgekehrte der Fall. In der Primärstellung indirect wahrgenommen, ist die Linie gerade, und sie wird gegen den Hauptblickpunkt leicht convex, wenn die Fixation auf ihren Mittelpunkt übergeht, also bei directer Betrachtung.

[5] In Secundärstellungen indirect gesehen, erschien die Funkenlinie verschieden, je nach der Richtung des Blicks. Sie war (soweit ich urtheilen konnte) nach unten leicht concav, wenn der Seitenarm gehoben, der Blick aber unter die Primärstellung gesenkt war, der Fixationspunkt also

in Bezug zur Funkenreihe jenseits des Hauptblickpunktes lag. Lag der Fixationspunkt zwischen Hauptblickpunkt und der Funkenreihe, so erschien sie schwach nach unten convex, um so mehr, je mehr sich der Fixationspunkt ihr selbst annäherte. Lag der Fixationspunkt endlich auf der dem Hauptblickpunkt entgegengesetzten Seite der Funkenreihe, so erschien diese sehr stark convex nach unten, es hatte sich also im letzteren Falle nur der Grad, nicht die Richtung der Krümmung geändert. Die gleichen Beobachtungen machte ich, wenn Bogen und Seitenarm gesenkt waren; nur war die Convexität dann nach oben gerichtet.]

#### VIERTER VERSUCH.

Alle Theile des Apparates behalten die horizontale Lage; der ganze Apparat wird nach der angegebenen Methode in dem Fussgestell gesenkt oder gehoben. Es ändert sich also nur das Gesamtniveau der Theile in Bezug zur Ausgangsstellung: der Bogen liegt immer in einer der horizontalen Meridianebene parallelen Ebene, stellt demnach Parallelkreise des horizontalen Meridians dar.

1) Wird der Apparat gehoben und der mittelste Funke fixirt, so erscheint die Linie der Funken nach unten convex, und zwar um so mehr, je mehr der Apparat gehoben ist. — Wird der Apparat unter das Niveau der Ausgangsstellung gesenkt und der mittelste Funke fixirt, so erscheinen diese in einer nach oben convexen Linie. — (Wird einer der peripherischen Funken fixirt, so bleibt die Convexität bestehen, aber die ganze convexe Linie scheint ihre Lage im Raume der Art verändert zu haben, als wäre sie etwas um eine Achse gedreht, die mit der Hauptachse des Apparates [primärgerichtete Blicklinie] übereinstimmende Richtung hat. Wenn der Apparat gehoben ist, und man nach dem

äussersten linken oder rechten Funken blickt, erhält man den Eindruck, als wären die medialen Theile der Linie, im Vergleich mit der Fixation des mittelsten Funken, etwas nach oben, gleichzeitig die lateralen nach unten gegangen; ist der Apparat tiefer gestellt und man fixirt einen der äussersten Funken, so ist der Eindruck der umgekehrte.)

2) Derselbe Eindruck von einer Lageveränderung der Linie macht sich natürlich ebenso geltend, wenn der Blick über die Funkenreihe hinwandert. Eine Veränderung, d. h. scheinbare Abnahme der Krümmung ist der resultirende Eindruck bei wiederholter Blickbewegung. Je rascher man die Fixation zwischen dem mittelsten und einem der äussersten Funken abwechseln lässt, desto mehr macht sich dieser letztere Eindruck hinsichtlich der Gesammlinie geltend.

3) Die Convexität der Linie bleibt, wenn diese in der Primärstellung des Auges indirect gesehen wird doch ist sie wesentlich geringer als bei directer Fixation eines der Funken.

[4] Liegen die Funken in einem Parallelkreise oberhalb des horizontalen Meridians, und man senkt, nachdem man anfänglich den mittelsten Funken fixirt hatte, den Blick mehr und mehr, so wird die Convexität der Reihe immer geringer, ist vom Hauptblickpunkt aus noch wahrnehmbar, wie wir eben gesehen haben, endlich aber, bei stark gesenktem Blick, kann die Reihe gerade erscheinen. Ebenso wenn der Apparat im Ganzen unter die Ausgangsstellung gesenkt ist (die Funken also in einem Parallelkreise unterhalb des Blickfeldhorizontes liegen), und man nun den Blick stark erhebt. Geht umgekehrt der Blick vom Hauptblickpunkt auf einen jenseits der Funkenreihe gelegenen Punkt über, wird also bei gehobenen Apparat über der Bogen weg, bei gesenktem Apparat darunter hindurch geblickt, so wird die Con-

vexität gegen den Hauptblickpunkt noch auffallender als bei der Fixation des mittelsten Funken; die Reihe ist gegen den augenblicklichen Blickpunkt stark concav.]

Dieselbe Reihenfolge der Versuche wurde für das rechte Auge angestellt und ergab das nämliche Resultat.

## ZWEITE VERSUCHSREIHE.

Alle Theile des Apparates sind vertical gerichtet.

Der Apparat wird im Gelenke c um  $90^\circ$  über den Kopf gedreht, der Bogen stellt also, so lange die Zeiger bei a und b auf Null gerichtet sind, den verticalen Meridian des Blickfeldes dar. Die Untersuchungen geschehen erst mit dem linken, dann mit dem rechten Auge. Die Ergebnisse waren genau übereinstimmend für beide Augen; ich zähle sie in Folgendem kurz auf, wozu ich bemerke, dass die Modalitäten der Versuche I, II und III ganz analoge waren wie in den entsprechenden Versuchen der ersten Versuchsreihe, d. h. dass die am Apparate vorgenommenen Stellungen jeweilig um die nämlichen Gelenke geschahen wie dort.

### I. VERSUCH.

Der verticale Meridian erscheint unter allen Verhältnissen des directen Sehens, bei ruhendem wie in der Richtung des Meridians bewegtem Blick, als gerade verticale Linie. — Im indirecten Sehen erscheint er concav, nach rechts, wenn ich rechts blicke, nach links, wenn ich links blicke, also immer gegen den Fixationspunkt.

### II. VERSUCH.

Von oben nach unten gerichtete grösste Kreise, die eine gemeinsame verticale Achse haben

1) Bei Fixation des mittelsten sehe ich die Funken in gerader verticaler Linie. Wenn ich dagegen den in der Reihe obersten oder untersten Funken fixire, so erscheint das sichtbar bleibende Stück der Linie zwar gerade, aber nicht mehr genau vertical. Die Abweichung von der verticalen Richtung erscheint um so grösser, je weiter der Bogen nach rechts oder nach links gedreht ist, immer aber ist sie der Art, dass das periphere Ende des sichtbaren Stückes medianwärts geneigt ist.

2) Bewege ich den Blick längs der Funkenreihe hin, dann erscheint die Linie, sofern der Bogen nach links gedreht ist, concav nach rechts, oder sofern der Bogen nach rechts gedreht ist, concav nach links. Also in beiden Fällen concav nach dem Hauptblickpunkt.

3) Fixire ich den im Hauptblickpunkt befindlichen Phosphorleck, so erscheint die indirect gesehene Funkenreihe wiederum gegen den Hauptblickpunkt concav. Der Unterschied zwischen der Wahrnehmung bei directer Fixation und im indirecten Sehen ist besonders dann auffällig wahrzunehmen, wenn die Fixation rasch zwischen dem Hauptblickpunkt und dem mittelsten Funken wechselt.

### III. VERSUCH.

Von oben nach unten gerichtete Directionskreise, welche im Occipitalpunkte eine gemeinschaftliche verticale Tangente haben.

1) Bei Fixation des mittelsten Funkens erscheint die Linie nach innen, d. h. nach dem Hauptblickpunkte

hin, etwas convex, um so stärker, je mehr Seitenarm und Halbkreis aus der Meridianebene sich entfernen.

2) Wenn man mit dem Blicke längs der Funkenreihe hingeht und namentlich wenn man diese Bewegung öfters wiederholt, so erscheint die vorher convexe Linie vollkommen gerade, um wiederum leicht convex zu werden, wenn der Blick längere Zeit auf einem der Funken ruht.

3) In der Primärstellung des Auges indirect wahrgenommen, erscheint die Funkenreihe als gerade verticale Linie, ebensowohl wenn Bogen und Seitenarm nach rechts, als wenn sie nach links hin gedreht sind. Auch hier wird der Unterschied zwischen der Wahrnehmung im directen und indirecten Sehen besonders auffallend durch die scheinbare Bewegung, welche die Enden der Linie machen, wenn abwechselnd der mittelste Funke oder der Hauptblickpunkt fixirt wird.

Weitere Beobachtungen der Meridiane, grössten Kreise und Directionskreise in den diagonalen Richtungen nahm ich dann, abwechselnd mit dem linken und rechten Auge, für je 15° Drehung des Apparates um seine Längsachse vor und kam durchweg zu genau übereinstimmenden Resultaten. Als Muster aller dieser Versuchsreihen kann mithin die genauer beschriebene erste gelten.

Ich beeile mich, die Ergebnisse meiner Untersuchung in wenige Sätze zusammenzufassen. Um aber zu zeigen, dass, was ich gefunden, nicht rein individuell ist, und um andererseits die Ueberzeugung zu gewähren, dass das Cycloscop vollkommen sicheren und unzweideutigen Aufschluss giebt, welcher stets den verschiedenen Bedingungen des Einzelversuches entspricht, sei mir gestattet, mich auf einen zweiten Beobachter zu stützen. Herr

Professor Donders nämlich hatte die Freundlichkeit, nach Abschluss meiner Versuche, die Beobachtungsreihen für die beiden Hauptrichtungen, die horizontale und verticale, zu wiederholen. Der Apparat wurde zuvor mit Sorgfalt für ihn eingestellt, und ich selbst variierte während der Sitzung im absolut dunklen Zimmer ganz willkürlich die Bedingungen der Beobachtung, ohne zu sagen, welche Art von Kreis ich eingestellt, worauf Professor Donders, was er sah, einem Gehilfen dictirte. Dieser schrieb es, sowie ich in der Zwischenpause zwischen je 2 Beobachtungen der Controle wegen Licht gemacht hatte, nieder. Zu meiner Genugthuung stimmen sämtliche Angaben von Professor Donders so genau mit meinen Resultaten überein, dass ich letztere selbst mit dem auf die geschilderte Weise entstandenen Dictat wiederzugeben mich nicht enthalten kann. Hier folgt es:

Wenn die Funkenlinie in einem Meridian des Blickfeldes liegt, so erscheint sie gerade, ob ihre Mitte fixirt oder der Blick übersie hin bewegt wird. In Secundärstellungen des Auges indirect gesehen, erscheint sie gegen den augenblicklichen Fixirpunkt schwach concav.

Wenn die Funkenlinie in grössten Kreisen des Blickfeldes liegt, erscheint sie, wenn ihre Mitte fixirt wird, so gut wie gerade. Bei Bewegungen des Blicks die Reihe entlang, wird sie stark concav gegen die Mitte des Blickfeldes (wenigstens das Stück der Linie stark welches in dem temporalen Theil des Blickfeldes liegt). Bei Fixation des Hauptblickpunktes indirect gesehen, erscheint die Linie sehr leicht concav gegen jenen (gegen die Mitte des Blickfeldes), beim Blick in die aus-

serhalb der Funkenreihe gelegenen, peripherischen Partien des Blickfeldes, leicht concav nach dem augenblicklichen Blickpunkt (also im entgegengesetzten Sinne wie eben vorher).

Liegen die Funken auf einem Directionskreise des Blickfeldes, dann erscheinen sie vom Hauptblickpunkt gesehen, als eine gerade Linie. Wird die Mitte der Reihe fixirt, dann zeigt sie sich etwas convex gegen die Mitte des Blickfeldes, was gänzlich verschwindet, sobald man mit dem Blicke darüber hingeht, aber stärker wird, wenn man den Blick nach den jenseits der Funkenreihe gelegenen äussersten Partien des Blickfeldes richtet.

Liegt die Funkenreihe endlich in einem Parallelkreise des Blickfeldes, so erscheint sie nach der Mitte des Blickfeldes convex, wenn man sie bei Fixation des Hauptblicktes indirect wahrnimmt. Diese Convexität der Linie wird stärker, je mehr man den Blick der Funkenreihe selbst nähert, und ist sehr auffallend, sowie man einen Punkt derselben fixirt; Bewegung des Blicks die Reihe entlang, ändert hieran Nichts. (Endlich ist zu erwähnen, dass, wenn man den Blick nach den dem Parallelkreise gerade entgegengesetzten Partien des Blickfeldes richtet (also z. B. stark nach unten blickt, wenn der Parallelkreis über dem horizontalen Meridian liegt) die Reihe sich auch gerade zeigt).

#### LETZTE VERSUCHSREIHE.

Um zu prüfen, ob die Ergebnisse des Versuches dieselben blieben, wenn ich nicht bloss den inneren beim Blicken gewöhnlich benutzten Theil, sondern die ganze Ausdehnung des monocularen Gesichtsfeldes in Betracht zog, vertheilte ich die Funkenrähmchen in grösseren Entfernungen von einander, so dass sie zwei Drittel bis fünf Sechstel des Halbkreises einnahmen. — Die Ergebnisse waren mit den beschriebenen übereinstimmend, insofern die Meridiankreise und grössten Kreise bei directer Fixation, die Directionskreise bei unbewegtem primärgestelltem Auge, endlich die Meridiane und peripheren Directionskreise aller Richtungen auch bei darüber hinbewegtem Blick als gerade Linien erschienen. Wurde jedoch der Blick in Richtung der Funken bewegt, wenn diese entweder in einem grössten Kreise oder in einem Directionskreise lagen, so zeigten sich im ersten Falle die oft beschriebene Abweichung von der ungekrümmten Richtung, im zweiten Falle der Eindruck einer ungekrümmten Linie nur dann unzweideutig, wenn die Funkenreihe nicht sehr excentrisch im Blickfelde lag. Jenseits einer gewissen Grenzstellung des Bogens, welche für diagonale Richtungen früher erreicht war als für die Richtung von links nach rechts und noch früher für verticale Richtung, war ich über die Art der Krümmung der grössten Kreise nicht sicher, oder ich musste mir sagen, dass ich eine solche gar nicht erkennen konnte; anderseits erschienen die Directionskreise meistens noch schwach gegen den Hauptblickpunkt hin convex. — Noch eine andere Beobachtung drängte sich mir bei diesen Versuchen mit sehr ausgehnter Funkenlinie auf, und zwar in bestimmtester Weise, so oft letztere transversal gerichtet war. Wenn ich nämlich

sagte, die Linie erschien mir unter den und den Umständen gerade, so müsste ich mich eigentlich ausdrücken, sie erschien in der Fläche, in welche mein Auge die Funken projecirte, ungekrümmt. In jener Ebene jedoch, die man sich jedesmal durch den Drehpunkt des Auges und die Funkenreihe gelegt denken konnte, erschien sie nicht gerade: vielmehr erhielt ich den Eindruck, als lägen die mittleren Funken auf einer zur Blicklinie lothrechten Linie, und als bildete das äusserste Ende der Reihe — das linke, wenn ich mich des linken, das rechte, wenn ich mich des rechten Auges bediente, also stets das schläfenwärts gelegene Ende — ein stumpfes Knie mit jener Linie. Mit anderen Worten: die Linie der Funken erschien wie an der Schläfenseite eingeknickt, als wären die gegen das Ende hin sichtbaren Funken dem Auge genähert. Verstärkt wurde dieser Eindruck, wenn ich mehre Funken an dem äussersten wahrnehmbaren Theile des Bogens dicht bei einander überspringen liess — also für das rechte Auge auf dem rechten, für das linke Auge auf dem linken Ende des Bogens —, während die mittleren Funken unter sich und von jenen weiter entfernt waren. Das durch mehrere Funken erzeugte Licht verhalf dazu, die Aufmerksamkeit stärker dem indirect Gesehenen zuzuwenden. Von beiden Seiten zugleich diese scheinbare Annäherung der peripherischen Funken wahrzunehmen, gelang mir nicht so gut, weil eben die Nase dem Einzelauge einen grossen Theil des Halbkreises verdeckte, also dort überspringende Funken für die Wahrnehmung verschwanden. Wenn ich den Kopf nach der Seite des verschlossenen Auges, das offene Auge also temporalwärts wendete, kam der Eindruck, so wie eben beschrieben, allerdings am nasalwärts liegenden Ende der Linie zu Stande, aber fehlte nun an der Schläfen-

seite. Bei vertical gerichteter Funkenlinie nahm ich dies kaum deutlich wahr.

Helmholtz (l. c. S. 555, Absatz 3) hat auf andere Weise diese Beobachtung für das binoculare Gesichtsfeld gemacht und knüpft die Bemerkung daran, dass es scheine, als ob das Auge aus einer grösseren Entfernung, aus der Tiefe des Kopfes hervor in die Aussenwelt blicke, so dass ihm das Gesichtsfeld in seinen mittleren Partien stärker vertieft vorkomme. —

Bevor ich den experimentellen Theil meiner Aufgabe verlasse, noch eine Bemerkung. Um zu prüfen, welchen Grad von Genauigkeit die Beobachtung mit dem Cycloscop hat, wie bald mit anderen Worten normwidrige Bedingungen die Resultate beeinträchtigen, boten sich mir zwei Wege. Ich konnte eine Versuchsreihe in der Art anstellen, dass ich denjenigen Theil des Apparates, welcher bei dem Versuche momentan festgestellt bleiben sollte, von vornherein in eine abweichende Stellung brachte. Ich konnte also, wenn ich mit dem Bogen allein operirte, den Seitenarm — oder umgekehrt, wenn ich den Seitenarm im Gelenke *b* zu drehen hatte, den Bogen um 1, 2 oder mehr Grade abweichend einstellen und untersuchen, wie bald sich eine deutliche Differenz gegen die Norm kundgäbe. — Der zweite Weg war der, dass ich am Apparate selbst gar keine Störung vornahm, sondern meinem Auge einen anderen Platz gab, so dass es sich entweder etwas vorne oder hinten, oben oder unten, links oder rechts vom Mittelpunkte der imaginären Kugel befand. Ich wählte den zweiten Weg, weil ich durch denselben Resultate gewann, welche gleich direct in linearen Grössen, in Bruchtheilen der Länge des Radius der Hohlkugel auszudrücken waren. — Die betreffenden Versuche ergaben hinsichtlich der verschiedenen Richtungen der Abweichung übereinstimmende Resultate. Es genügte, mein Auge in der horizontalen oder verticalen Richtung um 0,7 bis 0,8 Ctm., also um ca.  $\frac{1}{30}$  der Länge des Radius, aus dem Mittelpunkte

zu verschieben, damit sich an den bis dahin gerade erscheinenden Meridianen und Directionskreisen eine unverkennbare Krümmung zeigte. Eine Verschiebung des Kopfes in der Richtung von vorn nach hinten jedoch projicirt sich nicht in den centralen Theil des kugelförmigen Blickfeldes, ändert also an dem Verhalten der Meridiane gar Nichts, sondern könnte nur dann ihren vollen störenden Effect auf die Wahrnehmung der Funkenlinie äussern, wenn diese im Aequator des Blickfeldes läge, und des Auge gleichzeitig eine Seitwärtswendung von  $90^\circ$  gemacht hätte. Da dies nicht möglich ist, so half ich mir damit, dass ich den Halbkreis von verschiedenen Meridianen aus je  $45^\circ$  excentrisch stellte. Auf die in der Mitte zwischen Hauptblickpunkt und dem Aequator gelegenen Theile des Blickfeldes projicirt, erscheint eine Verschiebung des Auges vom Mittelpunkte der Hohlkugel nach vorn oder nach hinten in der nämlichen Grösse, wie Verschiebungen um gleiche Strecken nach rechts oder links, beziehentlich oben oder unten, ebendorthin projicirt. In der That stellte sich nun auch heraus, dass die Grenzen, innerhalb deren ein störender Einfluss der excentrischen Lage des Auges nicht zu bemerken war, gleich enge waren, ob das Auge nach vorn oder hinten, oder ob es in einem der anderen beiden Durchmesser des Blickfeldes verschoben war. In keinem Falle durfte die Entfernung des Drehpunktes des Auges vom Mittelpunkte des Halbkreises mehr als 1,7 Cent. betragen, sonst fielen sofort die abweichenden Erscheinungen an den der Beobachtung vorliegenden Blickfeld-Kreisen auf. — Es ist hieraus zugleich ersichtlich, dass gegen die Grenzen des engeren Blickfeldes hin die Genauigkeit dieser Beobachtungen nicht viel von der in der Mitte des Blickfeldes abweicht; denn da natürlich eine Verschiebung des Auges in einem der drei Hauptdurchmesser unter einem Winkel von  $45^\circ$  sich nur mit der halben Grösse in die Kugelfläche projicirt, so ist das Verhältniss der seitlichen und centralen Beobachtungsschärfe etwa 0,75 (Mittel): 0,85.

Die Ergebnisse der Untersuchungen noch einmal überblickend, können wir dieselben in einer sehr einfachen Form zusammenfassen: Bei den Raumabmessungen mittels des Gesichtssinnes werden wir im Allgemeinen nicht durch die geraden Linien des Raumes, sondern durch subjectiv gerade Linien geleitet. Deutlicher ausgedrückt: Wenn wir bei der Entscheidung darüber, welches die kürzeste Entfernung zwischen zwei Punkten, oder was eine gerade und was eine gekrümmte Linie ist, ebensowohl die Aufschlüsse der Erfahrung als jedes äussere Hilfsmittel fernhalten, uns also einzig auf unser subjectives Urtheil verlassen, so urtheilen wir nur dann richtig, wenn die fraglichen Linien durch den Hauptblickpunkt gehen; ausserdem irren wir constant nach zwei Richtungen. Wir halten die objectiv geraden Linien erstens dann für gekrümmt, wenn wir den Blick über sie hin, in einer andern als einer durch die Primärlage der Blicklinie hindurchgehenden Bahn bewegen, und zweitens halten wir die geraden Linien des Raumes auch dann für gekrümmt, wenn wir sei bei Ausschluss der Augenbewegungen indirect wahrnehmen. Was uns dagegen als die kürzeste Entfernung, als gerade Linie erscheint, ist in Wirklichkeit gekrümmt, und zwar nach der der scheinbaren Krümmung der geraden Linien entgegengesetzten Seite. Dass in beiden Fällen die Art (die Richtung) der Krümmung, in welcher objectiv gerade Linien erscheinen, die gleiche ist, haben unsere Experimente ergeben, und es lassen sich bei näherer Betrachtung die beiden Täuschungen auf eine einzige zurückführen. Diese aber findet ihre ursächliche Begründung in dem Gesetze, welches den ausgebildeten Modus unserer Augenbewegungen beherrscht.

Da wir uns über die Richtung, über den geraden oder

gekrümmten Verlauf einer Linie am genauesten dadurch unterrichten, dass wir den Blick in ganzer Länge der Linie über sie hinführen, so ist in der That die Zuhilfenahme der Augenbewegungen zu diesem Zwecke uns zur Regel geworden. Wenn wir nun aber von einer Linie zuerst einen ruhenden Eindruck auf unserer Netzhaut erhalten und sie dann, behufs genauerer Beurtheilung, mit dem Blicke von einem Endpunkte zum andern verfolgt haben, so vermögen wir jedesmal durch Vergleichung zu erkennen, welchen Eindruck eine Linie auf unsere ruhende Netzhaut macht, die bei darüber hinbewegtem Blicke gerade erscheint. Durch häufige Wiederholung dieser Vergleichungen bildet sich so, wie ja schon in der Einleitung aneinandergesetzt, ein gewisses Urtheil auch hinsichtlich der Richtung von Linien, welche wir nur ruhenden Auges wahrnehmen, in uns aus. Dieses Urtheil ist indessen durchaus abhängig von unseren mit Hilfe der Augenbewegungen gemachten Wahrnehmungen, und eine Täuschung, welche bei letzteren mit unterläuft, muss unausbleiblich auch das weit unzuverlässigere Urtheil mittels des ruhenden Auges fälschen. Bei der festgestellten Uebereinstimmung, die zwischen den beiden hier besprochenen Urtheilstäuschungen besteht, ist es unzweifelhaft nur für die eine — für die dem bewegten Blicke anhaftende — nothwendig, die gesetzmässigen Bedingungen ihrer constanten Wiederkehr zu erforschen; die zweite, dem ruhenden Blicke angehörige, ergiebt sich dann von selbst.

Wir haben gefunden, dass es die Drehung des Auges um eine feste Axe ist, welche bei Ausschluss objectiver Anhaltspunkte des Urtheils ganz allein dafür entscheidet dass die in der Bahn der bewegten Blicklinie (in der „Blickbahn,“ wie wir kurz sagen können) gelegene Linie des Raumes uns gerade erscheint. Nur unter den Um-

ständen eines bestimmten Falles ist eine solche Linie auch wirklich eine Gerade — wie erwähnt dann, wenn sie durch den Hauptblickpunkt geht, der Directionskreis also, welcher Blickbahn ist, einen Meridiankreis des Blickfeldes darstellt. Dieser Fall ist aber unter allen der praktisch wichtigste, am häufigsten wiederkehrende. Denn von sämmtlichen Augenstellungen bevorzugen wir ganz besonders eine — die Primärstellung. Wenn wir den Blick über eine Linie hinbewegen wollen, so wenden wir den Kopf dabei gewöhnlich so, dass die primär-gestellte Blicklinie senkrecht zur betrachteten Linie gerichtet ist. Jede Gerade, zu der die primär-gestellte Blicklinie senkrecht gerichtet ist, ist Tangente an einem Meridiankreise des Blickfeldes, ihr Bild fällt auf der Netzhaut — und zwar auf dem entsprechenden Meridiane der Netzhaut — mit dem Bilde des zugehörigen Kreisbogens zusammen. Von der Primärstellung aus können wir also, bei Drehung des Auges um eine feste Achse, den Blick jede beliebig gerichtete Gerade entlang bewegen; wenn wir andererseits die kürzeste Entfernung zweier Punkte eines Meridians bemessen wollen, brauchen wir nur das Auge um eine feste (zur betreffenden Meridianebene senkrechte) Achse zu drehen. Nun übertragen wir diese Erfahrung, eben weil sie in der weit überwiegenden Mehrzahl der Fälle wiederkehrt, auf alle Linien, denen wir unter Drehung des Augapfels um eine feste Achse folgen können, i. e. auf alle Directionskreise. Jedes beliebige Stück eines solchen erscheint uns als eine Linie, die ihrer ganzen Länge nach unveränderte Richtung hat, und um zwischen zwei Punkten des Blickfeldes den anscheinend kürzesten Weg zu messen, bewegen wir die Blicklinie in den Directionskreise, der durch die beiden Punkte geht.



In dem Gesagten liegt aber nur der vollständige Ausdruck der Thatsachen, noch keine Erklärung. Um einzusehen, warum wir die von den Meridianen abgeleitete Erfahrung auch auf die nicht durch den Hauptblickpunkt gehenden Directionskreise ausdehnen — unser Urtheil so mit den thatsächlichen Verhältnissen in Widerspruch setzend —, müssen wir nach besonderen Qualitäten der Empfindung suchen, welche der Bewegung des Blickes in Directionskreisen (die Meridiane natürlich vorangestellt), und ausschliesslich in solchen, zukommen. Denn nur Etwas, was die Empfindung hierbei vor anderen ähnlichen Empfindungen auszeichnet, kann derartig zwingend unser Urtheil bestimmen. Bei den Gesichtswahrnehmungen ist aber der Empfindungs-Inhalt im Allgemeinen zweifach, einmal von der Erregung der Netzhauttheile, welche den äusseren Eindruck empfangen, sodann vom Innervationszustand des Muskelapparates des Auges herrührend. Diese beiden Momente — Einfluss der Netzhautbilder und Einfluss der Innervationsempfindungen — haben wir auch für unsere Frage in Erwägung zu ziehen.

Wenn ein Auge sich nach Listing's Gesetze bewegt, so folgt daraus, dass ihm wie jeder Meridian so auch jeder Directionskreis, welchen es verfolgt, fort-dauernd in unverändertem Netzhautbilde erscheint. Wenn immer ein solches Auge sich um eine feste Achse dreht, so wird ein Stück der in der Blickbahn liegenden Linie nach dem anderen auf den nämlichen Netzhauttheilen abgebildet, jedes nachfolgende Stück der Linie erscheint also stets dem vorhergehende, überhaupt allen Stücken derselben Linie congruent. Soll andererseits das nämliche Auge einer geraden Linie folgen, welche nicht durch den Hauptblickpunkt geht, so kann die geforderte Dre-

hung nicht um eine und die nämliche, feste, sondern nur um eine Anzahl in jedem Moment der Drehung wechselnder Achsen zu Stande kommen. Demzufolge wird auch nicht jedes eben fixirte Stück dieser Linie auf den nämlichen Netzhauttheilen abgebildet, wie das vorausgehende, und die einzelnen Stücke derselben erscheinen nicht sämmtlich einander congruent. Helmholtz 1) hat diese Folgerung des Listing'schen Gesetzes meines Wissens zuerst ausführlich entwickelt. Dass dieselbe thatsächlich erfüllt ist, davon kann man sich am Cycloscop auch sehr leicht überzeugen, wie ich nachher ausführen werde.

Aber eine ganz analoge Folgerung lässt sich aus dem Listing'schen Gesetz für die Innervations-Empfindungen ableiten. Dass die relative Inanspruchnahme der bei einer Drehung des Bulbus beteiligten Muskeln und damit die Innervations-Empfindung, so oft die Drehung um eine feste Achse geschieht, vom Beginn bis zur Vollendung derselben unverändert die nämliche, dass dagegen, so oft die Bewegung des Bulbus nicht um eine und die nämliche Achse ausgeführt werden kann, die relative Inanspruchnahme der beteiligten Muskeln und damit die Innervations-Empfindung in jedem Augenblicke der Bewegung eine andere sein werde, ist ohne Weiteres verständlich, wenn es sich auch dem experimentellen Nachweise entzieht. Wenn also der Blick in einem beliebigen Directionskreis bewegt wird, so bleibt der Empfindungs-inhalt nach seiner doppelten Seite von Anfang bis zum Ende der Bewegung constant. Das Bild auf der Netzhaut und die Innervations-Empfindung sagen uns beide: die Linie hat constante (durchaus unver-

1) I. c., S. 493 u. 548 f.

änderte) Richtung. Wenn dagegen die auszuführende Verschiebung des Blicks nicht um eine unveränderliche Achse geschehen kann also z. B. wenn eine nicht durch den Hauptblickpunkt gehende Gerade Blickbahn sein soll), dann constatiren wir einen, in jedem Augenblick der Bewegung wechselnden Empfindungsinhalt und schliessen: dieser Linie kommt keine constante Richtung zu.

Also das beständige Wechseln der Drehungsachsen, welches einen ununterbrochen variirenden Empfindungsinhalt zur Folge hat, ist es, was die unter den oft-gerannten Umständen auftretende Täuschung in uns veranlasst, als wären die objectiv geraden Linien gekrümmt. — Helmholtz 1) sagt einfach: „Der Grund dieser Täuschungen ist in den Raddrehungen des Auges zu suchen.“ An der betreffenden Stelle des Helmholtz'schen Werkes passt und genügt diese Erklärung vollkommen, da es sich dort einzig um den Gegensatz zwischen Meridianen und grössten Kreisen handelt. Der Gegensatz zwischen Directionskreisen überhaupt aber und den grössten Kreisen lässt sich nicht darauf begründen, dass bei letzteren eine Drehung um die Blicklinie (wie ich, wegen der doppelten Bedeutung, in welcher „Raddrehung“ von Helmholtz gebraucht wird, lieber sagen will) stattfindet. Darum sah ich mich, um das Verständniss dieser wichtigen Frage so einfach und leicht als möglich zu machen, veranlasst, der Erklärung eine präcisere Fassung zu geben. Eine Drehung des Augapfels um die Blicklinie findet ja auch jedesmal dann statt, wenn letztere in einem peripherischen (nicht durch den Hauptblickpunkt gehenden) Directionskreise bewegt wird. Das charakteristische und für unsere Frage entscheidende

1) l. c., S. 483 oben.

Merkmal dieser letzteren Drehung um die Blicklinie ist nur, dass dieselbe stets um gleiche Winkelgrössen zunimmt, so oft die Verschiebung des Blicks um gleiche Grössen fortschreitet. Bei der Drehung des Auges um veränderliche Achsen dagegen steigt der Werth des Winkels, welcher die Drehung um die Blicklinie misst, durchaus nicht proportional der Länge des von der Blicklinie zurückgelegten Weges 1).

Ich wiederhole: Wir nehmen alle Linien des Blickfeldes, denen wir von irgend einer Stellung des Auges aus unter Drehung des letzteren um feste Achsen folgen können (alle Directionskreise), als gerade, alle anderen Linien als gekrümmte wahr. Aus der Thatsache einer Drehung um eine unveränderliche Achse folgt die Unveränderlichkeit der begleitenden Empfindung vom Beginn bis zum Ende der Drehung. Diese unveränderliche Empfindung knüpft sich, wenn immer die Blickbahn eine centrale ist, an eine objectiv gerade Linie. Der Fall, dass die Blickbahn durch die Primärstellung der Blicklinie hindurchgeht, ist aber, wie wir gesehen haben, der bei Weitem häufigste. Darum nehmen wir auch in den ungewöhnlicheren Fällen, wo die Blickbahn eine periphere ist, die Unveränderlichkeit der begleitenden Empfindung als Beweis dafür, dass die in der Blickbahn liegende Linie gerade sei. Wie bei darüber hinbewegtem Blick halten wir endlich die nämlichen Linien auch dann für gerade, wenn wir sie in der Primärstellung des ruhenden Auges wahrnehmen.

1) Die Drehung um die Blicklinie wächst hier nach um so kleinerem Maasse, je ferner der Blickpunkt dem zum überblickten grössten Kreise senkrechten Meridian des Blickfeldes rückt. Umgekehrt wächst sie in zunehmendem Maasse bei Parallelkreisen.

Wenn nun gleichzeitig mehrere oder viele Directionskreise als ebensoviele gerade Linien wahrgenommen werden, so scheinen alle diejenigen die nämliche Richtung zu haben (parallele Gerade zu sein), welche im Occipitalpunkt die nämliche Tangente haben. Ueberhaupt hat jeder Directionskreis — sofern er nicht selbst ein Meridian ist — übereinstimmende Richtung mit demjenigen Meridian, mit welchem er im Occipitalpunkt die nämliche Tangente hat (vergl. die Beschreibung des Apparates S. 177). Daran muss ich eine Bemerkung knüpfen. Zur Erklärung der von mir vorausgehend geschilderten Thatsachen legt Helmholtz, wie mir scheint mit Unrecht, das ausschliessliche Gewicht auf die Unveränderlichkeit des Netzhautbildes, in der die Directionskreise erscheinen. Wenn nun auch Gründe der Analogie dafür sprechen mögen, dass es hauptsächlich der Einfluss des Netzhautbildes ist, welcher uns veranlasst, die in Directionskreisen gelegenen Linien für solche von constanter Richtung also für Gerade zu halten, so sind wir doch zur Erklärung der letzterwähnten Eigenthümlichkeit der Directionskreise genöthigt, das unveränderliche Innervationsgefühl zu Hilfe zu nehmen.

Denn wenn das Auge nach einander verschiedenen Directionskreisen, welche eine gemeinsame Tangente haben, folgt, so sind keineswegs die auf der Netzhaut entworfenen Bilder alle gleich. In jedem einzelnen Falle verschiebt sich das betreffende Netzhautbild in sich selbst, aber das Bild eines zweiten Directionskreises verschiebt sich durchaus nicht auf den nämlichen Stellen der Netzhaut, wo sich das des früher überblickten abgebildet und in sich selbst verschoben hatte. Um das einfachste Beispiel zu wählen: Denken wir uns das Auge einmal um  $5^\circ$ , dann um  $10^\circ$ , endlich um  $20^\circ$  um die

Transversalachse gehoben oder gesenkt, und es sollte nun jedes Mal eine Seitwärtswendung, wieder um eine feste Achse ausgeführt werden, so ist klar, dass die mit unterlaufende Drehung um die Blicklinie im ersten Falle am geringsten, stärker im zweiten Falle, am stärksten im dritten sein würde. Je stärker aber die Drehung um die Blicklinie, desto kleiner würde auch der Krümmungsradius des Bogens sein, welchen das Bild des überblickten Stückes von einem der drei Directionskreise auf der Netzhaut beschriebe. Also die Netzhautbilder der drei gedachten Falle sind nicht die nämlichen. — Wohl aber wird, ob nun das Auge  $5^\circ$ ,  $10^\circ$  oder  $20^\circ$  in verticaler Bahn gehoben oder gesenkt ist, in allen drei Fällen die nämliche Innervation des Musc. rect. ext. oder int. genügen, das Auge um eine feste Achse seitwärts zu wenden. Dass trotzdem die Bahn, in welcher die nämliche Innervation des nämlichen Muskels die Blicklinie führt, jedesmal eine verschiedene, von weniger oder mehr Drehung um die Blicklinie begleitet sein wird, haben wir eben gesehen. Dies ist aber auch leicht verständlich, denn durch die vorausgegangene Hebung oder Senkung des Bulbus ist eben die Zugrichtung der beiden Seitenwender eine andere geworden. Während diese das primär gestellte Auge ohne jede Drehung um die Blicklinie (weil um eine zu dieser senkrechten Achse) in rein horizontaler Bahn führen, bewirken sie natürlich gleichzeitig mit der Seitwärtswendung eine Drehung um die Blicklinie, wenn diese vertical gehoben oder gesenkt war. Diese Drehung um die Blicklinie ist weiter um so stärker, je stärker das Auge gehoben oder gesenkt ist. Dass aber die Empfindung die nämliche sein muss, welche die Innervation des einen der beiden Antagonisten in den drei als Beispiel gewählten Stellungen begleiten,

kann nicht bestritten werden, sobald einmal zugegeben dass die Innervation selbst die gleiche ist. Weiter auf diese Frage einzugehen, ist hier nicht der Ort. Es kann ja, was hier von den einzeln wirkenden Seitwärtswendern gezeigt, leicht auf die Gruppen der Heber und Senker übertragen werden, und es möchte das Angeführte hinreichend sein, um zu zeigen, dass — was uns der Einfluss der Netzhautbilder nicht erklärt — die gleiche Richtung, unter der alle Directionskreise, denen im Occipitalpunkte eine gemeinschaftliche Tangente zukommt, erscheinen — sich ungezwungen aus der gleichen Innervationsempfindung ableiten lässt, welche die Verschiebung des Blicks in einem jeden derselben begleitet.

Die Einflüsse des Netzhautbildes auf unsere Beurtheilung des geraden oder gekrümmten Verlaufes lassen sich leicht mittels Nachbildern am Cycloscop nachweisen. Dazu schlug ich folgenden Weg ein. Ich überzog den Bogen, der sonst die Funkenröhmchen getragen hatte, mit hellgrauem Papier, dem nämlichen, mit welchem ein grosser Schirm überspannt war, welcher sich an der entfernten Wand mir gegenüber befand. Auf der Innenseite der Bogenkrümmung, genau in deren Mitte, zog ich eine deutliche schwarze Linie. Im mittelsten Theile des Bogens aber, ein Stück dieser Linie bedeckend und mit ihr parallel laufend, brachte ich einen schmalen Streifen rothseidenen Bandes an, von dem ich lebhaftere Nachbilder bekam. Wenn ich dann — bei heller Tagesbeleuchtung, sonst ganz wie früher — das eine geöffnete nicht accommodirende Auge in den Mittelpunkt des Halbkreises brachte und mir die verschiedenen Kreise am Cycloscop einstellte, war einfach genug zu

constataren, ob das Nachbild ganz in der schwarzen Linie blieb, wenn der Blick sich an ihr entlang bewegte, oder nicht. Ersteres war stets der Fall, wenn ich einen Meridian oder sonstigen Directionskreis von beliebiger Richtung eingestellt hatte. Stellte der Bogen aber einen grössten Kreis oder einen Parallelkreis vor, so blieb das Nachbild des Bandstreifens nicht in der Linie, sondern schnitt dieselbe unter einem spitzen Winkel, dessen Grösse zunahm, je mehr ich den Blick von der Mitte gegen die Endpunkte der Linie bewegte. Die Richtung, in welcher das Nachbild von der schwarzen Linie abwich, war natürlich die entgegengesetzte, je nachdem der Bogen in einem grössten Kreise oder in einem Parallelkreise stand (das medianwärts gekehrte Ende wich nach der Seite ab, wohin diese beiden Arten von Kreisen unter den früheren Modalitäten des Versuchs sich concav gezeigt hatten). Selbstverständlich trübt bei diesen Versuchen schon die kleinste Accomodationsanstrengung die Resultate; ich hatte aber nicht nöthig zum Atropin meine Zuflucht zu nehmen, da ich in Folge häufiger und langer Uebung meine Accommodation ganz willkürlich beherrsche.

Ferner stellte ich folgenden Versuch an. Auf dem Schirme an der gegenüberliegenden Wand befestigte ich genau im Blickpunkte meines primärgerichteten Auges einen rothlackirten Messingstreifen, welcher um seinen Befestigungspunkt drehbar war und so in alle möglichen Meridiane gebracht werden konnte. Die Meridiane zeichnete ich von  $15^\circ$  zu  $15^\circ$  auf dem Schirme auf. Dem Theile C' des Cycloscops endlich gab ich bei jeder Einzeluntersuchung die nämliche Richtung, die der Streifen an dem Schirme hatte, erhielt also durch Drehung des Bogens, beziehentlich des Bogens und Seitenarmes die

grössten Kreise und Directionskreise, deren Achse, beziehentlich Tangente mit der Achse und Tangente des betreffenden Meridianes identisch waren. Erzeugte ich mir diesmal ein Nachbild des Streifens und projecirte es der Art in einen grössten Kreis, den der grauüberzogene Bogen vorstellte, dass ich den markirten Mittelpunkt desselben fixirte, dann deckte sich das Nachbild vollkommen mit der schwarzen Linie, ganz gleichgiltig, ob Vorbild und Bogen horizontale, verticale oder diagonale Richtung hatten. Sobald ich meinen Blick aber über die Linie schweifen liess, bildete das Nachbild natürlich wieder einen spitzen Winkel mit der Linie, wie im vorigen Falle, dessen Grösse wuchs mit der Entfernung des Blicks von der Mitte. Wenn dagegen der Bogen einen Directionskreis vorstellte und ich dann das Nachbild auf den Mittelpunkt projecirte, so deckte dieses sich nicht mit der schwarzen Linie (die ja nun etwas gegen das Centrum des Blickfeldes convex erschien), sondern bildete die Tangente am Mittelpunkt derselben. Auch bei Verschiebung des Blickes längs der schwarzen Linie blieb das Nachbild stets Tangente des Directionskreises an demjenigen Punkte der Linie, der gerade fixirt wurde. Wenn endlich der Bogen die Lage eines Parallelkreises hatte, und ich die Marke im Mittelpunkte fixirte, dann war das Nachbild allerdings auch Tangente desselben im Mittelpunkte; sobald ich den Blick aber über die schwarze Linie wandern liess, schnitt das Nachbild dieselbe wieder unter spitzem Winkel, in entgegengesetzter Richtung als es bei grössten Kreisen der Fall war.

Dieser Versuch illustriert also ein Verhältniss, von welchem in der Einleitung (S. 157) die Rede gewesen ist. Eine gerade Linie, oder hier das Nachbild einer

solchen, welche eine Kugel in irgend einem Punkte tangirt, ist gemeinschaftliche Tangente an einem grössten Kreise, einem Directionskreise, einem Parallelkreise, welche im nämlichen Punkte der Kugel zusammenstossen. Denkt man sich die drei verschiedenen Kreise und die Tangente in der Richtung des Radius, der jenem Punkte der Kugeloberfläche entspricht, projecirt, so fällt die Projection der Tangente mit jener des grössten Kreises in ihrer ganzen Länge zusammen, mit jener der beiden letzteren aber nicht. Wenn man ferner eben diesen Radius (die Blicklinie) als Radius vector so in der Kugel herumführt, dass er eine Kegelfläche mit der Spitze im Kugelmittelpunkt (hier Drehpunkt) beschreibt und dass er schliesslich in den sagittalen Durchmesser der Kugel nach hinten zu liegen käme, bewahrt die Tangente (Nachbild) stets ihre relative Lage zu allen Punkten des Directionskreises, selbstverständlich aber wird sie dies den anderen Kreisen gegenüber nicht thun, sondern einen Winkel einerseits zur Ebene des grössten, anderseits des Parallelkreises bilden, welcher mit zunehmender Entfernung von dem ersten Blickpunkte wächst.

Den beschriebenen Versuchen kommt an sich keinerlei Werth oder Bedeutung zu, es schien mir jedoch aus mehrfachen Gründen statthaft, sie hier anzuführen. Einmal weil sie den Commentar zu der Aeusserung von Helmholtz 1) liefern; „dass das Nachbild congruiren wird mit der Richtung aller derjenigen Directionskreise, die im Occipitalpunkte die gleiche Tangente mit demjenigen haben, mit dem es zuerst congruirte,“ dass also auch durch einen directen Akt der Netzhaut-Empfindung constatirt werden könne, welche Directionskreise über-

1) l. c., S. 493 u. 548.

einstimmende Richtung haben (vgl. oben S. 303). Macht man den Streifen, von dem man das Nachbild entwickelt, sehr kurz und legt ihn in die Mitte eines Meridians oder excentrischen Directionskreises, dann kann man allenfalls -- einem beliebigen Directionskreise, der gleiche Tangente mit jenem hat, mit dem Blicke folgend -- die geringe Abweichung zwischen dem Nachbild als Tangente und dem entsprechenden Bogen vernachlässigen. Vollkommen decken sie sich nie. — Ferner wird eine neuerdings von Schoen wiederholt 1) ausgesprochene Anschauung „dass alle Gegenstände, in Secundärstellungen angeblickt, auf denselben Netzhautstellen sich abbilden, auf welche sie fallen, wenn ihnen das Gesicht vollständig zugewandt wird“, durch obige Versuche illustriert. Alle jene Linien nämlich werden in einer Secundärstellung auf den nämlichen Netzhauttheilen abgebildet, auf die sie in der Primärstellung fallen, welche entweder in der Richtung der Blickbahn selbst oder senkrecht zu dieser Richtung liegen. Alle anderen Linien dagegen werden, auch bei Annahme eines kugelförmigen Gesichtsfeldes, auf denselben Netzhauttheilen, auf die sie in der Primärstellung fallen, nicht mehr abgebildet werden, wenn in einer Secundärstellung angeblickt. In der That bedarf es, um sich davon zu überzeugen, nicht des Cyclosops. Man hat ja dasselbe an einer verticalen Tafel mit horizontalen und verticalen Linien (den Projectionen grösster Kreise des Blickfeldes), welche Tafel um ihren in der Höhe des Auges des gerade gegenüber stehenden Beobachters befindlichen Mittelpunkt drehbar ist, oft genug nachgewiesen. — Die Vergleichung der Lage eines linienförmigen Nachbildes in Bezug auf die Directions- und

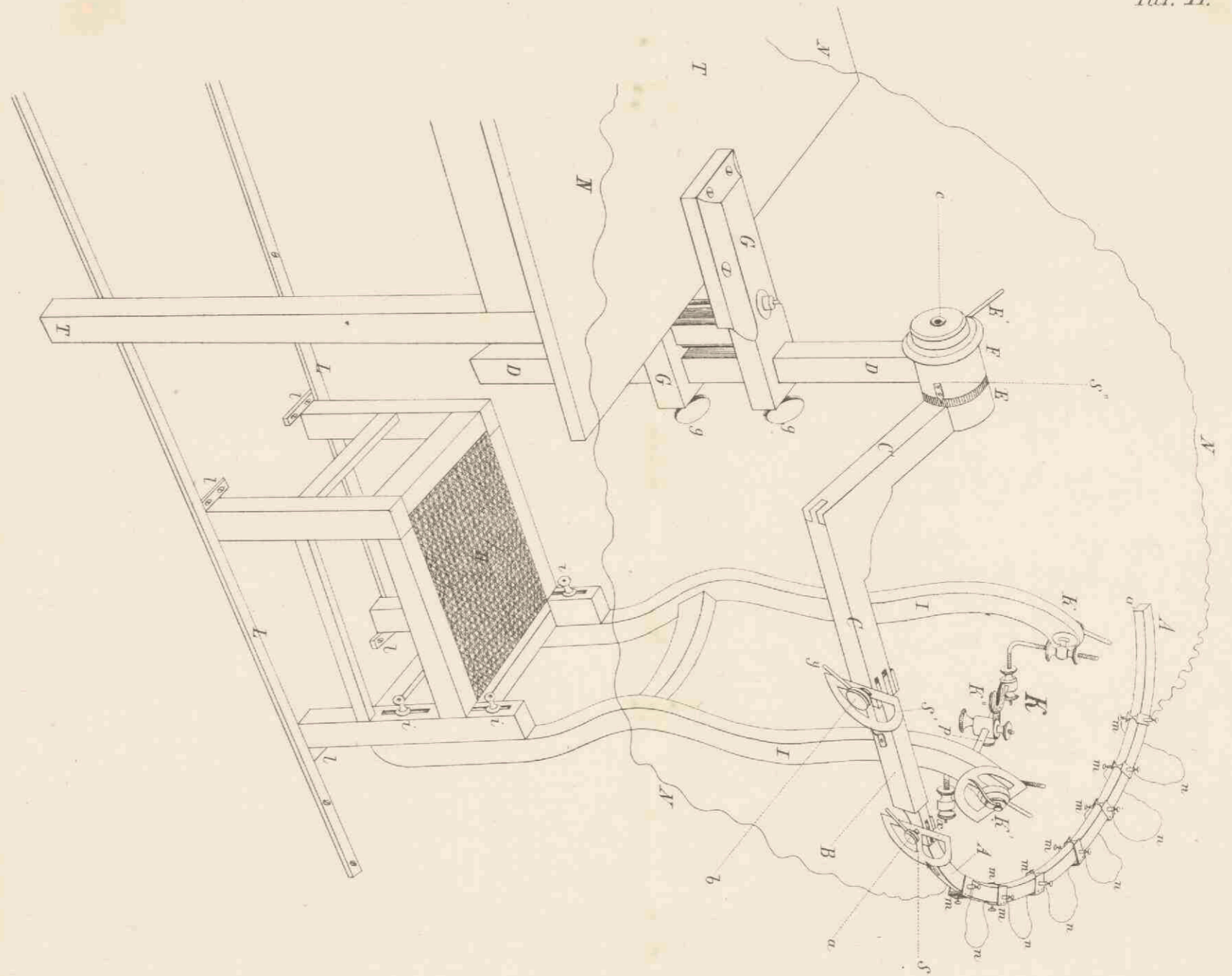
1) Arch. f. Ophth., 2, S. 180 und 313.

Parallelkreise des Blickfeldes is jedenfalls mit Hilfe des Cyclosops sehr einfach und elegant auszuführen, während es einigermaßen mühsam ist, diese beiden Kategorien von Kreisen auf eine Ebene zu entwerfen, sowie die einzige Entfernung, für welche diese Projection gilt, genau zu controliren. So rechtfertigt sich die Erwähnung meiner Nachbildversuche auch wohl noch aus dem Grunde, weil sie zeigen: wie leicht und sicher das Cycloscop die Untersuchung macht, ob und in welchem Umfange des Gesamt-Blickfeldes ein Auge dem Listing'schen Gesetze folgt, und wie präcis etwaige Abweichungen der Art und dem Umfange nach damit bestimmt werden können.

## Erklärung der Abbildung.

## Taf. II.

- A A Halbkreis, auf welchem die Röhren zur Erzeugung der Funken (m. m. m.) aufgesteckt werden.  
 B Seitenarm.  
 C C' E knieförmiger Hauptarm. E das knauförmige Ende desselben.  
 D D Tragsäule des Apparates. F das knauförmige Ende desselben.  
 a Schraube, welche das Charniergelenk zwischen Bogen und Seitenarm bildet, x die zugehörige Schraubenmutter.  
 S Zeiger und Kreistheilung von 180°.  
 b Charniergelenk zwischen Seitenarm und Hauptarm; y der Zapfen zum Anziehen und Lockern der Schraube.  
 S' Zeiger und Kreistheilung von 180°.  
 c Centrale Bohrung, welche durch den das Hauptgelenk bildenden Metallcylinder geht.  
 E' Schraubenmutter, zum Feststellen und Lockern des Hauptgelenkes mit einem Arm (Zapfen) versehen.  
 S'' Zeiger und Kreistheilung von 360°.  
 G G Schraubenzwinde, am Tische T T festgeklemmt und angeschraubt.  
 Durch ihre Ausschnitte geht die Tragsäule (D D) des Apparates und kann durch die Schrauben g g festgestellt werden.  
 H Stuhl, auf dem der Untersuchende sitzt.  
 I I Lehne desselben, in den Ausschnitten i i mittels Schrauben höher oder niedriger zu machen.  
 K Kopfhalter.  
 k Schraubenmutter mit Arm zum Feststellen des Kopfhalters.  
 k' Zeiger und Kreistheilung von 180°.  
 k'' Mundstück des Kopfhalters, an der Querstange p zu verschieben.  
 L L Längsleisten am Fussboden } den Stuhl festzuhalten.  
 I I Querleisten am Fussboden }



NN Drähte der secund. Spirale des Inductionsapparates.

m m m... die Funkenröhmchen.

n n n... Verbindungsdrähte zwischen denselben.

(Die Theile AA, B, CC' (Bogen, Seiten-Arm und Hauptarm) des Apparates sind in der Abbildung aus der vollkommen horizontalen Lage etwas nach abwärts gedreht dargestellt. Es war diess nothwendig, um den Kopfhalter gut sichtbar werden zu lassen. Es wird nicht schwer fallen, sich zu vergegenwärtigen, dass beim Ausgange der Untersuchung die 3 Punkte a, k' und k in einer horizontalen Linie liegen.)



**DE PHAKOMETER,  
TER BEPALING VAN FOCUS EN CENTRUM VAN  
BRILGLAZEN,**

DOOR

Dr. HERMAN SNELLEN.

In de praktijk bedienen wij ons, ter bepaling van de sterkte der brilglazen, meestentijds van een stel standaardglazen waarmede wij den bril vergelijken, door gelijktijdig met beiden evenwijdige lijnen of drukschrift te bezien; uit de grootte van het virtueele beeld besluiten wij tot de meerdere of mindere sterkte van het glas.

Zijn onze standaardlenzen voldoende nauwkeurig?

Deze vraag komt vooral thans in aanmerking, nu, bij de invoering van het metrieke stelsel voor brilglazen, ieder zich nieuwe stellen standaardlenzen heeft aan te schaffen.

De sterkte der glazen kan direct, zonder vergelijking met andere lenzen, gevonden worden uit de verhouding van de afstanden van lichtbron tot lens en van lens tot lichtbeeld.

Ligt de lichtbron op grooten afstand van de lens, valt op de lens evenwijdig licht, dan vinden wij in den afstand van het hoofdvlak der lens tot het lichtbeeld dadelijk den brandpuntsafstand. Voor praktisch gebruik levert deze methode het bezwaar op, dat bij zwakke lenzen het beeld lichtzwak en op verwijderden afstand gevormd wordt, en dat

voor elke sterkte van lens het beeld eene andere grootte heeft, zoodat de scherpe instelling niet gemakkelijk is.

Wanneer, bij de bepaling der verschillende lenzen, het lichtbeeld telkens dezelfde grootte vertoont, zoo heeft men als maatstaf bij het instellen niet alleen de scherpste, maar ook de grootte van het beeld in aanmerking te nemen. Gelijke grootte van het beeld behoudt men, als de afstanden van lichtbron en van lichtbeeld tot de lens onderling steeds gelijk worden gesteld.

Donders heeft eene methode aan de hand gedaan, met behulp van den Ophthalmometer, waarbij dat voordeel in het oog wordt gehouden. Hij stelt lichtbron, lens en Ophthalmometer in ééne lijn; terwijl eerst met den Ophthalmometer de grootte van de lichtbron bepaald is, wordt de lens naar voren of achteren bewogen, totdat het reële beeld van den lichtbron juist dezelfde grootte vertoont. De afstand van de lens tot de lichtbron bedraagt dan den dubbelen brandpuntsafstand. Afgezien daarvan, dat niet ieder een Ophthalmometer ter zijner beschikking heeft, levert de methode van Donders het bezwaar op dat men zwakke lenzen hiermede niet direct kan bepalen, en dat men bij elke bepaling met de ligging van de hoofdvlakken der lens heeft te rekenen.

Eene inrichting, waarbij gemakkelijk de sterkte van elk brilglas dadelijk in dioptriën kan afgelezen worden, vooral wanneer daarbij tevens van de juiste ligging van het centrum wordt rekenschap gegeven, zal in eene erkende behoefte voorzien.

Ik heb aan dezen eisch op de volgende wijze trachten te voldoen: de lichtbron en het scherm, dat het lichtbeeld opvangt, worden beide gelijktijdig bewogen en wel gelijkmatig in tegenovergestelde richting. Na eenige proefnemingen met getand rad, alsook met samengestelde hef-

boombeweging, bleek mij zoodanige tegengestelde beweging het gemakkelijkst te verkrijgen door twee stalen veeren naast elkander op en neder te schuiven, terwijl zij aan de bovenzijde langs twee gleuven rechthoekig op de oorspronkelijke richting uiteen wijken; op dezelfde wijze als dit door Crétès 1) bij zijne constructie van Herschel's veranderlijk dubbelpisma, alsook voor mijne wijziging van Stokes' lens 2) is toegepast.

Als lichtbron dient een zwart scherm met kleine openingen, waarachter matglas, hetgeen door evenwijdig licht van eene in het brandpunt eener lens gestelde petroleumvlam verlicht wordt. Het lichtbeeld wordt opgevangen op een mat glas, waarop de figuur der openingen, die de lichtbron vormt, nauwkeurig is afgebeeld. De twee schermpjes voor lichtbron en voor lichtbeeld zijn beide verbonden elk aan een uiteinde van eene der stalen veeren. Als vorm van lichtbron koos ik de figuur van drie punten in ééne lijn, waarvan twee dicht bij elkander, evenals bij den Ophthalmometer, en wel eene figuur in horizontale en insgelijks eene in verticale richting. Daar de tekening op het scherm hieraan geheel gelijk is, moet van het omgekeerde beeld een alleen staand punt telkens tusschen twee bij elkander staande punten invallen. Hierdoor wordt met nauwkeurigheid gecontroleerd of lichtbron en lichtbeeld op gelijken afstand van de lens zijn gebleven. Bovendien is ook in het centrum van de figuur een lichtpunt aangebracht.

Het te onderzoeken brilglas wordt tusschen twee naar

1) A. Crétès. Notice sur le prisme mobile. Ann. d'ocul. 67. p. 62-64.

2) H. Snellen. Die Stokes'sche Linse mit constanter Axe. Arch. f. Ophth. XIX, I. p. 78-88.

elkander toe veerende ringen, juist in het midden tusschen lichtbron en lichtscherm ingeklemd.

Zijdelings van het te onderzoeken glas zijn twee hulp-lenzen aangebracht, elk van 2.75 dioptriën, op afstand van 50 m.m. van elkander, gerekend van middelpunt tot middelpunt. Lichtbron en scherm kunnen tot op een afstand van 777,94 m.m. van elkander verwijderd worden, op welken afstand door middel der hulplenzen een scherp beeld van de lichtbron gevormd wordt: dit geeft het nulpunt van de schaal.

Bij het gebruik van het instrument wordt het te onderzoeken brilglas in het midden geplaatst; dan worden door het naar beneden trekken van de knop, die aan de onder-einden der beide stalen veeren verbonden is, lichtbron en scherm naar elkander toegebracht, totdat een scherp beeld op het scherm ontstaat. Was het te onderzoeken glas niet gecentreerd ingesteld, dan zal het lichtbeeld de op het scherm afgeteekende figuur niet juist bedekken. Men verschuift nu de lens tot dit wel het geval is; de punt van een kleinen wijzer, aan een der ringen daartoe aangebracht, wijst dan op het glas het centrum aan.

Door de boven beschrevene inrichting der figuur kan dadelijk verschil van breking van het glas in twee aan elkander loodrechte meridianen herkend worden. Het is dus ook mogelijk cylinderglazen te bepalen, zoo men slechts zorg draagt dat de meridiaan van sterkste breking evenwijdig gesteld worde aan de richting waarin een stel punten der figuur gelegen zijn. Met den voet van het schermje is een wijzer verbonden, waarvan de punt schuift langs een schaal, waarop telkens is aangegeven, in metrieke dioptriën, de waarde der lenzen, zooals die gewoonlijk voor oogheelkundig gebruik worden aangewend.

De schaal is door nauwkeurige berekening verkregen. De vrij samengestelde formule 1) ter berekening van knooppunten en brandpuntsafstanden van een systeem van drie lenzen wordt hier zeer vereenvoudigd door de symmetrie van het stelsel; aan beide zijden toch van de lens zijn op gelijken afstand biconvexe lenzen van gelijke sterkte gebezigd.

Inderdaad, de gevraagde dubbele brandpuntsafstand van het systeem, afgerekend van het buitenste hoofdvlak der hulplens, en, de dubbele brandpuntsafstand van de middelste lens, min den afstand van deze lens tot de hulplens (van hoofdvlak tot hoofdvlak gemeten), kunnen hier als geconjugeerde brandpuntsafstanden worden beschouwd 2).

Met de bepaling der hoofdvlakken komt de dikte der lens in aanmerking en de schaal is dus vastgesteld voor glazen van bepaalde dikte; ik heb de glazen genomen, zooals die gewoonlijk in de praktijk worden gebruikt.

1) J. Gavarret geeft in zijn beknopt boekje: „Des images par réflexion et par réfraction”, Paris 1867, pag. 140, eene duidelijke voorstelling van de werking van gecombineerde lenzen. Men merke intusschen op, dat daar eene drukfout is ingeslopen. In elk der drie formules staat in den noemer als vierde term  $e\varphi_0$  terwijl dit moet heeten  $e\varphi_1$ . De formule voor den brandpuntsafstand moet dus gelezen worden:

$$\varphi = \frac{\varphi_0 \varphi_1 \varphi_2}{\varphi_0 \varphi_1 + \varphi_0 \varphi_2 + \varphi_1 \varphi_2 - e\varphi_1 - e\varphi_2 - e'\varphi_0 - e'\varphi_1 + ee'}$$

waarbij  $\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2$  de brandpuntsafstanden der drie lenzen, en  $e, e'$  de onderlinge afstanden der lenzen (van knooppunt tot knooppunt) beduiden.

De formule voor het knooppunt  $k$  van het systeem, afgerekend van het buitenste knooppunt  $k_0$  van de eerste lens moet heeten:

$$k_0 k = \frac{\varphi_0 (e\varphi_1 + e\varphi_2 + e'\varphi_1 - ee')}{\varphi_0 \varphi_1 + \varphi_0 \varphi_2 + \varphi_1 \varphi_2 - e\varphi_1 - e\varphi_2 - e'\varphi_0 - e'\varphi_1 + ee'}$$

2) Op deze vereenvoudigde rekening werd ik door Donders opmerkzaam gemaakt.

De hiervolgende tabel vermeldt de dikte der glazen en de waarden van dioptrieën, waarvoor de schaal is ingedeeld:

Dioptric.	Dikte der lens.	Brandpuntsafstand.	2 F van systeem (afgerekend van optisch middelpunt.)
20.	7.	50.	88.28
19.	6.75	52.632	91.80
18.	6.60	55.555	95.62
17.	6.10	58.8235	99.75
16.	5.70	62.5	104.28
15.	5.70	66.666	109.26
14.	5.26	71.4285	114.72
13.	4.80	76.923	120.77
12.	4.60	83.333	127.51
11.	4.	90.909	135.06
10.	4.50	100.	143.59
9.	3.90	111.111	153.22
8.	3.80	125.	164.28
7.	3.50	142.857	177.04
6.	3.	166.666	191.95
5.5	2.80	181.818	200.40
5.	2.80	200.	209.63
4.5	2.65	222.222	219.75
4.	2.50	250.	230.89
3.5	2.35	285.714	243.22
3.	2.20	333.333	256.94
2.75	2.	363.636	264.40
2.5	1.92	400.	272.30
2.25	1.83	444.444	280.69
2.	1.73	500.	289.61
1.75	1.64	571.429	299.12
1.5	1.55	666.666	309.27
1.25	1.47	800.	320.13
1	1.39	1000.	331.79
0.75	1.31	1333.333	344.32
0.5	1.23	2000.	357.83
0.25	1.14	4000.	372.44
0.			388.97

Voor deze schaal heb ik dezelfde reeks van nummers gekozen, welke overeenkomstig mijn voorslag door den Instrumentmaker P. Roulot, te Parijs, in de nieuwe brillendoozen zijn opgenomen.

Dr. Steinheil, te München, met wien ik het voorrecht had dit onderwerp te bespreken, stelde op den voorgrond, dat het van belang zoude zijn de schaal van dergelijke instrumenten tot op tiende dioptriën te completeeren; zóó zoude het mogelijk zijn met voldoende nauwkeurigheid de brilglazen van het oude systeem naar metrieke benaming te bepalen. Daarentegen heb ik, reeds bij mijn voorslag voor de indeeling der brillendoozen, met nadruk gemeend te moeten aandringen op het zooveel mogelijk beperken van het aantal der in den handel te brengen nummers. Alleen de dringend noodige nummers! De daarvan werkelijk afwijkende glazen moeten worden verworpen om allengs uit het gebruik geheel te verdwijnen. Alleen daarbij wordt het den leverancier mogelijk volledig gesorteerd te blijven, opdat hij aan de door ons gegeven voorschriften steeds nauwkeurig kan voldoen.

Bij het gebruik van den Phakometer zal men zich spoedig overtuigen dat in den handel voorkomende brillen niet altijd overeenkomen met de sterkte, waarvoor zij door den fabrikant zijn genoteerd. Bij de fabricatie toch wordt het nummer niet objectief bepaald. De fabrikant kent alleen de kromming van den vorm, waarmede wordt geslepen; die vorm, indien al aanvankelijk scherp gesteld, slijt uit bij het gebruik en wordt uit de hand weder gescherpt. Bovendien houdt men van verschil van breking der verschillende glassoorten in den regel geene rekening. Tot het vervaardigen van brilglazen worden de scherven van allerlei gebroken spiegelglas verbruikt.

Ik stem geheel in met Dr. Steinheil, dat nauwkeu-

righeid tot op een tiende dioptrie voor gewone brilglazen voldoende mag worden geacht.

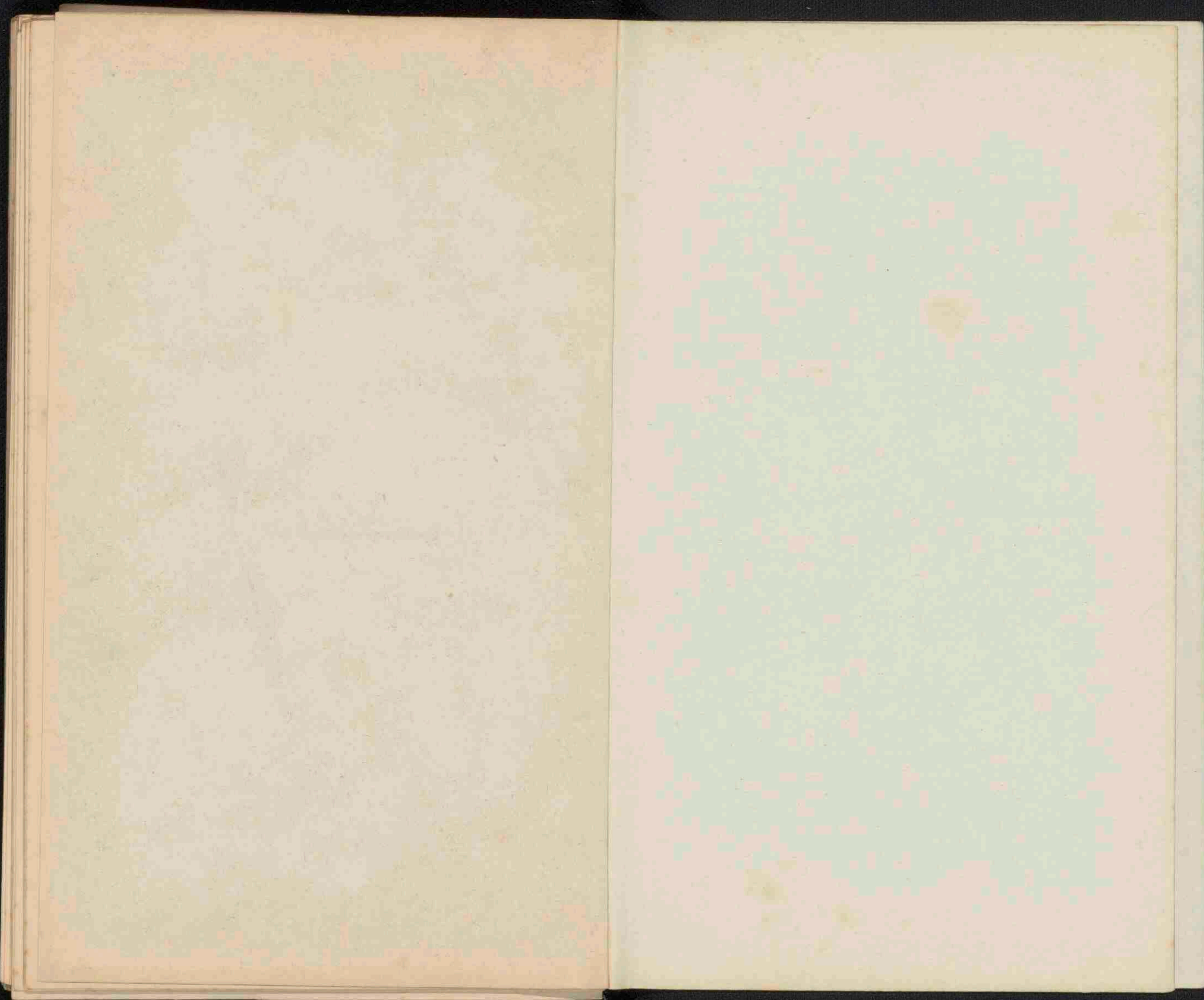
Door de toepassing van den Phakometer springt in het oog, dat de *reden*, waarom een bril aan den gebruiker kan mishagen, dikwijls moet worden toegeschreven aan onjuiste centreering der glazen.

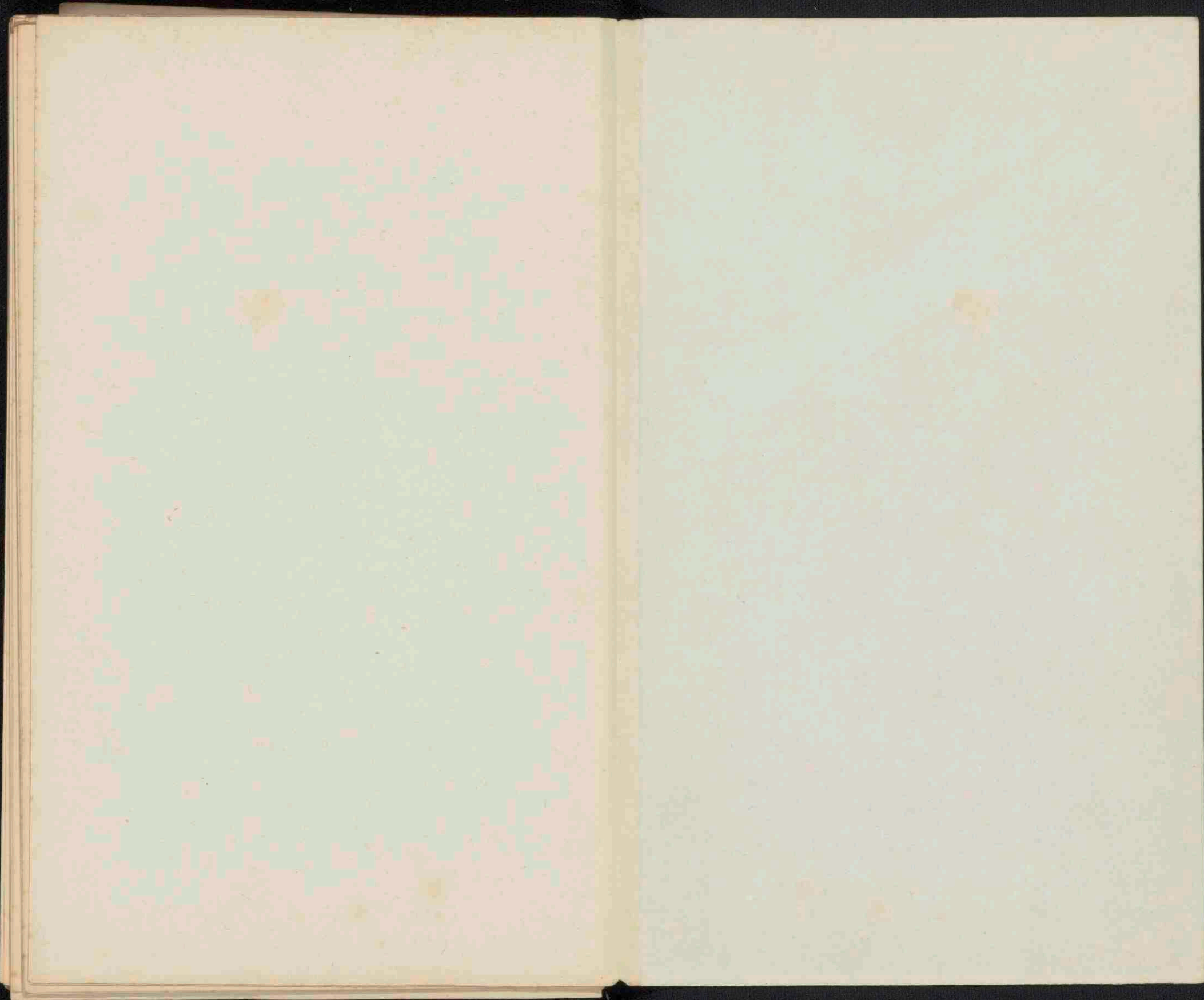
Nog verdient opmerking dat de schaal is berekend uitsluitend voor symmetrische, biconvexe lenzen. Om planconvexe of periscopische glazen te bepalen, zal men wel doen twee glazen van gelijke sterkte zoodanig tegen elkander te plaatsen, dat men een symmetrischen vorm verkrijgt. Zoodanige dubbele lens zal in den regel eene grootere dikte bezitten, dan de glazen, waarvoor de schaal is berekend; men heeft alsdan naar de ligging der hoofdvlakken de schaal te reduceeren.

Men kan de schaal ten allen tijde controleeren, door de sterkere glazen ook direct — na verwijdering der hulplenzen — te bepalen. Men neemt dan den dubbelen brandpuntsafstand, gerekend van het corresponderend hoofdvlak der lens tot aan het punt, waar het beeld gevormd wordt.

De Phakometer wordt volgens mijne opgaven met groote nauwkeurigheid vervaardigd door den fabrikant D. B. Kagenaar, te Utrecht.







## UITTREKSEL UIT DE STATUTEN.

1. Stichters zijn allen, die 50 gulden of meer tot stichting, inrichting of instandhouding der instelling bijdragen of bijgedragen hebben. Zij worden onder dien naam in het album der stichting vermeld.
2. Onder den naam van Bestuurders worden in het album opgeteekend, al diegenen, welke 250 gulden of meer tot stichting, inrichting of instandhouding bijdragen of bijgedragen hebben.
3. Als begunstigers worden aangemerkt al diegenen, welke zich tot eene jaarlijksche bijdrage van minstens f 2.50 verbinden.

Bewijs van inschrijving worde verzonden aan Prof. DONDERS of aan den Heer Mr. VERLOREN VAN THEMAAT, Secretaris der Instelling, bij verkiezing ook aan den Secretaris van een der Plaatselijke Commissiën (verg. Album, 6e Jaarlijksch Verslag bl. 10).

## AANWIJZING VOOR OOGLIJDERS.

Behoeftige en minvermogende ooglijders, die geneeskundige hulp verlangen, moeten zich 's morgens vóór tien ure aanmelden. Zij ontvangen de geneeskundige adviezen *kosteloos*. Er wordt gezorgd, dat brillen en dergelijke behoeften *tegen fabrieksprijs* kunnen verkregen worden.

De verpleegkosten zijn voor dit jaar vastgesteld op **60 cents** per dag. Hieronder zijn alle verplegingsbehoefden (verzorging, voeding, huisvesting, bewassing, enz.) begrepen.

De verpleging wordt alleen toegestaan, indien de ooglijders voorzien zijn van:

- a. Zindelijkke kleeding en het noodige ondergoed ter verschooning (van elk der onderkleederen minstens één stuk),
- b. Reisgeld voor de terugreis naar de woonplaats.
- c. Het bedrag der verpleegkosten, of eene verklaring door wien de verpleegkosten zullen betaald worden.

Brieven moeten *franco* ingezonden worden; wordt antwoord verlangd, zoo moet een postzegel of briefkaart worden ingesloten.

*Deze inrichting is uitsluitend ten dienste van behoeftige en minvermogende ooglijders, die niet wel in staat zijn de geneeskundige behandeling te bekostigen. Bewijs van onvermogen kan worden gevorderd.*

## MODEL VAN VERKLARING.

Door Ondergeteekende wordt ter verpleging in het **Nederlandsch Gasthuis voor behoeftige en minvermogende ooglijders** aanbevolen de ooglijder

De verpleegkosten en kleine voorschotten voor brillen of dergelijke behoeften, benevens eventueele kosten van correspondentie of incasseering, zullen dadelijk na afloop der verpleging, voldaan worden door .....