

2e Bijlage tot de 36ste Vergadering der *Nederl. Bot.
Vereeniging*, 27 Januari 1883.

THEORIE
VAN DE
WERKING EN VOOR HET GEBRUIK
DER
CAMERA LUCIDA'S
EN OVER
AAN CAMERA'S AAN TE BRENGEN VERBETERINGEN.
DOOR,
Dr. E. GILTAY.
(*Plaat II*).

Onder de zoogenaamde hulpwerktuigen, die voor den practischen microscopist van het meeste gewicht zijn, bekleedt zeker de camera lucida een eerste plaats. De juistheid en snelheid, waarmede de omtrekken van microscopische voorwerpen met behulp er van op papier kunnen worden gebracht, hebben het werktuig dan ook bij zeer velen ingang doen vinden. Toch zijn er, naar ik meen, een betrekkelijk nog groot aantal personen, door welke het niet wordt gebruikt. De oorzaken hiervan zullen wel verschillend zijn. Bij sommigen is het waarschijnlijk een gebrek aan oefening, die voor de vormen, waarin het werktuig tot nog toe werd vervaardigd, bovenal bij enkele personen in niet geringe mate werd vereischt, verder kleefden ook de beste vormen onvolkomenheden aan,

die in sommige gevallen het gebruik er van zeer lastig en voor enkelen bijkans onmogelijk maakten.

Het doel van dit opstel is vooreerst in het algemeen de theorie dier werktuigen na te gaan, een theorie, die zelfs in de beste en uitgebreidste leerboeken zeer stiefmoederlijk is behandeld. Toch kan men slechts bij goede bekendheid met de theorie van een werktuig, het gebruik er van in alle gevallen meester zijn. Uit deze beschouwingen zullen dan van zelf een paar verbeteringen volgen, die, aangebracht aan dien vorm van dit instrument, welke zeker een van de volkomenste is (die van Abbe), de Camera zullen maken tot een werktuig, dat beantwoordt aan alle eischen, die men er billijkerwijze aan stellen kan.

Alvorens wij meer in het bijzonder tot de theorie der camera lucida kunnen overgaan, is het noodzakelijk eenige algemeene zaken uit de leer van het licht in herinnering te brengen.

Elk punt van een zelflichtend, of van een uit alle richtingen licht ontvangend en reflecteerend voorwerp, zendt, gelijk bekend, in alle richtingen lichtstralen uit, die zich rechtlijnig voortbewegen. Wanneer de lichtkegels, die van zoo'n voorwerp afkomstig zijn, zich steeds in hetzelfde medium blijven voortbewegen, dan zullen de stralen, die van een bepaald punt zijn uitgegaan, nooit meer tot vereeniging komen ¹⁾. Wil men echter, dat de lichtkegels, die van het voorwerp uitstralen, zich elk in het bijzonder weer tot een punt vereenigen, wil men dus dat van het lichtende voorwerp een (reëel) beeld worde gevormd, dan is het noodzakelijk die lichtkegels in een anders brekend medium te laten overgaan, dat van het eerste door een geschikt (bv. bolvormig) vlak is gescheiden. Voor practische doeleinden is het bijna altijd gemakkelijker de lichtkegels slechts over korten afstand door zoo'n anders brekend medium te laten strijken; dit laatste brekende medium moet dan aan

1) Afgezien van een vereeniging door reflexie.

minstens één zijde door zoo'n bolvlak worden begrensd; de andere zijde kan vlak wezen.

Dergelijke voorwerpen, die bij optische instrumenten voor het ontwerpen van beelden worden gebruikt, heeten, gelijk bekend, lenzen. Een lens is dus een doorzichtig medium, dat aan één zijde door een plat vlak kan worden begrensd, maar dat ook aan minstens ééne zijde door een bolvormig vlak moet worden begrensd. De lijn, die door de krommingsmiddelpunten der scheidingsvlakken gaat, heet »optische as».

Voor de beeldvorming kunnen natuurlijk meerdere brekende media, resp. meerdere lenzen worden gebruikt, want wanneer elke lens in het bijzonder een beeld ontwerpt, zal elke volgende lens in zoo'n serie (systeem) een nieuw beeld ontwerpen van het door het voorafgaande deel van het systeem ontworpen beeld; de werking eener lens zelf berust trouwens op niets anders dan op herhaalde beeldvorming door de beide grensvlakken.

Wanneer meerdere scheidingsvlakken, resp. lenzen, voor beeldvorming worden gebruikt, pleegt men steeds om de zuiverheid der beelden te verhoogen, de gezamenlijke krommingsmiddelpunten dier scheidingsvlakken op een rechte lijn te laten vallen; men noemt alsdan het systeem gecentreerd. Die lijn vormt de optische as van het systeem.

De hoofdwet betreffende den gang der lichtstralen door zulke brekende systemen, krachtens welke wet juist beeldvorming plaatsgrijpt, en van welke wij boven reeds in een bijzonder geval gebruik maakten, is deze:

De lichtstralen, die bij hun intrede in het systeem op één punt zijn gericht, zullen ook bij het verlaten van het systeem op één punt gericht zijn ¹⁾.

Het punt waarop de lichtstralen bij hun intrede in het systeem zijn gericht heet »lichtpunt»; dat punt waarop ze bij

¹⁾ Streng genomen geldt dit slechts voor lichtstralen, die een zoo kleinen hoek met de optische as maken, dat men voor de sinussen dier hoeken de bogen mag in de plaats stellen.

hun uittreden gericht zijn »beeldpunt". Lichtpunt en beeldpunt behooren wederkeerig bij elkaar (zijn *réci-proque*), dat wil zeggen, wanneer het beeldpunt lichtpunt werd, zou ook het lichtpunt beeldpunt worden. Twee dergelijke als licht- en beeldpunt bij elkaar behorende punten heeten »geconjugeerde punten".

Denkt men zich loodrecht op de optische as van een systeem in elk van twee geconjugeerde punten een vlak, dan kan men aannemen dat elk lichtpunt in het eene vlak, in het andere vlak zijn beeldpunt heeft. Dergelijke vlakken heeten daarom »geconjugeerde vlakken". Ligt dus een lichtend voorwerp in een van twee geconjugeerde vlakken, dan zal het beeld in het andere geconjugeerde vlak liggen.

Wanneer de lichtstralen van een in- of uittredenden kegel elkaar werkelijk ontmoeten, dan heet het licht- of beeldpunt reëel; ontmoeten ze elkaar echter niet in werkelijkheid, doch snijden de lichtstralen van zoo'n kegel elkaar alleen in hun verlengde, dan heet het licht- of beeldpunt virtueel.

Wij zullen hier de leer der beeldvorming niet in détails ontwikkelen; slechts dienen wij wat nauwkeuriger na te gaan, hoe van een gegeven voorwerp het beeld kan worden geconstrueerd, wanneer twee geconjugeerde vlakken en de ligging der zoogenaamde knooppunten bekend zijn.

Stellen wij hiertoe dat $O A$ (fig. 3) de optische as is van een systeem brekende vlakken, van welks samenstellende deelen wij niets weten, noch het aantal brekende vlakken, noch hun onderlinge ligging, noch hun kromtestraten, noch ook de brekingsindices der middenstoffen, waaruit het systeem is opgebouwd. Slechts willen wij, om aan onze voorstelling omtrent de ligging van het systeem ter hulp te komen, het eerste (B_1) en het laatste brekende vlak (B_2) in een doorsnede volgens het papier in teekening brengen.

Bij elk willekeurig systeem van brekende vlakken bestaat nu een stel punten, knooppunten genaamd, welke wij in dit geval zullen onderstellen dat in k_1 en k_2 gelegen zijn, en welke de volgende merkwaardige eigenschap hebben:

Wanneer een lichtstraal (bijv. $R_1 s_1$) vóór zijn intrede in het brekende systeem op het eerste knooppunt is gericht (de lijn $R_1 s_1$ snijdt in haar verlengde k_1), dan zal die lichtstraal, na zijn uittreden uit het systeem, op het tweede knooppunt gericht zijn ($R_2 s_2$ is gericht op k_2), en evenwijdig loopen aan de richting, waarin hij op het systeem is ingevallen ($R_1 k_1$ en $R_2 k_2$ loopen dus evenwijdig). Dergelijke op de knooppunten gerichte stralen heeten »richtingsstralen». $R_1 s_1$ en $s_2 R_2$ zijn dus wegen, die de lichtstraal werkelijk vervolgt, $s_1 k_1$ en $s_2 k_2$ zijn slechts hulplijnen, waardoor de lichtweg $s_2 R_2$, beantwoordende aan den ingevallen straal $R_1 s_1$, gevonden wordt. Wanneer wij niet meer weten dan de ligging der knooppunten, kan de weg, dien de lichtstraal binnen het systeem vervolgt, onmogelijk worden aangegeven. — Ten overvloede zij nog vermeld, dat de brekingsindices der media M_1 en M_2 hierbij volstrekt onbepaald is; ze behoeven dus geenszins gelijk te zijn, M_1 zou bijv. lucht, M_2 water kunnen wezen.

Bij bekende ligging der knooppunten kan nu voor elk willekeurig stel geconjugeerde vlakken het beeld van een in een dier vlakken zich bevindend lichtend voorwerp worden geconstrueerd.

Stellen wij bijv. dat C_1 en C_2 twee geconjugeerde vlakken zijn en dat $R_1 r_1$ is een lichtende lijn, waarvan wij het beeld wenschen te bepalen.

Daar het vlak C_2 aan C_1 is geconjugueerd, weten wij alvast dat het beeld in het vlak C_2 zal moeten liggen.

Trachten wij nu ook het beeldpunt te vinden dat aan een der punten van $R_1 r_1$ en wel aan R_1 beantwoordt.

Wij weten nu dat daar C_2 aan C_1 is geconjugueerd, krachtens bovengenoemde hoofdwet de stralen, die van R_1 uitgaan en door het systeem gebroken worden, ergens in het vlak C_2 weer in één punt, het beeldpunt, zullen samenkomen. Kennen wij dus het snijpunt met het vlak C_2 van een dier lichtstralen, dan zullen ook alle andere van R_1 afkomstige lichtstralen door dat punt moeten gaan, en is dus het beeldpunt volkomen be-

paald. Zooals wij boven zagen wordt het snijpunt met C_2 van een dier stralen gevonden door de beide richtingsstralen R_1k_1 en R_2k_2 .

R_1 is het eene eindpunt van de lichtende lijn, r_1 het andere. Op dezelfde wijze als bij R_2 construeeren wij ons nu het beeldpunt r_2 van r_1 , waarna de grootte en de ligging van het beeld R_2r_2 geheel zijn bepaald.

Thans, nu wij in hoofdzaak de hulpmiddelen uit de optica, waarvan wij gebruik zullen te maken hebben, in herinnering hebben gebracht, kunnen wij tot onze eigenlijke taak overgaan. Wij zullen echter de talrijke vormen, die men aan de camera lucida heeft gegeven, niet alle in oogenschouw nemen, doch er ons toe bepalen de werking van een er van aan de hand der theorie na te gaan. Wenscht men zich van andere vormen op de hoogte te stellen, dan zal men het hier behandelde zonder bezwaar op andere werktuigen van deze soort kunnen toepassen, wanneer men zich omtrent hun mechanische inrichting door een der uitgebreidere leerboeken over den microscop heeft op de hoogte gesteld.

Als voorbeeld zullen wij nemen de camera lucida van Abbe.

Het principe er van is zeer eenvoudig. Boven het oculair van den microscop is onder een hoek van 45° hellende een spiegelend oppervlak (S , fig. 1) aangebracht. Dat spiegeltje heeft in het midden een kleine opening van zoodanige wijidte, dat lichtstralen, die uit den microscop treden, hier door vallen, en dat dus het beeld in den microscop, dat door die opening wordt beschouwd, vrij kan worden waargenomen. De wijidte, die de uit den microscop tredende lichtbundel boven het oculair heeft, is op verschillende hoogten verschillend. Legt men een stukje zeer dun doorschijnend papier op het oculair van een ingesteld microscop, dan ziet men op het papier de doorsnede van het uittredende licht als een helderen kring. Beweegt men nu het papier in de richting van de as van den tubus naar boven, dan wordt de heldere kring al kleiner en kleiner, bereikt een minimum en wordt dan weer grooter. Doordien

nu het spiegeltje op zoodanige hoogte is aangebracht, dat de opening er van samenvalt met de minimumwijdte van den uit-tredenden lichtbundel ¹⁾, behoeft de opening niet groot te zijn om bij alle sterkere systemen al het uittredende licht door te laten. De hoogte van het spiegeltje zou bij verschillende oculairs verschillend moeten wezen. Bij de camera lucida van Abbe bevindt het zich in een vast hulsel op een hoogte, berekend voor oculair n^o. 2. Hierdoor heeft men, als men zoo wil, het nadeel, dat niet bij elk oculair de camera met evenveel vrucht te gebruiken is, doch tevens het veel grootere voordeel, dat, gebruikt men het oculair waarvoor het is berekend, het microscopische beeld practisch onveranderd blijft.

Zijdelings van het kleine spiegeltje bevindt zich bij S_1 een grootere draaibare spiegel, welke evenwijdig aan het kleine spiegeltje moet worden geplaatst, en welke dient om van het horizontale teekenvlak komende lichtstralen naar het kleine spiegeltje te werpen, hetwelk deze vervolgens in het oog doet geraken.

Beschouwen we nu den stralengang wat nader.

Zij $M K$ de het optische systeem bevattende tubus. Wanneer door middel van dat systeem door het oog O een klein voorwerpje (vw) wordt beschouwd, dan weten we, dat de afstand van het systeem tot het object zoodanig is, dat de lichtstralen, die van het voorwerp afkomstig zijn, aldus uit het oculair treden, dat ze gericht zijn op een vlak, hetwelk zich op een afstand van het oog bevindt, gelijk aan dien, waarvoor het oog op dat oogenblik is geaccommodeerd, in fig. 1 op het vlak v_1w_1 . Elk der oorspronkelijk van vw uitgaande lichtkegels is dus na uittreding uit het oculair gericht op eenig punt van het vlak v_1w_1 . Die lichtkegels gedragen zich dus juist zoo alsof zich in v_1w_1 een vergroot omgekeerd beeld van vw bevond, en we kunnen nu ook bij onze verdere beschou-

1) De opening moet dus geplaatst zijn ter hoogte van het zoogenaamde „oogpunt” en moet zooveel mogelijk met de „Austrittspupille (Abbe)” van het geheele systeem samenvallen.

wingen voorwerp en microscoop buiten beschouwing laten, want de microscoop maakt, dat het voorwerp vw als het ware door een ander, v_1w_1 , wordt vervangen.

De lichtstralen dus, die van v_1w_1 afkomen, treden nu door de opening in het spiegeltje S in het oog.

Het brekende systeem van het oog bestaat, gelijk men weet, uit drie verschillende brekende media, die door bolvlakken vaneen zijn gescheiden: het waterachtige vocht (w , fig. 4), de lensstof (l) en het glasvocht (g).

Aan den achterkant wordt het glasvocht begrensd door het netvlies; het waterachtige vocht wordt van de lucht afgescheiden door het doorzichtige hoornvlies. De beide vochten worden door de lens en door het regenboogvlies (r) vaneen gescheiden.

Door vergelijking van de figuren 3 en 4 ziet men nu in, dat wat voor fig. 3 werd gezegd, terstond op fig. 4 kan worden toegepast. De middenstoffen M_1 en M_2 in fig. 3 vervullen dan dezelfde rol als de lucht vóór het oog en het glasvocht in fig. 4, terwijl de vlakken B_1 en B_2 in fig. 3 met het hoornvlies (h) en de achtervlakte der lens in fig. 4 kunnen vergeleken worden. Daar nu de verschillende media, lucht, waterachtig vocht, lensstof, glasvocht, door bolvlakken vaneen zijn gescheiden, moet er dus weer een stel knooppunten voorhanden zijn. Deze zijn er dan ook in werkelijkheid en liggen dicht bij de achtervlakte der lens.

Men zal hier wellicht de bedenking maken, dat het oog in verschillende omstandigheden als brekend systeem niet hetzelfde blijft, maar dat een oog, dat in de verte ziet, een geheel ander optisch apparaat is dan een in de nabijheid ziend oog. Dit is ook werkelijk het geval; ten gevolge van de accommodatie, waarbij de krommingsvlakken van de lens veranderen, verplaatst zich bij een normaal oog het vlak, dat aan het op vasten afstand gelegene, beeldopvangende netvlies is geconjugueerd, van weinige centimeters voor het oog tot op oneindigen afstand. De verandering, welke de ligging der knooppunten hierbij ondergaat, is echter zoo gering (nog geen halve millimeter), dat deze bij alle con-

structies gerust buiten rekening kan worden gelaten. Wij zullen zelfs nog een verdere vereenvoudiging invoeren, en de beide knooppunten beschouwen als in k (fig. 1) te zijn samengevallen; zij liggen dan ook feitelijk zoo dicht bijeen, dat op de schaal, waarop onze fig. 4 is vervaardigd, ze in het geheel niet gescheiden in teekening zouden kunnen worden gebracht.

Keeren wij nu terug tot het geval van beeldvorming, dat wij bezig waren te vervolgen. Wij onderstellen, dat de optische as ¹⁾ van het oog samenvalt met die van den microscoop, en namen verder aan, dat het oog O het voorwerp vw duidelijk waarneemt, waarbij het door den microscoop virtueel ontworpen beeld in $v'w'$ komt te liggen. Het oog is nu geaccommodeerd voor den afstand kc_1 , en dus zijn het netvlies en $v'w'$ geconjugeerde vlakken.

Hoe ontstaat nu van v_1w_1 een beeld in het oog?

Daar wij ons de moeite gegeven hebben de beginselen iets uitvoeriger te behandelen, is het vraagstuk zelf spoedig opgelost. Krachtens het voorgaande hebben wij slechts van uit v_1 en w_1 lijnen te trekken door het uit de samensmelting der knooppunten ontstane punt k ; waar deze lijnen het netvlies snijden (in v_2 en w_2), zijn de uiteinden van het beeld gelegen, zoodat $v_2c_2w_2$ het beeld voorstelt.

Behalve evenwel dat het oog door de opening in het spiegelvlak S het microscopische beeld waarneemt, kan het ook door bemiddeling van de beide spiegels van naast den microscoop gelegen voorwerpen een beeld ontvangen. Om goed in te zien hoe dit geschiedt, zullen we, daar toch beeld en voorwerp steeds *réciproque* zijn, eerst eenvoudig van een netvliesbeeld uitgaan. We onderstellen dus, dat $v_2c_2w_2$ lichtgevend

1) Eigenlijk vallen de krommingsmiddelpunten der scheidingsvlakken in het oog niet juist op één lijn, althans niet bij de door Helmholtz bepaalde oogen. Ook valt de richting, waarin we iets scherp zien (gezietslijn, Helmholtz) niet samen met de lijn, die in het oog ten minste bij benadering als optische as gelden kan. Deze afwijkingen, die buitendien individueel nog al verschillen, kunnen we hier buiten beschouwing laten.

is, en stellen ons de vraag, waar door bemiddeling der reflexie op de spiegels terzij van den microscoop een beeld zal worden gevormd.

Wij maken dus weer gebruik van de richtingsstralen v_2ko_1 , c_2ko , w_2ko_2 . Verder denken wij ons voor een oogenblik, dat zich in den spiegel geen opening bevond. Genoemde lichtstralen zouden dan, volgens de eenvoudige wet der reflexie tegen platte spiegels, zoodanig worden teruggekaatst, dat ze gericht waren op een punt k_1 , dat even ver achter den spiegel ligt als k er voor. Daar de spiegel onder een hoek van 45° met de optische as helt, zal de straal c_2ko , die volgens de optische as invalt, zoodanig worden teruggekaatst, dat de gereflecteerde straal oo_3 loodrecht op ko verloopt.

Deze zelfde beschouwingen en dezelfde constructie hebben wij bij reflexie op den spiegel S_1 slechts te herhalen. Na reflexie zullen dus de stralen oo_3 , o_1o_4 , o_2o_5 gericht zijn op een punt k_2 , zoodanig gelegen, dat $k_2b = k_1b$ en dus $k_2o_3 = k_1o_3$ is.

Wij onderstelden, dat het oog ingesteld was voor een afstand kc_1 . Het beeld van het lichtend gedachte v_2w_2 zal dus terzij van den microscoop eveneens op een afstand van het oog ontstaan gelijk aan kc_1 . Zij het vlak v_3w_3 op dien afstand gelegen, dan is $ko + oo_3 + o_3c_3 = k_2c_3 = kc_1$. De uiterste richtingsstralen $v_2ko_1o_4v_3$ en $w_2ko_2o_5w_3$ snijden dus het aan het netvlies geconjugeerde vlak in de punten v_3 en w_3 ; v_3w_3 is dus de grootte van het van v_2w_2 gevormde beeld.

Dit alles was in de onderstelling, dat het spiegeltje ondoorboord was. Laten wij nu zien of het beeld v_3w_3 blijft bestaan, wanneer de in de figuur aangegeven opening zich er in bevindt.

Wij onderstelden dat de punten van v_2w_2 lichtgevend waren, en dus naar alle richtingen licht uitzonden. Voor zoover de pupilwijdte dit toeliet, zouden die lichtstralen uit het oog treden; aan elk punt van v_2w_2 zou dus een uittredende lichtkegel beantwoorden. Zij bijv. voor het punt c_2 deze kegel in het vlak van teekening begrensd door de stralen cd en ef .

Volgens de constructie zouden de stralen van dezen kegel door middel van de ondoorboorde spiegels S en S_1 in c_3 tot vereeniging worden gebracht. Brengen we nu in den spiegel S eene kleine opening aan, dan zal eenvoudig van bewusten lichtkegel een deel, beantwoordende aan de opening in S , niet worden gereflecteerd, en dus niet tot de beeldvorming in c_3 bijdragen. Dit heeft echter op de vereeniging der andere stralen van dien kegel geen invloed, zoodat zoowel c_3 als de andere beeldpunten van v_3w_3 onafhankelijk van de kleine opening in den spiegel blijven bestaan.

Door te onderstellen, dat de punten op het netvlies lichtgevend waren, hebben we gevonden, dat het netvlies en het vlak v_3w_3 geconjugeerde vlakken zijn, en verder, dat in die vlakken, v_3 , c_3 , w_3 en v_3 , c_3 , w_3 , geconjugeerde punten zijn. Omgekeerd zullen dus ook de stralen, die van in v_3w_3 gelegen punten afkomen, in punten van het netvlies tot vereeniging worden gebracht.

Houdt men dus op de hoogte van v_3w_3 bijv. een lei, waarop men met wit krijt schrijft, dan zal het oog gelijktijdig het microscopische voorwerp vw en de punt van het witte krijt zien. Wordt dus de krijtpunt over de lei van v_3 tot w_3 bewogen, dan zal het oog de krijtpunt zien bewegen langs het door den microscoop bekeken voorwerp vw , en zal dus hierdoor vw op de lei zijn afgeteekend.

In het onderhavige geval was het voorwerp vw een recht lijntje, en, evenzoo de teekening van v_3w_3 .

Zal echter altijd de teekening gelijkvormig wezen aan het voorwerp, of aan het daarvan op het netvlies ontworpen beeld v_2v_2 ?

Wij krijgen hiervan het spoedigst een voorstelling, wanneer we eens onderstellen als voorwerp een cirkeltje te hebben. Nemen we bijv. het door een cirkel begrensde gezichtsveld, en stellen we, dat van dat gezichtsveld vc_0 de straal is.

Wanneer nu weer de witte krijtpunt over de lei wordt bewogen, zoodanig, dat het waarnemend oog steeds de krijtpunt

en de grens van het veld ziet samenvallen, dan beweegt zich het krijt langs de snijdingsfiguur van het vlak van teekening, de lei, en de bundel richtingsstralen, welke wij ons door de grenslijn van het netvliesbeeld en door het knooppunt getrokken, en als lichtstralen tegen de beide spiegels gereflecteerd kunnen denken. In dit geval vormt die bundel richtingsstralen een rechten cirkelvormigen kegel, die in het vlak van teekening begrensd wordt door de lijnen $ko_1o_4v_3$ en $ko_2o_5w_3$.

Het vlak van teekening staat hier loodrecht op de as $k_2o_3c_2$ van dien kegel en snijdt dezen dus volgens een cirkel. De teekening van de grens van het veld zal dus gelijkvormig zijn aan haar werkelijke gedaante. Doch stellen we eens, dat de spiegel S_1 niet evenwijdig aan den onder 45° hellenden spiegel S stond; of anders, dat de beide spiegels wel evenwijdig stonden, doch dat het teekenvlak volgens $v_3'w_3'$ heide ¹⁾, dan zou de as o_3c_3 niet meer loodrecht op het teekenvlak staan. De kegel richtingsstralen zou dan het teekenvlak niet volgens een cirkel, maar volgens een ellips snijden; het krijt zou dan ook het veld niet door een cirkel, maar door een ellips begrensd teekenen.

Wil men dus dat men met de camera van Abbe juist zal teekenen op het op de tafel gelegd teekenvlak, dan behoort men ook den spiegel S_1 onder een hoek van 45° te laten hellen.

Er zijn ook camera's, waar een der reflexie-vlakken, te vergelijken met den spiegel S_1 , een andere helling met de as van den microscoop maakt. Dit is in het bijzonder bij die camera's het geval (bijv. die van Nachet), waar het reflexievlak S_1 dicht bij S ligt. Wanneer men nu niet aan den spiegel S_1 een zoo-

1) Strikt genomen zijn nu de lichtwegen van de punten v_3' en w_3' tot het netvlies niet gelijk, en zouden ze niet bij één accommodatietoestand scherp kunnen worden waargenomen. Wanneer de helling van het teekenvlak maar niet al te groot wordt, zal echter het verschil in scherpte der beelden van beide punten zoo gering zijn, dat het in 't geheel niet opgemerkt wordt.

danige helling gaf, dat de hoek $o_1c_1w_1$, gevormd door de as van den kegel met het teekenvlak, stomp werd, dan zou een groot deel van het teekenvlak, dat aan het netvliesbeeld van het gezichtsveld is geconjugeerd, met de plaats op tafel, waar de microscoop staat, samenvallen, en dus het teekenveld niet vrij wezen. Dergelijke camera's zijn de zoogenaamde met scheeve projectie. Het is duidelijk dat men bij deze het teekenvlak moet laten hellen, en wel zooveel, dat een van het teekenvlak afkomstige lichtstraal, die volgens de optische as in het oog treedt (in onze figuur de straal c_3o_3ok), het teekenvlak volgens een richting loodrecht op dat vlak verlaten heeft. Practisch kan men die helling weer vinden, door den stand van het teekenvlak zoolang te veranderen, totdat het door een cirkel begrensde gezichtsveld ook als door een cirkel begrensd afgeteekend wordt.

Thans, nu wij in het algemeen de beeldvorming bij het aanwenden der camera hebben nagegaan, kunnen wij ons de vraag stellen, welke zaken op een gemakkelijk gebruik er van invloed uitoefenen.

Bespreken wij eerst het reguleeren der lichtsterkten van teekenpapier en gezichtsveld.

Beschouwen wij vooreerst het geval, dat het teekenvlak een donkere lei en de teekenstift wit krijt is.

Stellen wij, dat het netvlies door de vrije deelen van het gezichtsveld ¹⁾ werd aangedaan met een lichtsterkte ω (groot), terwijl de lichtsterkte van een in omtrek na te teekenen voorwerpje ϕ (klein) is. Stellen wij in fig. 5 door den grootsten cirkel den omtrek van het netvliesbeeld van het gezichtsveld,

1) Vrije deelen van het gezichtsveld noemen wij die deelen, waarvoor de gang der daar doorheen strijkende lichtstralen, van het beschouwde voorwerp geheel onafhankelijk is. Het zijn dus die gedeelten van het veld, welke op eenigen afstand van het voorwerp liggen; in de onmiddellijke nabijheid er van zou de lichtsterkte onder den invloed van het preparaat verhoogd of verzwakt, de kleur gewijzigd kunnen zijn.

en door den kleinsten, dien van het beeld van het object voor. Zij de intensiteit van het beeld der lei δ' en die van de krijtstift ω' (groot); wij moeten dan in fig. 6 het afzonderlijke netvliesbeeld van dat deel van de lei, dat aan het beeld van het gezichtsveld is geconjugeerd, door een cirkel, gelijk aan de grootste in fig. 5, voorstellen. Door het gebruik der camera worden dus de beide beelden in fig. 5 en 6 gesuperponeerd (fig. 7) en wordt een netvliesdeeltje ter hoogte van het vrije gezichtsveld aangedaan door een lichtsterkte $\omega + \delta'$ en op de plaats van het voorwerpje door een lichtsterkte $\delta + \delta'$. Wanneer de teekenstift zich boven het vrije veld bevindt, is de lichtsterkte van haar netvliesbeeld $\omega + \omega'$, en boven het voorwerpje $\delta + \omega'$.

Bij het lichtzwakke voorwerp, ($\delta + \delta'$) zal de teekenstift ($\delta + \omega'$) altijd voldoende sterk afsteken; wil men echter gemakkelijk teekenen, dan moet, zooals de ondervinding ten duidelijkste leert, ook op het vrije veld ($\omega + \delta'$) de teekenstift scherp zichtbaar zijn. Of dit het geval zal wezen, is afhankelijk van de betrekkelijke waarden van $\omega + \omega'$ en $\omega + \delta'$, en dus, daar δ' klein is, van ω en ω' . Is ω met betrekking tot ω' klein, dan is de stift ook op het vrije veld scherp zichtbaar; doch is ω groot in vergelijking tot ω' , dan zal ω , dat is de lichtsterkte van het gezichtsveld in den microscoop, moeten worden verminderd, zooals dit dan ook feitelijk bij zwakkere systemen het geval is.

De lichtzwakte van het teekenveld maakt bij het gebruik der lei, dat het microscopische beeld door het tekenvlak zelf niet veranderd wordt; hierdoor is dit voor grovere zaken zeker de gemakkelijkste manier van teekenen, en daarom tot oefening vooral voor beginners aan te bevelen. Jammer maar dat de krijtpunt zich niet scherp genoeg laat slijpen, om deze teekenvijze ook voor fijnere details te gebruiken.

Iets ingewikkelder wordt de zaak, wanneer men met zwart potlood op wit papier teekent. Daar nu het netvliesbeeld van het microscopische veld door een beeld van zeer merkbare

lichtintensiteit wordt overdekt, wordt het microscopische beeld ook door het heldere papier zeer merkbaar gewijzigd.

Stellen wij de lichtsterkte van het beeld van het vrije gezichtsveld weer ω (fig. 8), die van het na te teekenen détail σ ; noemen we evenzoo (fig. 9) de intensiteit van het teekenvlakbeeld ω' en die van de teekenstift σ' , dan zal in het definitieve beeld het vrije veld de lichtsterkte $\omega + \omega'$, het voorwerpje de intensiteit $\sigma + \sigma'$ verkrijgen. Wanneer de teekenstift zich boven het vrije veld bevindt, dan is haar lichtsterkte $\omega + \sigma$ en boven het voorwerpje $\sigma + \sigma'$.

Bij het détail zal dus ook hier wel weer altijd de teekenstift voldoende afsteken; zal echter het détail gemakkelijk worden geteekend, dan moet ook op het vrije veld het potlood scherp zichtbaar zijn. Of dit het geval zal zijn, is ook hier weer afhankelijk van de betrekkelijke waarde van ω en ω' . Is ω met betrekking tot ω' zeer groot, dan zeker moet de lichtsterkte van het microscopische beeld weder worden verminderd.

Men meent veelal, dat, wil men gemakkelijk kunnen teekenen, het microscopische veld dezelfde lichtsterkte moet hebben als het teekenvlak, en dat dus $\omega = \omega'$ moet wezen. Reeds uit theoretische beschouwingen volgt dat dit niet waarschijnlijk is. De teekenstift zou dan wel sterk bij het détail afsteken ($\sigma + \sigma$ bij $\sigma + \frac{\omega}{\omega'}$), doch niet zoo heel sterk bij het vrije veld ($\omega + \sigma$ bij 2ω), en het is waarschijnlijk dat een grootere waarde van ω' , bijv. 2ω , beter zou voldoen (waarvoor men zou krijgen de tegenstellingswaarden $\sigma + \sigma$ bij $\sigma + 2\omega$ en $\omega + \sigma$ bij 3ω). Dat werkelijk, wil men gemakkelijk teekenen, ω' grooter dan ω moet zijn, hiervan overtuigt men zich op de volgende wijze:

Men snijde een rond stukje carton van zoodanige grootte, dat het juist in het oculair past. Hiervan knipt men langs een middellijn de eene helft af, en legt die in het oculair op het daphragma, zoodanig, dat de middellijn, waarlangs is afgeknipt, overeenstemt met een middellijn van de opening in

het diaphragma; het stukje carton neemt dan de eene helft van het gezichtsveld weg en laat de andere helft vrij. Men neemt nu een zwak objectief, bijv. A.A. van Zeiss, en een preparaat, dat niet zeer gemakkelijk is te teekenen, bijv. een dwarse doorsnede door een eenigszins kleincellig weefsel. Men vermindert nu de lichtsterkte in den microscoop zoo lang, totdat men gemakkelijk de omtrekken der cellen in de overgebleven helft van het veld op wit papier kan teekenen. Hierna schuift men het papier op zij, zoodat het beeld van het papier uitsluitend op het bedekte deel van het gezichtsveld-beeld valt, en dus de rand van het papier samenvalt met de middellijn, die het bedekte en het onbedekte gezichtsveld vaneen scheidt. Men kan dan onmiddellijk de helderheid van de afzonderlijke beelden van het vrije gezichtsveld en van dat van het papier vergelijken, en het blijkt dan steeds, dat het gezichtsveld veel donkerder, en dus ω veel kleiner is dan ω' .

Aan den anderen kant mag ook de lichtsterkte van het teekenvlak met betrekking tot die van het veld niet al te groot zijn, want dan zou het voorwerp ($\delta + \omega'$) niet sterk genoeg bij het vrije veld ($\omega + \omega'$) afsteken, ja zelfs ω' zou zoo groot kunnen zijn met betrekking tot ω , dat het verschil tusschen $\omega + \omega'$ en $\delta + \omega'$ geheel onmerkbaar bleef. Het voorwerpje zou dan onzichtbaar zijn geworden ¹⁾.

1) Een ieder zal wel hebben opgemerkt dat het bij al onze zintuigen, wanneer een prikkel wordt verhoogd, afhankelijk is van de betrekkelijke waarde van den oorspronkelijken prikkel en de versterking er van, of wij van deze laatste iets zullen bemerken. Is de versterking in verhouding tot den oorspronkelijken prikkel te gering, dan wordt zij door dezen »overstemd», zooals wij met een beeld, meer in het bijzonder aan een onzer zinswaarnemingen ontleend, kunnen zeggen. Op zich zelf zou die versterking dan echter zeer goed waarneembaar kunnen zijn.

Zoo hooren wij 's nachts door de groote stilte, die over het algemeen heerscht, geluiden, die overdag voor ons verloren gaan; de sterrenhemel, die wij 's nachts helder zien flikkeren, is overdag geheel onzichtbaar voor ons, schoon er geen twijfel is, of de sterren overdag evenveel licht tot ons zenden als 's nachts. Hierop berust ook het gebruik van witte gazen gordijnen voor de ruiten, om de waarnemingen van onbescheiden blikken

Bij het gebruik van sterke vergrotingen, in het bijzonder bij het teekenen van détails in donkere preparaten of preparatendeelen, doet aldus het heldere teekenveld, ook bij volle lichtsterkte in den microscoop, het preparaat of bepaalde deelen er van onzichtbaar worden.

In dergelijke gevallen moet men dus de lichtintensiteit van het teekenvlak verminderen kunnen.

Aan den oorspronkelijken vorm van de camera lucida van Abbe was een inrichting hiervoor niet voorhanden, zoodat men zich met schaduwwerpende boeken of dergelijke moest behelpen; zulke onpractische hulpmiddelen maken echter het gebruik eener camera, en vooral het snelle gebruik er van moeielijk. Ik stelde daarom den Heer Zeiss voor, aan de camera een paar rookglaasjes van verschillende tint toe te voegen, welke op den weg, dien de lichtstralen van het papier tot het spiegelvlak *S* (fig. 1) nemen, zouden moeten geplaatst kunnen worden. De Heer Zeiss heeft deze rookglaasjes op zeer practische wijze aan de camera aangebracht, en levert deze sedert, naar ik meen, steeds van die rookglazen voorzien af. Er zij hier echter nog eens op gewezen, dat men niet noodeloos van de rookglaasjes gebruik moet maken; hoe helderder men het veld laat, des te gemakkelijker zal men de

tegen te gaan. De lichtstralen, die uit het vertrek, tusschen de openingen van het gaas door, naar buiten gaan, zouden op zich zelf wel voldoende zijn, om een buitenstaand persoon het beeld van het vertrek te doen zien, doch men ontvangt dan tevens over dat lichtzwakke beeld heen, het zeer lichtrijke beeld van het sterk reflecteerende gordijn, hetwelk het inwendige van het vertrek geheel onzichtbaar doet zijn.

Volgens E. H. Weber en G. Th. Fechner bestaat er bij alle zinswaarnemingen een merkwaardige betrekking tusschen de waarneming en den door deze veroorzaakten prikkel, welke luidt: De hoeveelheid, waarmede de sterkte van een prikkel moet toenemen, om een versterking van de waarneming ten gevolge te hebben, staat tot de sterkte van den oorspronkelijk voorhanden prikkel in een constante verhouding. Bij verschillende zinswaarnemingen is evenwel het verhoudingsgetal niet hetzelfde. Voor het waarnemen van druk is het bijv. $\frac{1}{4}$; bij 3 gram moet 1 gram, bij 3 kilo 1 kilo worden gevoegd, om een verschil in de door die gewichten teweeggebrachte drukking te voelen.

potloodpunt zien; slechts wanneer het heldere papier het preparaat of een na te teekenen deel onzichtbaar of onduidelijk maakt, moet men tot de rookglazen zijn toevlucht nemen.

Men zal het wellicht bevreemdend vinden, dat zoo dikwijls om de teekerpunt gemakkelijk en scherp te zien, de lichtintensiteit van het veld zoo sterk, soms zeer merkbaar ten koste van de scherpte van het beeld, verminderd moet worden. Allicht zal men vragen, waarom moet dan die teekenstift zoo overwegend sterk bij het gezichtsveld afsteken. De verklaring van dit feit, die door het hierna volgende nog duidelijker zal worden, ligt naar mijn overtuiging ten deele hierin, dat, naarmate de teekenstift sterker bij het veld afsteekt, des te gemakkelijker de accommodatie-toestand behouden blijft, die vereischt wordt, om het potlood scherp te zien. Men zal hier wellicht tegenwerpen, dat die zelfde dienst bewezen zou worden door een scherp zichtbaar zijn van het microscopische veld, en dat het dus althans nooit noodig zou wezen, de scherpte van de teekenstift ten koste van die van het voorwerp te verhoogen. Dit is echter wel het geval. De verklaring hiervan is deze, dat men zijn accommodatie zeer veel kan veranderen, en toch het microscopische voorwerp onveranderd blijven zien, wat hierdoor wordt veroorzaakt, dat de vergrooting van een systeem in de richting van de as zooveel sterker is dan loodrecht er op. Wanneer voorwerp en beeld in hetzelfde medium optreden, is de vergrooting evenwijdig aan de optische as (de dieptevergrooting) gelijk aan het kwadraat van de vergrooting in de richting loodrecht er op. Bij zeer sterke vergrootingen is daardoor de diepte van het voorwerp, die bij één instelling van den microscoop door middel van accommodatie van het oog kan worden overzien, bijna nul; het beeld van een uiterst dun laagje in het preparaat wordt dan ten gevolge van de oververgrooting volgens de as, in die richting zóó uitgestrekt, dat het 't geheele accommodatiegebied van het oog opvult. Wanneer dat oog, bijv. bij een accommodatie voor

20 cM. afstand, een bepaald beeld waarneemt, zal het bij accommodatie voor 30 en 40 cM. volkomen hetzelfde zien, want de beide lagen in het voorwerp, waarvoor het oog in beide gevallen juist was ingesteld, liggen slechts op onmerkbaar kleinen afstand van elkaar, zoodat geen verschil in het beeld wordt waargenomen.

Toen wij boven den gang nagingen, welke de lichtstralen bij het gebruik der camera van Abbe nemen, hebben wij eenvoudigheidshalve ondersteld, dat het in den microscoop ziende oog voor een betrekkelijk kleinen afstand was ingesteld; dat oog moest dus, wanneer het normaal was, accommodeeren, of anders moest het bijziende zijn. Wie echter aan het microscopiseeren gewend is, laat zijn accommodatie geheel, of nagenoeg geheel varen. Voor een normaal oog, dat dus in den toestand van niet accommodatie voor oneindigen afstand is ingesteld, zou zich dan het virtueele beeld, dat het in den microscoop beziet, op zeer grooten afstand moeten bevinden; wilde men onder deze omstandigheden teekenen, dan zou ook het teekenvlak op een daaraan beantwoordenden, zeer grooten afstand gelegen moeten zijn. Deze zaak geeft den sleutel tot het feit, dat zoovele personen bij het teekenen met de camera moeilijkheden ondervinden. Wanneer zij dit werktuig beginnen te gebruiken, zien zij veelal de teekenstift niet scherp; zijn zij door oefening zoo ver gekomen, dat dit wel het geval is, dan verliezen ze haar bij aanhoudend teekenen toch weer gemakkelijk uit het oog, en het blijft meestal een vermoeiende zaak zich lang onafgebroken van dit werktuig te bedienen; sommigen wennen ook nooit aan het gebruik er van. De oorzaak van dit alles is, afgezien van een gebrekkige regeling der lichtsterkten, dat zij bij het gebruik der camera het papier betrekkelijk dicht bij zich moeten plaatsen, en dat dus het waarnemende oog moet accommodeeren. Het schijnt nu wellicht onwaarschijnlijk, dat in dit geval de accommodatie moeilijkheden zou opleveren, terwijl wij hiervan in het dage-

lijksch leven niets bemerken. Men vergete echter niet, dat wij alsdan met twee oogen zien. Wanneer wij iets nauwkeurig willen zien, dan moet het beeld zich juist bevinden op een ongeveer in het centrum gelegen plek van het netvlies, de zoog. gele vlek. Willen dus voor beide oogen de beelden van een dichtbij gelegen voorwerp op de gele vlek ontworpen worden, dan moeten de gezichtslijnen (door het centrum der gele vlek gaande richtingsstralen) convergeeren. Bij verschillende afstanden van het waargenomen voorwerp behooren dus verschillende graden van convergentie der oogen. Nu krijgen men bij een bepaalden graad van convergentie van zelf een zoodanigen graad van accommodatie, dat het beeld op het netvlies van het voorwerp, waarheen de gezichtslijnen convergeeren, scherp zal wezen. De accommodatie wordt dus door de voor het scherp zien noodzakelijke convergentie ingeleid en ondersteund. Die steun voor de accommodatie valt evenwel weg bij het monoculaire zien, en in het bijzonder bij het zien door den microscoop, waarbij wij uit gewoonte neiging hebben onze accommodatie te laten rusten.

Uit deze beschouwingen kan terstond het hulpmiddel worden afgeleid, waardoor aan het bovenstaande gebrek der camera's kan worden te gemoet gekomen.

Wanneer men emmetroop is (alsdan worden evenwijdige lichtstralen door het accommodatievrije oog op het netvlies tot vereeniging gebracht), behoeft men slechts ergens op den weg, dien de lichtstralen van het papier tot het oog nemen, een lens te plaatsen, waarvan de brandpuntsafstand gelijk is aan de lengte van den weg, die de lichtstralen van het papier tot die lens voert. De van de teekenstift komende lichtkegels worden dan in evenwijdige bundels omgezet, en het oog ziet, ofschoon het zijn accommodatie laat rusten, de teekenstift volkomen scherp. Is men ametroop, dus myoop (bijziende) of hypermetroop (oververziende), dan moet een lens worden aangebracht, welke de van het papier komende lichtkegels, na hun uittreden uit de lens, op een vlak doet gericht zijn, dat op

den grootsten afstand van duidelijk zien ¹⁾ van het betreffende oog is gelegen.

Keeren we tot goed verstand hiervan nog eens tot de in fig. 2 op wat kleiner schaal in hoofdzaak teruggegeven fig. 1 terug.

Stellen we eerst, dat het waarnemende oog myoop is, met een grootsten afstand van duidelijk zien $= k'c_4$. De lens $L'(L)$ ²⁾ zal nu moeten zorgen, dat de lichtkegels van v_3w_3 komende, na hun uittreden uit de lens, op een in c_4 zich bevindend vlak gericht zijn. Voor de lens $L'(L)$ zullen dus c_3 en c_4 geconjugeerde punten zijn. Dit geval is in het rechtsche gedeelte der figuur in teekening gebracht.

Is het waarnemende oog hypermetroop, dan is het oog van dien aard, dat bij niet accommodatie evenwijdige lichtstralen zich achter het netvlies zouden vereenigen, en dat ze dus reeds een zekeren graad van convergentie moeten hebben, wil op het netvlies een beeld ontstaan. Stellen we, dat voor een bepaald hypermetroop oog de lichtstralen, willen ze bij niet accommodatie in het netvlies worden geconcentreerd, op een in c_5 gelegen vlak gericht moeten zijn, dan moeten dus weer de uit de lens tredende, van v_3w_3 afkomstige kegels naar een in c_5 gelegen vlak convergeeren. Alsdan zouden voor de lens L' de punten c_3 en c_5 geconjugeerd wezen.

Tusschen den hoofdbrandpuntsafstand (f) van een lens, tusschen de afstanden l van een lichtpunt, en b van het daaraan beantwoordende beeldpunt tot die lens, bestaat de bekende betrekking, uitgedrukt door de vergelijking

$$\frac{1}{l} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f},$$

1) Dat is die afstand, waarop het oog scherp ziet, wanneer het zijn accommodatie laat rusten.

2) Eenvoudshalve is in fig. 2 bij den stralengang afgezien van de reflexie door de spiegels. Deze zou echter, evenals in fig. 1, aan de betrekkelijke ligging der lichtstralen niets veranderen, doch alleen de bundels een gebroken verloop geven. Ook hier is dus weer $k'o_3 = k'o + \infty$, terwijl verder ook $k'u = k'o + \infty$.

waarin b met tegengesteld teeken moet worden geschreven, als het beeldpunt aan den zelfden kant van de lens valt als het lichtpunt.

Stellen wij ons nu een myoop oog, waarvan c_4k' de grootste afstand van duidelijk zien is, en noemen wij dien afstand r , zij l de lichtweg van af de in c_3 geplaatste teekenstift tot L , en l_1 de weg, die de lichtstralen van de lens tot het oog moeten afleggen, dan kunnen wij de lens, die bij L moet worden geplaatst, opdat c_4 aan c_3 geconjugeerd zij, vinden, door in bovenstaande formule vooreerst b negatief te nemen, daar zowel licht- als beeldpunt zich aan dezelfde zijde der lens bevinden, en door er dan verder de voor dit geval aangenomen waarden in te substitueeren.

l blijft l ,

b wordt $r - l_1$, zoodat we krijgen:

$$\frac{1}{l} - \frac{1}{r - l_1} = \frac{1}{f}, \text{ of } f = \frac{l(r - l_1)}{r - l_1 - l},$$

waarbij f den brandpuntsafstand der gewenschte lens voorstelt.

Is echter het oog hypermetroop, en wel in dien graad, dat de lichtstralen naar een in c_5 achter het oog gelegen punt moeten convergeeren, wil bij niet accommodatie een beeld op het netvlies er van ontstaan, dan blijft

l weer l ,

doch b wordt $r + l_1$ wanneer we c_5k' r noemen; na substitutie in bovenstaande formule komt er dus:

$$\frac{1}{l} + \frac{1}{r + l_1} = \frac{1}{f}, \text{ of } f = \frac{l(r + l_1)}{r + l_1 + l}.$$

Is men dus emmetroop, dan moet de brandpuntsafstand van de aan te wenden lens gelijk zijn aan den afstand van de lens tot het papier. Is men ametroop, dan moet men eerst zijn grootsten afstand van duidelijk zien bepalen, of zich dien door zijn oogarts laten aangeven; bovenstaande formules zullen dan den brandpuntsafstand van het vereischte glas doen kennen.

Het zal bij de meeste camera's niet moeilijk zijn een dergelijke lens aan te brengen.

Wanneer men het bijzonder opgeeft, kan men de camera van Abbe van een voor een lens bestemd hulsel voorzien bij den heer Zeiss bekomen. De heer Zeiss heeft die »Linsenfassung" dicht bij de rookglazen aangebracht, zoodanig dat het lensje er in kan worden geschoven, of desverkiezende er uit kan worden verwijderd.

Als lens gebruikt men zeer geschikt een brilleglas, dat men door een brillenmaker op de grootte van het hulsel laat snijden. Drukt men den brandpuntsafstand, dien het glas hebben moet, in meters uit, dan geeft de omgekeerde waarde van dit getal het vereischte brilleglas in zoogenaamde dioptrieën aan. Is bijv. de vereischte brandpuntsafstand 40 cM., dan behoeft men een brilleglas van 2,5 dioptrieën. Wil men het vereischte brilleglas volgens de oude nummers (duimsysteem) bestellen, dan heeft men slechts in aanmerking te nemen: 1°. dat naar dit systeem de brilleglazen aangegeven worden door een breuk, waarvan de teller 1 is, en waarvan de noemer den brandpuntsafstand in duimen uitdrukt, 2°. dat 1 Parijsche duim = 0.0271 Meter.

Wanneer de omgekeerde brandpuntsafstand niet juist met een der in den handel voorkomende brilleglas-nummers overeenstemt, dan zal het er 't dichtst bijkomende voldoende zijn.

Ligt de waarde van $\frac{1}{f}$ ongeveer even ver van twee nummers af, dan kieze men steeds het zwakkere glas, wanneer het een positief, het sterkere, wanneer het een negatief glas is (algemeen uitgedrukt, men kieze het minder positieve glas, want een sterkere concave lens is een minder positief glas, dan een minder concave). Dit wordt hierdoor vereischt, dat, wanneer een lens te zwak is, men het er aan ontbrekende door een weinig accommodatie kan aanvullen, is deze echter te sterk positief, dan is in ons oog geen corrigens meer voorhanden. Men behoeft overigens bij het bepalen van de vermoedelijk benoodigde lens niet al te angstvallig te zijn, want de in den handel voorkomende brilleglazen hebben natuurlijk

slechts bij benadering den brandpuntsafstand, dien zij volgens hun nummer hebben moeten. Ten slotte moet ook steeds de praktijk de toetssteen wezen voor de vraag, of het glas aan de bedoeling zal beantwoorden. Slechts zorgen men vooraf zoo veel mogelijk, dat men geen te sterke lens krijgt; een kleine accommodatie-inspanning schaaft niet, wordt veelal gemakkelijk verkregen, en kan zelfs het teekenen verlichten.

Een opmerking nog zal wellicht niet overbodig wezen.

De mensch is, zooals overbekend is, in hooge mate eenslaaf van de gewoonte. — Wanneer men begint te microscopiseeren, valt het zeer moeielijk wegens de omkeering van het beeld, en dus ook van bewegingen van het objectglas, dit laatste juist en zeker te voeren. Is men evenwel eenmaal hieraan gewend, en werkt men dan eens met een prepareer-loupe, die het beeld recht laat, dan is het moeielijk het objectglas aldus te bewegen, zooals wij het anders in het dagelijksche leven ieder oogenblik doen. De omkeering der bewegingen was voor ons onbewust aan de bezigheid van microscopiseeren verbonden geworden. — Zoo gaat het ook met de accommodatie. In den beginne is het microscopiseeren zeer vermoeiend; waarschijnlijk voor een niet gering deel ten gevolge van vrij sterke accommodatie-inspanning ¹⁾. Spoedig evenwel leert men de

1) Daar men weet, dat datgene wat men waarneemt, dichtbij is gelegen, schijnt men, wanneer men pas begint te microscopiseeren, het niet over zich te kunnen verkrijgen, zijn oog aldus in te stellen, als men gewend is te doen bij het bezien van een in de verte gelegen voorwerp. Vandaar ook dat beginners, als ze met het eene oog microscopiseeren, het andere niet open kunnen houden. Ten gevolge der accommodatie wordt dan in dit oog een min of meer scherp beeld van de tafel op het netvlies ontworpen; in de voorstelling van den waarnemer wordt dit beeld over het microscopische beeld gesuperponeerd, en kan voor de waarneming van dit laatste zeer hinderlijk zijn. Laat men echter zijn accommodatie varen, dan is het beeld van de tafel (en van den voet van den microscoop) zoo diffuus, dat men er niets bepaalds aan ziet, dat men er dus gemakkelijk van abstraheert, en het dus eenvoudig niet meer ziet.

Wanneer iemand, die aan microscopiseeren gewend is en daarbij zijn accommodatie laat rusten, wil zien, hoe lastig het bij het microscopiseeren is, om ook in het oog, dat niet in den tubus ziet, een scherp beeld te ontvangen, dan heeft hij slechts de volgende eenvoudige proef te nemen. Hij plaatse zijn microscoop op-

accommodatie gedurende het microscopiseeren ontspannen. Is men hiermede klaar gekomen, en wil men met de camera werken, dan kost de nu wel vereischte accommodatie opnieuw moeite. Is men dan eindelijk ook hieraan gewend, en brengt men ten slotte aan de camera een inrichting aan, welke toestaat, doch ook eischt, dat men de vermoeiende accommodatie laat rusten, dan gebeurt het, dat men zich ook hiermede in den aanvang weder niet vereenigen kan. Men leert dit alles echter spoedig. Slechts moet men niet te snel het door de berekening gevonden glas voor te sterk houden, zooals dit bijv. door een verkeerd bepaalden grootsten afstand van duidelijk zien het geval zou kunnen zijn. Toch zijn er personen, die er zich nooit aan kunnen wennen bij het microscopiseeren of bij het teekenen met de camera hun accommodatie geheel te laten rusten. Bij dezulken zal het echter de moeite wel loonen eenvoudig empirisch te bepalen, wat het meest convexe of minst concave glas is, dat ze bij hun camera om gemakkelijk te teekenen gebruiken moeten ¹⁾. Ik voor mij werd tot het

een vlak, dat een scherp zichtbaar beeld kan leveren, bijv. een vel wit, beschreven papier. Kijkt hij nu bijv. met zijn rechteroog bij niet accommodatie in den tubus, dan zal hij dat, daar 't opgehouden linker oog slechts een diffuus beeld ontvangt, toch goed kunnen waarnemen; doch houdt hij nu voor het linker oog (dat wij hier emmetroop onderstellen) een lens, waarvan de brandpuntsafstand ongeveer gelijk is aan den afstand van het linker oog tot het papier, dan wordt ook het beeld van het linker oog scherp, en wordt terstond het microscopische beeld onduidelijk.

Met het oog hierop is het ook rationeel, dat bij den arbeid de microscoop geplaatst is op een donker tafelvlak, en dat niet alleen de voorwerptafel, maar het geheele onderste deel van den microscoop (zooals bij statief no. I van Zeiss) zwart zij.

1) Hypermetropen, die reeds om in de verte te zien een deel hunner accommodatie moeten in werking stellen, kunnen zelden of nooit, vooral als hun anomalie eenigszins sterk is, hun geheele accommodatie laten varen, zelfs al houdt men hun lenzen voor, die hun alleen bij niet accommodatie het zien mogelijk maken. Een deel der hypermetropie openbaart zich daarom slechts op deze wijze, en is, zooals men zegt, „manifest". Het latente gedeelte der hypermetropie kan men slechts bij kunstmatige verlamming der accommodatie door atropine leeren kennen. Voor de camera lucida zal men dus ook bij hypermetropie op zijn hoogst slechts met het manifeste deel rekening hebben te houden. Aan het bepalen daarvan zijn echter veelal groote moeilijkheden verbonden,

gebruik van een, mijn accommodatie geheel of grootendeels buiten werking stellende, lens gebracht, doordien ik voor eenigen tijd een eenigszins uitvoerige, fijne teekening had te vervaardigen, waarbij ik de potloodpunt voortdurend zeer scherp moest zien. Dit spande mij zoo in, dat ik op een middel bedacht was, mij de zaak gemakkelijker te maken. Nu ik dit eenmaal gevonden en aangewend heb, geeft het mij zooveel verlichting, dat ik het nauwelijks meer zou kunnen ontberen.

Mochten ook anderen, die moeielijkheden hebben bij het gebruik hunner camera, uit bovenstaande opmerkingen nut kunnen trekken!

om de eenvoudige reden, dat een bepaalde persoon zich in dit opzicht lang niet altijd gelijk blijft, en bijv. bij het onderzoek eerst een bepaalden graad van manifeste hypermetropie zou doen onderstellen, in een volgend oogenblik een veel sterkeren, en eindelijk weer een zwakkeren; hypermetropen weten veelal niet, om zoo te zeggen, hoe zij het met hun oogen hebben; wanneer zij het eene oogenblik goed zien, is dit in het volgende, onder dezelfde omstandigheden, niet meer het geval (vgl. Donders, die Anomalien der Refraction und Accommodation des Auges, pag. 198 en vv.) Toch is bij hypermetropie veel verlichting van een lens bij de camera te verwachten. Wanneer het onderzoek der oogen een eerste aanduiding omtrent het vereischte glas gegeven heeft, zal de ondervinding doen weten, welke lens op den duur de meeste baat geeft.

