



Het mikroskoop, deszelfs gebruik, geschiedenis en tegenwoordige toestand : een handboek voor natuur- en geneeskundigen

<https://hdl.handle.net/1874/209554>

131/2

Bonn.
27133

II

HET MIKROSKOOP,
DESZELFS GEBRUIK, GESCHIEDENIS
EN
TEGENWOORDIGE TOESTAND.



027724

HET MIKROSKOOP,
DESZELFS GEBRUIK, GESCHIEDENIS
EN
TEGENWOORDIGE TOESTAND.

EEN HANDBOEK VOOR NATUUR- EN GENEESKUNDIGEN,

DOOR

P. HARTING,

Hoogleeraar aan de Utrechtsche Hoogeschool.

TWEEDE DEEL.



Te **UTRECHT,**
bij **VAN PADDENBURG & COMP.**
1848.



INHOUD

DER

TWEDE AFDEELING.

| | |
|--|--------|
| OVER HET MIKROSKOPISCH ONDERZOEK IN HET ALGEMEEN . . . | bl. 1. |
| Vereischten in den mikroskopischen waarnemer | » 2. |
| Ligchamelijke vereischten | » » |
| Regelen voor de oefening der oogten | » 5. |
| » » » » » handen | » 11. |
| Psychische vereischten | » 16. |
| Algemeene regelen voor het onderzoek | » 27. |
| Aanleidingen tot dwaling | » 31. |
| DE MIKROSKOPISCHE WAARNEMING EN HARE EIGENDOMMELIJK- | |
| HEDEN | » 42. |
| Waarneming bij doervallend licht | » 43. |
| Invloed van den vorm der voorwerpen | » 44. |
| Invloed van het brekend vermogen der middenstof, waarin de voorwerpen zich bevinden | » 46. |
| Invloed van scheikundige omzettingen op de zichtbaarheid der voorwerpen | » 51. |
| Onderscheiding van openingen | » 55. |
| Onderscheiding van holle en niet holle voorwerpen | » 56. |
| Diffractie - verschijnselen | » 58. |
| Zien van vlakken door het mikroskoop | » 61. |
| Onderscheiding van hoogten en diepten | » 63. |
| Wijzigingen in de kleur der voorwerpen, bij de mikrosko- pische waarneming | » 65. |
| Invloed der vergrooting op de waarneming van bewegingen | » 66. |
| Verschillende bewegingen der mikroskopische voorwerpen | » 68. |
| OVER DE GRENZEN DER MIKROSKOPISCHE WAARNEMING, VERGE- | |
| LEKEN MET DIE VAN HET WAARNEMINGSVERMOGEN MET HET | |
| BLOOTE OOG | » 74. |
| Waarneembaarheid der voorwerpen met het bloote oog | » 75. |
| Positieve en negatieve netvliesbeelden | » 76. |
| Onderscheidingsvermogen van het bloote oog | » 82. |

| | |
|--|---------------|
| Herkenbaarheid van den vorm der ligchamen door het bloote oog | bl. 84. |
| Grenzen der mikroskopische waarneming | » 85. |
| Onderscheidbaarheid der gezichtsindrukken door het mikroskoop | » 90. |
| Herkenbaarheid van den vorm der ligchamen door het mikroskoop | » 93. |
| Vergelijking van het zien door het bloote oog met dat door het mikroskoop | » 95. |
| Vermindering der irradiatie door het mikroskoop | » 97. |
| Grenzen der waarneembaarheid van organische en andere doorschijnende voorwerpen | » 99. |
| OVER HET TOEBEREIDEN DER VOORWERPEN TOT MIKROSKOPISCH ONDERZOEK | » 107. |
| Keuze en inrigting van een tot mikroskopische onderzoekingen bestemd vertrek | » 108. |
| Beschrijving eener tafel voor mikroskopische onderzoekingen | » 111. |
| Werktuigen voor ontledingen bestemd; scalpellen, scheermes, gebogen lancet, verschillende soorten van dubbelmessen, dubbellancet, dubbelbeitel | » 112. |
| Scharen en mikrotomen | » 114. |
| Naalden, zaag, vijlen | » 115. |
| Regelen voor het scherpen der messen | » 116. |
| Pincetten, haken | » 118. |
| Onderlaag, glazen voorwerpplaatjes | » 119. |
| Glassnijplank | » 120. |
| Vervaardiging der dekplaatjes | » 122. |
| Vervaardiging van bakjes voor praeparaten, van caoutchouc, gutta percha en glas | » 124. |
| Middelen om de voorwerpen te bevestigen; kurken platen, gipsbrei, was | » 129. |
| Glazen staafjes, pipetten, droppelfleschjes, zuigpenseel | » 131. |
| Vervaardiging van doorsneden | » 133. |
| Gebruik van het scheermes | » 135. |
| Hulpmiddelen tot het vervaardigen van doorsneden van zeer kleine voorwerpen | » 136. |
| Drooging van dierlijke weefsels | » 137. |
| Verharding der weefsels door scheikundig werkende middelen | » 140. |
| Gebruik van de dubbelmessen, het dubbellancet, den dubbelbeitel | » 145. |
| Gebruik van het lancet, van de schaaf | » 147. |
| Vervaardiging van doorsneden van zeer harde voorwerpen: beenderen, tanden, koralen, schelpen, enzv. | » 148. |
| Isolering der organen van kleine dieren | » 151. |

| | |
|---|---------------|
| Isolering van de elementaire deelen der weefsels | bl. 152. |
| Bevochtiging der voorwerpen, invloed van het water op de elementaire organische deelen | » 153. |
| Bedekking der voorwerpen | » 155. |
| Aanwending van drukking, gebruik der compressoria . . . | » 156. |
| Rolling der voorwerpen | » 157. |
| Middelen, om de bewegingen van kleine dieren tot rust te brengen | » 159. |
| Waarneming der rotatie van het celsap | » » |
| Waarneming der cyclose | » 160. |
| Middelen tot waarneming van den bloedsomloop | » 161. |
| Middelen tot zichtbaarmaking van snel bewogen voorwerpen door het mikroskoop | » 166. |
| Opspuiting der vaten | » 171. |
| PHYSISCHE EN CHEMISCHE HULPMIDDELEN TER HERKENNING | |
| VAN DEN AARD DER MIKROSKOPISCHE VOORWERPEN | » 192. |
| Zwaarte en soortelijk gewigt der mikroskopische voorwerpen. | « 193. |
| Doorvoering van eenen elektrischen stroom | » 196. |
| Verwarming der mikroskopische voorwerpen | » 198. |
| Bepaling van den brekingsaanwijzer door het mikroskoop. . | » 200. |
| Mikrochemisch onderzoek | » 203. |
| Reagentia voor het onderzoek van organische voorwerpen . | » 211. |
| Langzame vermenging | » 212. |
| Filtratie van kleine hoeveelheden vochts | » 213. |
| Uitwassing | » 214. |
| Uitdamping | » 215. |
| Kristallographisch onderzoek | » 216. |
| Mikro-goniometers | » 217. |
| Verschillende vormen der gepraecipiteerde stoffen. | » 223. |
| Overzicht der kristallen, welke bij organisch-chemische on- derzoekingen voorkomen | » 226. |
| Kristallen van jodium | » » |
| » » salpeterzure soda | » 227. |
| » » chlorsodium | » 228. |
| » » chlorpotassium | » » |
| » » fluorkieselsodium | » 229. |
| » » chlorammonium | » » |
| » » zwavelzure ammoniak | » 230. |
| » » phosphorzure ammoniak | » » |
| » » phosphorzure soda-ammoniak | » « |
| » » oxalzure ammoniak | » » |
| » » zure wijnsteenzure potasch | » » |
| » » zure oxalzure potasch | » 231. |
| » » koolstofzure kalk | » » |

| | | |
|-------------------------------|------------------------------------|----------|
| Kristallen van | zwavelzure kalk | bl. 232. |
| » | » phosphorzure kalk | » 233. |
| » | » oxalzure kalk | » 234. |
| » | » phosphorzure magnesia | » 237. |
| » | » phosphorzure ammoniak - magnesia | » » |
| » | » ureum | » 239. |
| » | » salpeterzuur ureum | » » |
| » | » oxalzuur ureum | » 240. |
| » | » urinzuur | » » |
| » | » urinzure ammoniak | » 241. |
| » | » urinzure soda | » 242. |
| » | » hippuurzuur | » » |
| » | » benzoëzuur | » » |
| » | » melkzuur zinkoxyd | » » |
| » | » taurine | » 243. |
| » | » cystine | » » |
| » | » steärine | » » |
| » | » steärinezuur | » 244. |
| » | » margarine | » » |
| » | » margarinezuur | » 245. |
| » | » cholesteärine | » « |
| » | » neurosteärine | » » |
| Mikrochemische ontdekking van | proteïneverbindingen | » 246. |
| » | » amyllum | » 251. |
| » | » cellulose | » 252. |
| » | » suiker | » 254. |
| » | » olie- en vetachtige stoffen. | » 259. |
| » | » etherische olieën en harsen. | » 261. |
| » | » slijm | » 262. |
| » | » gal | » 264. |
| » | » ureum | » 265. |
| » | » cystine | » 267. |
| » | » urinzuur en urinzure zouten | » » |
| » | » hippuurzuur | » 268. |
| » | » melkzuur | » 270. |
| » | » koolstofzure zouten | » » |
| » | » zwavelzure zouten | » 271. |
| » | » chlorzouten | » 272. |
| » | » phosphorzure zouten | » 273. |
| » | » ammoniakzouten | » 275. |
| » | » potaschzouten | » 276. |
| » | » sodazouten | » » |
| » | » kalkzouten | » 278. |
| » | » magnesia-zouten | » 279. |
| » | » ijzerzouten | » » |

| | |
|--|----------|
| Microchemisch onderzoek van dierlijke vochten | bl. 281. |
| Aanwending van scheikundige middelen tot zichtbaarmaking van verschillende vorm-bestanddeelen der dierlijke en plantaardige weefsels; morphologische reagentia | » 283. |
| OVER HET METEN VAN MIKROSKOPISCHE VOORWERPEN | » 287. |
| Vervaardiging eener juiste maat | » 290. |
| Wijze van uitdrukking der mikrometrische maten | » 293. |
| Verschillende in gebruik zijnde maten | » 295. |
| Glasmikrometers | » 296. |
| Schroefmikrometers | » 302. |
| Gebruik der verschillende dioptrische en katoptrische pro- jectiemiddelen tot het verrigten van metingen. | » 310. |
| Gebruik van het beeldmikroskoop, tot het doen van mikro- metrische bepalingen | » 314. |
| Meting door het dubbelzien | » 315. |
| Keuze eener mikrometrische methode | » 316. |
| Graad van naauwkeurigheid, welke in de uitdrukking van mikrometrische maten vereischt wordt | » 318. |
| Tafel voor de herleiding van verschillende mikrometrische maten | » 320. |
| HET TEEKENEN VAN MIKROSKOPISCHE VOORWERPEN | » 335. |
| Vereischten in eene mikroskopische afbeelding | » 337. |
| Hulpmiddelen tot het vervaardigen van naauwkeurige mikro- kopische afbeeldingen; verschillende projectiemiddelen. » | 340. |
| Draagbaar zonnemikroskoop | » 341. |
| Ruit- en netmikrometers; glaspapier | » 345. |
| HET BEWAREN VAN MIKROSKOPISCHE PRAEPARATEN | » 347. |
| Gedroogde voorwerpen | » » |
| Bewaring in eene oplossing van chlorcalcium | » 348. |
| Bewaring in canadabalsem | » 350. |
| „ „ eene oplossing van kreosoot | » 351. |
| „ „ „ „ „ acidum arsenicosum. | » » |
| „ „ „ „ „ deuto-chloruretum hydrargyri » | » |
| „ „ „ „ „ carbonas potassae | » 352. |
| „ „ „ „ „ arseniis potassae | » » |
| Middel tot afsluiting van het bewaarvocht | » 353. |
| Algemeene regelen voor het vervaardigen en bewaren der praeparaten | » 354. |



VERBETERINGEN.

- Bl. 7 regel 1 staat: terwiji; lees: terwijnl.
„ 16 „ 12 „ tot daarstellen; lees: tot het daarstellen.
„ 114 „ 1 „ dubbelbijtel; lees: dubbelbeitel.
„ 157 „ 11 „ kunnen; lees: hunne.
„ 292 „ 3 noot, staat: rullen; lees: krullen.
-

AANWIJZING DER TAFELS.

- Tafel der versterking van het optisch vermogen enzv., tegenover bl. 95.
„ voor het mikrochemisch kwalitatief onderzoek enzv., „ „ 282.

II.

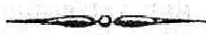
HET MIKROSKOPISCH ONDRZOEK.

OVER HET MIKROSKOPISCH ONDERZOEK
IN HET ALGEMEEN.

228. **H**et doel van elk mikroskopisch onderzoek is *voorwerpen* of *bewegingen* zichtbaar te maken, welke voor het bloote oog wegens hunne kleinheid niet waarneembaar zijn. De eersten zijn geheele lichamen of hunne gedeelten, terwijl de laatsten het gevolg zijn van de werking der daarin of in de omringende lichamen huisvestende krachten.

Voor den mikroskopischen waarnemer, in den uitgebreidsten zin dier benaming, levert dus de geheele natuur de voorwerpen tot zijn onderzoek op; of, om juister te spreken, elk natuuronderzoeker, welk ook het meer bijzondere vak zijner beoefening zij, behoort mikroskopisch waarnemer te wezen. Schei- en natuurkundigen, geologen en mineralogen, plant- en dierkundigen, allen stuiten gedurende hunne nasporingen op grenzen, waar hun gezigtzintuig te kort schiet. Een nieuwe gezigtseinder doet zich voor elk hunner op, een uitgebreid veld opent zich voor hunne voorwaartsstrevende werkzaamheid, zoodra zij, het mikroskoop ter hand nemende, met hunnen blik daar vermogen door te dringen, waar voor het ongewapend oog noch vormen, noch bewegingen meer bestaan.

OVER HET MIKROSKOPISCH ONDERZOEK IN HET ALGEMEEN.



228. **H**et doel van elk mikroskopisch onderzoek is *voorwerpen* of *bewegingen* zichtbaar te maken, welke voor het bloote oog wegens hunne kleinheid niet waarneembaar zijn. De eersten zijn geheele lichamen of hunne gedeelten, terwijl de laatsten het gevolg zijn van de werking der daarin of in de omringende lichamen huisvestende krachten.

Voor den mikroskopischen waarnemer, in den uitgebreidsten zin dier benaming, levert dus de geheele natuur de voorwerpen tot zijn onderzoek op; of, om juister te spreken, elk natuuronderzoeker, welk ook het meer bijzondere vak zijner beoefening zij, behoort mikroskopisch waarnemer te wezen. Schei- en natuurkundigen, geologen en mineralogen, plant- en dierkundigen, allen stuiten gedurende hunne nasporingen op grenzen, waar hun gezigtzintuig te kort schiet. Een nieuwe gezigtseinder doet zich voor elk hunner op, een uitgebreid veld opent zich voor hunne voorwaartsstrevende werkzaamheid, zoodra zij, het mikroskoop ter hand nemende, met hunnen blik daar vermogen door te dringen, waar voor het ongewapend oog noch vormen, noch bewegingen meer bestaan.

229. Voor verreweg de meeste gevallen splitst zich het mikroskopisch onderzoek in twee deelen: 1° de toebereiding der voorwerpen, waardoor zij in dien toestand gebragt worden, waarin zij de voor de mikroskopische waarneming noodige vereischten bezitten, en 2° de eigenlijke waarneming zelve. Hiermede is ons tevens de weg aangewezen, welken wij in deze afdeeling zullen moeten betreden, daarbij echter ons zulke afwijkingen van de genoemde logische volgorde veroorloovende, als tot bevordering eener grootere duidelijkheid in de behandeling der verschillende hiertoe behoorende onderwerpen zal noodig schijnen.

250. Alvorens echter daartoe over te gaan, zal het niet ongepast wezen, eenige oogenblikken te verwijlen bij de beantwoording der vraag: Welke zijn de vereischten in den- genen, die het mikroskoop tot wetenschappelijke onderzoekin- gen wil aanwenden?

In de eerste plaats willen wij hier bij de *ligchamelijke eigenschappen* stilstaan. Wel is waar zullen weinigen, die zich eenig gedeelte der natuurwetenschappen ter beoefening hebben gekozen, ligchamelijk zoo misdeeld zijn, dat zij om die reden geheel van het gebruik van het mikroskoop, daar waar het te pas komt, zouden moeten afzien, en daarin eene versooning vinden voor hunne nalatigheid in het aan- wenden van een werktuig, welks nut zij niet kunnen ont- kennen. Maar men moet echter tevens toegeven, dat zij, die zich meer bepaaldelijk willen toewijden aan het onder- zoek van het kleine in de natuur, zij die dagelijks eenige uren met het mikroskoop willen arbeiden, zekere ligchame- lijke eigenschappen in hoogere mate moeten bezitten, dan zij, die het slechts van tijd tot tijd en meer ter loops ter

hand nemen. Overigens moet men hierbij niet vergeten, dat sommigen dier eigenschappen door oefening zeer versterkt en verbeterd kunnen worden.

Wat de lichamelijke hoofdvereischen in elk mikroskopisch waarnemer zijn, laat zich in korte woorden zeggen: *goede oogen* en *goede handen*. Dat hij ook in andere opzigten, zal hij zich met eenigzins langdurige nasporingen bezig kunnen houden, een gezond ligchaamsgestel moet bezitten, dat hij aan geene bloedophooping en naar het hoofd, aan geene te groote algemeene prikkelbaarheid van het zenuwstelsel enz. enz., moet lijden, spreekt wel van zelf, en behoeft geene nadere aanwijzing, daar er ter naauwernood eenige werkzaamheid der ziel kan gedacht worden, waarop een ziekelijke toestand van het ligchaam niet storend inwerkt.

De uitdrukkingen: *goede oogen* en *goede handen*, vorderen echter eenige nadere omschrijving, want oogen die voor eenen zeeman, en handen die voor eenen timmerman zeer goed en bruikbaar zouden wezen, zouden het daarom nog niet zijn voor dengenen, die hen tot mikroskopisch onderzoek wenscht aan te wenden. Bovendien willen wij van deze gelegenheid gebruik maken, om aan te wijzen, hoe deze organen het best tot het verrigten van mikroskopische onderzoekingen kunnen worden in staat gesteld, en geoefend.

251. Volkomen goede oogen behooren de volgende eigenschappen in zich te vereenigen:

1° De middenstoffen: hoornvlies, waterachtig vocht, kristallens en glasachtig vocht, moeten zoo doorschijnend mogelijk zijn, zoodat de lichtstralen nagenoeg zonder verlies het netvlies bereiken.

2° Het accomodatievermogen moet hun veroorlooven, zoowel

zeer verwijderde voorwerpen, wier lichtstralen nagenoeg evenwijdig zijn, als zeer nabijzijnde, van waar de stralen sterk divergerend op het hoornvlies vallen, met gelijke gemakte-lijkheid en even scherp en onderscheidenlijk te kunnen zien.

3° Hun netvlies moet zeer gevoelig zijn voor de geringste indrukken, doch zonder dat daarin eene ziekelijke prikkelbaarheid bestaat, waarbij ligtelijk zoogenaamde nabeelden gevormd worden, die storend op de volgende indrukken inwerken.

4° Eindelijk moeten zij, zonder te groote inspanning of vermoeidheid te gevoelen, gedurende eenen geruimen tijd tot het opnemen van scherpe gezichtsindrukken kunnen gebruikt worden.

252. Zulke volmaakte oogen komen echter zelden voor. Inzonderheid is het accomodatievermogen doorgaans zeer beperkt, zoodat hij, die voorwerpen, op verren afstand geplaatst, scherp kan zien, zulks minder goed vermag, zoodra deze zich op weinige duimen afstands van zijn oog bevinden. Intusschen is dit laatste, zoo niet een vereischte in dengenen, die mikroskopische onderzoekingen verrigt, althans een groot voordeel voor hem. Hoe naderbij hij de voorwerpen aan zijne oogen kan brengen, zonder dat zij diffusiebeeldjes op zijn netvlies doen ontstaan, des te meer werken zijne oogen zelve reeds als mikroskoop, en wel als zulk een, hetwelk de beste werktuigen van dien aard overtreft, zoowel in de grootte van het gezichtsveld als in doordringend en begrenzend vermogen, waarvan wij later de bewijzen zullen aantreffen, in eene opzettelijke vergelijking der grenzen van het waarnemingsvermogen van het bloote oog, met dat door het mikroskoop. Hier komt bij, dat men in het zien door twee

oogen, ten gevolge der onbewuste betrekkelijke rigting der beide gezigtsassen, een magtig hulpmiddel heeft tot herkenning van den vorm der voorwerpen, een voordeel, dat men missen moet, zoodra men tot het gewapend oog zijne toevlugt neemt.

Het is om die redenen, dat een bijziende over het algemeen eene grootere geschiktheid bezit voor het verrigten van mikroskopische onderzoekingen, dan een vérziende. De geringere meerdere grootte der netvliesbeeldjes van door het mikroskoop geziene voorwerpen (z. I. § 115) kan hierbij wel is waar ter naauwernood in aanmerking komen, maar het is vooral bij het vervaardigen van fijne mikroskopische praeparaten, waarvoor de vérziende dadelijk naar de loupe moet grijpen, dat den bijzienden zijn vermogen, om kleine voorwerpen, op korten afstand van zijne oogen, nog scherp te kunnen waarnemen, zeer te stade komt. Bovendien kunnen in den regel de oogen van bijzienden beter eene langdurige inspanning verdragen, mits zij, zooals trouwens van zelf spreekt, niet met andere gebreken behebt zijn, welke de bijziendheid soms vergezellen.

De bijziende brengt dus van nature eenen bijzonderen aanleg mede tot het verrigten van al zulken arbeid, welke de meeste mikroskopische onderzoekingen vereischen; doch ook hij, die dien gelukkigen aanleg mist, kan door oefening in dit gemis grootendeels voorzien. Het is genoeg bekend, dat alle zintuigen door het gebruik scherper worden, en meer en meer geschikt voor die soort van werkzaamheid waartoe zij bij voorkeur worden gebezigd. De zeeman, die, van zijne vroegste jeugd af, naar den gezigteinder staarde, heeft zich daardoor allengs de vatbaarheid verworven, om zijne oogen zeer gemakkelijk en zonder inspanning voor pa-

ralelle stralen te kunnen accomoderen; even zoo zal hij, die zich op fijnen handenarbeid toelegt, — en hiertoe behoort een groot gedeelte der verrigtingen van den mikroskopischen onderzoeker, — allengs bevinden, dat zijne oogen meer en meer in staat worden gesteld, om zich voor korte afstanden te kunnen accomoderen.

Ook nog in een ander opzigt worden de oogen door aanhoudende oefening van lieverlede geschikter voor mikroskopische waarneming. Reeds (I. § 205) heb ik doen opmerken, dat de oogen van hen, die daaraan niet gewoon zijn, niet in dien lijdelyken rustigen toestand verkeeren, welke vereischt wordt, om gedurende eenen geruimen tijd, zonder vermoeidheid te gevoelen, door het mikroskoop te zien. In het gemeene leven zijn wij meestal gewoon, niet den afstand der voorwerpen naar den accomodatietoestand van ons oog, maar dezen naar den afstand der voorwerpen te wijzigen. Dit is ook hier niet hinderlijk, daar er doorgaans tusschen de opvolgende gezigtsindrukken genoegzame tijdperken van rust zijn, waarin het oog zich weder van deszelfs inspanning herstellen kan. Anders is het gelegen, wanneer wij dit gebruiken voor een gedurende eenigen tijd voortgezet mikroskopisch onderzoek. De ongeoeffende, ook hier, geheel onwillekeurig en zich des niet bewust zijnde, zijn accomodatievermogen in werking brengende, en gezigtsindrukken trachtende op te nemen of vast te houden van voorwerpen, die zich op verschillenden afstand bevinden, ontwaart weldra, ten gevolge dezer gestadige werkzaamheid van zijn oog, eene vermoeidheid daarin, welke hem noodzaakt het zien door het mikroskoop voor eenigen tijd op te geven. De geoefende waarnemer daarentegen bezigt zijn netvlies slechts als een scherm, om daarop de beelden der voorwerpen op te van-

gen, terwijl hij de overige deelen van zijn oog in volkomene rust laat, de werking, die anders door het accomodatievermogen wordt verrigt, geheel op het werktuig overdragende, hetwelk daardoor nimmer wordt afgemat.

Hieruit blijkt tevens, dat wel verre, dat, zooals velen meenen, het veelvuldig gebruik van het mikroskoop schadelijk voor het gezigtszintuig zoude zijn, dit er integendeel van lieverlede meer en meer door geschikt wordt tot het doen van naauwkeurige en eene langdurige inspanning vorderende waarnemingen. Ook wordt deze meening door de ondervinding genoegzaam geloogenstraft. Leeuwenhoek, die tot zijne onderzoekingen enkel kleine lenzen aanwendde, welker gebruik, uit den aard der zaak, voor het oog veel vermoeijender is, dan dat van het zamengesteld mikroskoop, zette tot op meer dan tachtigjarigen leeftijd zijne nasporingen nog dagelijks voort, en het blijkt niet, dat hij daarvan immer eenig nadeel voor zijne oogen heeft ondervonden.

255. Echter wil ik hiermede geenzins beweren, dat waarnemingen onder zekere ongunstige omstandigheden verrigt, niet schadelijk zouden kunnen zijn. Integendeel, elk mikroskopisch waarnemer moet zijne oogen ontzien, en zich wachten voor alle zoodanige invloeden, van welke het bekend is, dat zij voor de oogen nadeelig kunnen zijn. Hij is welligt daartoe meer gehouden, dan elk ander, omdat het gezigtszintuig voor hem het eenige middel is tot gemeenschap met die kleine wereld, welke hij tot het voorwerp zijner nasporingen gekozen heeft. Eenige voorzorgen tot goede instandhouding van hetzelfde zijn daarom noodig. Inzonderheid wachte hij zich voor alle te sterke gezigtsindrukken. Het is de fout van meest allen, die beginnen het mikroskoop te

gebruiken, dat zij de voorwerpen, of liever het gezigtsveld, te sterk verlichten. Dat zulks geenzins dienstig is om de zichtbaarheid der voorwerpen te bevorderen, heb ik reeds bij meer dan eene gelegenheid (I. § 201) doen opmerken, maar bovendien wordt het netvlies daardoor te sterk geprikkeld, en op die overprikkeling volgt later verstopping.

Is de prikkeling zeer sterk geweest, heeft men b. v. tot de verlichting van het gezigtsveld het regtstreeksche zonlicht aangewend, dan blijft de gezigtssindruk onder den vorm van nabeeld voortduren, en het is genoeg bekend uit de treurige ervaring van sommige natuuronderzoekers (Fechner, Plateau), die zich met de studie van de daarbij plaats hebbende verschijnselen hebben bezig gehouden, hoe gevaarlijk zulk een dikwerf herhaalde overprikkelde toestand van het netvlies voor het gezigtzintuig is.

254. Niet alleen echter vermijde men, bij het gebruik van het mikroskoop, eene te sterke verlichting, maar men hoede zich ook voor elke te sterke tegenstelling van licht en duisternis. Wanneer het oog eenigen tijd in het donker heeft verkeerd, dan heeft de pupil zich sterk uitgezet, en een graad van verlichting, die onder gewone omstandigheden zeer goed door het oog kan verdragen worden, wordt dan schadelijk, uit hoofde van den breederen lichtbundel, welke door de pupil binnentreedt. Dit is de toestand van hem, die eene Argandsche lamp bezigende, het naar boven en ter zijde stralende licht door eene ondoorschijnende kap afsluit. Men meent hierdoor het licht meer te concentreren op de tafel, waaraan men zit te arbeiden, doch zulks wordt door de witte kleur, welke het inwendige van zulk eene kap doorgaans bezit, slechts in geringe mate te weeg gebracht. De

die zich van eene zoodanige verlichtingswijze bediende, dat hij na eenigen tijd door hevige pijnen in de oogen werd aangetast, met gelijktijdige verzwakking van zijn gezigt, zoodat hij genoodzaakt was van het verder gebruik van het mikroskoop geheel af te zien.

255. Doch hoewel zulke voorbeelden tot waarschuwing mogen strekken, om ook bij mikroskopische onderzoekingen de oogen niet aan zulke invloeden bloot te stellen, die voor hen nadeelig kunnen zijn, zoo herhaal ik het hier nog eens, dat de mikroskopische waarneming op zich zelve geen zins schadelijk voor het oog is, even min als het gebruik van het bloote oog tot het gewone zien schadelijk is te noemen, omdat er zijn, die, door het staren in de zon of op eene daardoor verlichte sneeuwvlakte, hun gezigt hebben verloren.

Men stelle het zich alleen tot vasten regel nimmer een mikroskopisch onderzoek voort te zetten, zoodra men de minste sporen van vermoeidheid of eener pijnlijke aandoening in het oog bespeurt. Hij, die pas begint het mikroskoop te gebruiken, zal aanvankelijk de kenteekenen hiervan reeds spoedig bij zich ontwaren; hij late zich hierdoor echter niet afschrikken; de oorzaak dier snellere vermoeidheid van zijn oog, bestaande in de onwillekeurige werkzaamheid van zijn accomodatievermogen, is boven reeds aangegeven; bij elk volgend gebruik zal hij, — voorondersteld namelijk dat zijne oogen in geenen ziekelijken toestand verkeeren, — bevinden, dat hij de waarneming al langer en langer zonder inspanning kan voortzetten, en eindelijk zal deze, met de behoorlijke voorzorgen in het werk gesteld, hem even weinig vermoeijen als eenig ander gebruik zijner oogen tot schrijven, lezen, teekenen enzv.

236. Gedurende het zien door het mikroskoop bezigt men slechts één oog. Men gewenne zich echter het andere altijd open te houden; dit schaadt, bij eenige oefening, volstrekt niet aan den gezigsindruk, dien het door het mikroskoop ziende oog ontvangt, en levert het voordeel op van het andere gewoonlijk geheel rustende oog, onder sommige omstandigheden, volgens de, in § 185 I., geschetste methode van het dubbelzien, tot teekenen of meten te kunnen bezigen. Bovendien brengt het toeknippen van het eene oog altijd eene spanning in de oogleden van het andere te weeg, die nimmer lang kan worden volgehouden. Raadzaam is het ook, dat men niet uitsluitend een en hetzelfde oog altijd tot de waarneming bezigt, maar met beiden afwisselt, omdat, wanneer men dit niet doet, men gevaar loopt, dat er allengs een gebrek in samenwerking der beide oogen bij het gewone zien ontstaat, hetgeen nadeelig is voor het herkennen van ligchamelijke vormen (het stereometrische zien).

237. Als het tweede voorname ligchamelijke vereischte in dengenen, die zich op mikroskopische onderzoekingen wenscht toe te leggen, noemde ik: *goede handen*. De instrumentmakers hebben zich, wel is waar, veel moeite gegeven, om deze ontbeerlijk te maken; zij hebben allerhande rader- en schroefinrigtingen uitgedacht, die zelfs de ruwste en minst geoefende handen in staat stellen, om de fijnste bewegingen aan de voorwerpen onder het mikroskoop mede te deelen; men heeft (1) zelfs voorgeslagen door schroeven bewogene mesjes en schaaftjes op de voorwerptafel te plaatsen, om voor het verrigten van fijne ontleding onder het mikroskoop te dienen.

(1) Purkinje in Wagner's *Wörterbuch*, art. *Mikroskop*. II. s. 426.

Maar, hoewel ik niet wil ontkennen, dat dergelijke werktuiglijke hulpmiddelen den geoefenden somwijlen te stade kunnen komen, zoo is hun werkelijk nut echter hoogst beperkt, en kunnen zij nimmer het gemis van goede tot arbeiden bruikbare handen vergoeden. Ook de beste schroef beweegt het voorwerp slechts in ééne rigting; de talrijke spieren der vingers stellen deze daarentegen in staat bewegingen in alle mogelijke rigtingen uit te voeren. Wel is waar moeten deze bewegingen in gelijke mate verkleind en vertraagd worden, als de vergrooting toeneemt, doch hiertoe wordt niets dan oefening vereischt. De werktuiglijke middelen, de spieren, zijn ons gegeven, wij moeten echter leeren deze op eene gepaste wijze te gebruiken.

258. Vooreerst make men zich de vaardigheid eigen, om met de handen de voorwerpen in het gezigtsveld van het mikroskoop gelijkmatig en zonder schokken te kunnen bewegen. Aanvankelijk zal dit den beginnenden waarnemer moeilijk vallen, vooral bij het zamengesteld mikroskoop, waar alle bewegingen de tegengestelde van de ware moeten zijn, en hij zal telkens in verzoeking komen, om, indien de voorwerptafel van zijn mikroskoop van eene beweegbare slede voorzien is, naar de schroeven van deze te grijpen; doch hij late zich niet ontmoedigen; met eenige volharding zullen zijne vingers binnen korten tijd de hebbelijkheid erlangd hebben, om zijnen wil geheel te gehoorzamen, en de kunstigst vervaardigde slede in alzijdigheid van beweging overtreffen, en in naauwkeurigheid evenaren.

Wil men op eene geregelde wijze zich hierin oefenen, dan zal men weldoen met de geringste vergrootingen te beginnen, en te beproeven, om eenig voorwerp op eene bepaalde

plaats van het gezichtsveld te brengen, b. v. den rand van het eerste in aanraking met den rand van het laatste, of met eenen in het oculair gespannen spinnewebdraad. Verder is het beschouwen van sommige soorten van infusoriën, vooral van die, welke tot de klasse der rotatoriën behooren, eene zeer hiervoor geschikte oefening, omdat het niet gemakkelijk is zulk een vrij in eenen druppel rondzwemmend diertje voortdurend in het gezichtsveld te houden, iets, waartoe de kunstigst aangebragte schroeven geheel te kort schieten, doch dat voor de vingers, zelfs bij vrij aanzienlijke vergrooting, nog zeer wel uitvoerbaar is.

259. In de tweede plaats moeten de handen en vingers dienen tot het vervaardigen van praeparaten of tot het verrijgen van ontleding op de voorwerpplaat van het mikroskoop. Bij het zamengesteld mikroskoop levert hier de omkeering van het beeld eenen zeer moeilijk te overkomen hinderpaal op. Ook betwijfel ik het, of wel ooit iemand daarmede even goed zal leeren arbeiden, als wanneer de beelden der voorwerpen zich in de ware rigting bevinden. Gelukkiglijker echter is zulks ook minder noodig. Voor de fijnste ontleding is eene hoogstens 50–60 malige vergrooting volkomen toereikend, en, al wenschten wij nog sterkere te bezigen, dan zouden wij geene ontleedwerktuigen vinden, die met vrucht kunnen gebruikt worden. Bij deze vergrooting heeft eene enkele lens of doublet nog afstand genoeg van het voorwerp, om dit met fijne naalden en mesjes te ontleden, en anders bezitten wij in het regtkeerend mikroskoop een volkomen geschikt werktuig, om zulke ontleding te bewerkstelligen.

Bij het arbeiden onder het mikroskoop of de loupe, komt

het vooral daarop aan, dat men eene vaste hand hebbe, dat is, dat er geen onwillekeurige spiertrillingen in de vingers plaats grijpen. Dit vereischt veel oefening, en is eene veel moeilijker opgave dan de zoo even genoemde beweging der voorwerpen op de voorwerptafel, waarvan ieder zich overtuigen kan, door te beproeven de punt eener naald geheel stil en onbeweeglijk in het brandpunt van een mikroskoop te houden. Men zal bevinden, dat zij in eene aanhoudende trilling is, die daaraan door de hand wordt medegedeeld. Deze trillende beweging schijnt zelfs wel onafscheidelijk met elke spierinspanning verbonden te zijn, zoodat het eene onmogelijkheid is haar geheel weg te nemen, maar men kan haar echter zeer verminderen en daardoor nagenoeg onschadelijk maken.

Vooreerst namelijk neemt zij toe door elke buitengewone krachtsinspanning; het tillen van eenen zwaren last, de snelle bewegingen der armen en handen bij het zagen, vijlen enz. maken de laatsten dikwerf nog vele uren later geheel ongeschikt tot elken fijneren arbeid. Hieruit volgt, dat hij, die eene ontleding onder het mikroskoop wil verrigten, zulks nimmer moet beproeven, dan nadat zijne arm- en handspieren zich door rust van vroegere meer kracht vorderende werkzaamheid volkomen hersteld hebben. Zelfs zal men ondervinden, dat sijne praeparaten het best des morgens, korten tijd na het ontwaken vervaardigd worden, omdat gedurende den slaap het evenwigt weder hersteld is, hetwelk door de werkzaamheden van den dag, al vorderen deze ook geene aanzienlijke krachtsinspanning, toch allengs weder in meerdere of mindere mate verloren gaat.

In de tweede plaats kan elk aan zich zelve waarnemen, dat de beweging door deze onwillekeurige spiertrillingen ver-

oorzaakt, des te aanzienlijker is, hoe verder het bewogen deel zich van eenig vast rustpunt bevindt. Beproeft men, in eene staande houding, en zonder dat de armen of handen ergens op steunen, de punt eener naald in het brandpunt van het mikroskoop te houden, dan zal men ontwaren, dat de beweging dier punt zeer sterk is. Zij zal dadelijk verminderen, zoodra men gaat zitten, nog meer door de elleboog en voorarm te ondersteunen, en tot een minimum gebragt worden, door ook de hand op een vast onderstel te doen rusten. De verklaring hiervan is eenvoudig; de spiertrillingen planten zich voort van het eene deel des ligchaams op het andere; in de staande houding dus, van de beenen op het bovenlijf, van daar op de armen, vervolgens op de handen, en eindelijk naar de vingertoppen. De beweging aldaar moet dus het grootst zijn, omdat zij het resultaat is van al de spiertrillingen van het geheele ligchaam, maar breekt men op eenig punt van dien weg de beweging af, dan plant zij zich alleen van daar uit weder verder voort, en het is dus duidelijk dat de vingertoppen des te meer tot den toestand van volkomene rust zullen kunnen naderen, hoe meer nabij zij zich bevinden aan het de voortplanting der spiertrillingen verhinderende vaste steunpunt. Men stelle het zich daarom tot regel alle fijnere ontledingen niet alleen zittende te verrigten, maar ook door, op gepaste wijze aangebragte, onderstellen, de armen en handen te ondersteunen. Soms zelfs kan het voordeelig zijn, nog onder het laatste lid van den middelsten vinger, welke met den duim en den wijsvinger dient, tot het vasthouden en besturen van het ter ontleding gebezigde werktuig, een klein rolletje te plaatsen, hetwelk dit lid ondersteunt, en tevens voor de bewegingen niet hinderlijk is.

240. Het spreekt overigens van zelf, dat een aanvanger, al neemt hij ook getrouwelijk deze voorschriften in acht, toch nog niet dadelijk zich in staat zal bevinden, om zeer moeilijke ontleding, b. v. van zeer kleine insekten, onder het mikroskoop uit te voeren. Er moet oefening bijkomen, en hierbij zal men weldoen met allengs van het gemaklijkere tot het moeilijker op te klimmen. Men beginne met de vervaardiging van zulke praeparaten, waartoe de hulp van het mikroskoop nog niet vereischt wordt, b. v. met het maken van dunne doorsneden van tamelijk harde weefsels, zoo als kraakbeen, hoornen, nagelen, de meeste plantenweefsels enzv. Vervolgens ga men over tot daarstellen van zulke praeparaten, waarbij de hulp eener weinig vergrootende loupe in den regel voldoende is; de anatomie van insekten, molusken en andere kleine dieren, opent hier een ruim veld tot oefening, waarbij men allengs kleinere en kleinere voorwerpen kiezende, ook bij steeds toenemende vergrootingen leert arbeiden, zoodat men, na eenigen tijd, schier met even veel gemak eene vloo, eene mijt, ja zelfs een der grootere infusoriën onder het mikroskoop ontleedt, als een viervoetig dier of vogel, bij het gebruik van het ongewapend oog.

241. Na deze beschouwing der voornaamste lichamelijke eigenschappen, welke diegene, die zich op mikroskopische onderzoekingen wil toelagen, moet bezitten of zich trachten eigen te maken, ligt thans de beantwoording der vraag aan de beurt: Welke zijn de *psychische hoedanigheden*, die hem behooren te kenmerken?

Welligt zal het aan sommigen toeschijnen, als of de beschouwing dezer laatsten hier minder te pas komt, omdat al de vermogens en eigenschappen der ziel, welke in

eenen mikroskopischen waarnemer vereischt worden, ook bij geen anderen natuuronderzoeker mogen ontbreken, zoodat ten slotte de beantwoording van bovenstaande vraag zoude zamenvallen met die der meer algemeene: welke psychische eigenschappen worden in dengenen gevorderd, die zich het onderzoek van de natuur en hare verschijnselen ten doel heeft gesteld? Doch, alhoewel deze laatste vraag de eerste in zich sluit, zoo is het omgekeerde het geval niet. Reeds de opmerking, dat de een zich meer tot dezen, de ander zich meer tot genen tak van natuuronderzoek voelt aange-trokken, bewijst, dat in de verschillende gemoeds- en ziels-gesteldheid de voorwaarden gelegen zijn dier onderscheiden neigingen. Bovendien is de bijzondere geaardheid der voor-werpen, welker onderzoek men zich ten doel stelt, niet uit het oog te verliezen, daar deze dan eens de meer bepaalde inspanning van dit, dan weder van dat vermogen der ziel vorderen, en tevens in het eigendomlijke van elk onder-zoek de bijzondere aanleidingen gelegen zijn tot dwalingen, voor welke, schoon geen natuuronderzoeker hopen kan dezelve overal en ten allen tijde te vermijden, het echter zijn dure pligt is zich zooveel mogelijk te hoeden.

Het is om die redenen, dat ik de volgende korte beschou-wing, hoe een mikroskopisch waarnemer in een psychisch opzigt moet gesteld zijn, hier niet misplaatst reken, te meer, dewijl dit werk inzonderheid bestemd is voor hen, die eerst aanvangen zich op de natuurwetenschappen toe te leggen, en al de klippen nog niet kennen, waarop hunne pogingen kunnen schipbreuk lijden. Het: „ken u zelve!” moest aan elk worden toege-roepen, die zich aan de beoefening van eenig bijzonder deel der wetenschap wil toewijden, en op den weg, die daartoe leidt, de eerste schreden zet; want zich zelve en de eischen

der wetenschap kennende, is het niet moeilijk die klippen veilig voorbij te stevenen.

242. Alleen waarheid, zuivere onvermengde waarheid, is wetenschap.

Het eerste en voornaamste vereischte in iederen natuuronderzoeker, en dus ook in elken mikroskopischen waarnemer, is onkreukbare waarheidsliefde.

Ieder erkent de juistheid dezer stellingen, en echter leert de dagelijksche ondervinding, dat er telkens tegen wordt gezondigd. Ik spreek hier niet van hen, die opzettelijk ter kwader trouw zijn; hun getal is voorzeker gering, en het kan bovendien het doel van mijn schrijven niet wezen, iemand zedelijk te verbeteren; de zoodanigen mogen de onwaarheden, die zij willens en wetens, om welke redenen dan ook, aan anderen als waarheden verkondigen, voor hun eigen geweten verantwoorden. Maar ik bedoel het veel grootere aantal van hen, die, hoewel meenende de waarheid lief te hebben, in dwalingen vervallen, welke zij hadden kunnen vermijden. Die dwalingen mogen onwillekeurig en daarom verschoonlijker zijn, zij zijn evenwel niet minder schadelijk voor de wetenschap, dan voorbedachtelijke leugen, ja soms meer dan deze, wanneer het uit den toon, waarop de mededeeling geschiedt, blijkt, dat de waarnemer werkelijk ter goeder trouw is. Waarheidsliefde is iets meer dan deze; zij sluit ook in zich de ernstige zucht om alle aanleiding tot dwaling te voorkomen. Verder vordert zij, inzonderheid in de op inductie steunende natuurwetenschappen, eene strenge kritiek; het zekerere moet van het onzekere, het ware van het waarschijnlijke, het waarschijnlijke van het mogelijke onderscheiden worden. Dit wordt dikwerf niet genoeg in het oog gehouden door hen, die verslag

van hunne onderzoekingen aan het publick geven. Zoo b. v. zullen twee waarnemers zich met het nasporen der ontwikkelingsgeschiedenis van een en hetzelfde weefsel, orgaan, of dier bezig houden. Beiden zullen welligt volkomen dezelfde daadzaken waarnemen, en echter kan er tusschen hunne voorstelling van de wijze, waarop de ontwikkeling plaats heeft, een zeer merkbaar verschil bestaan, omdat de een de waargenomen daadzaken op deze, de ander op gene wijze aanschakelt. Aan ieder, die in de hedendaagsche physiologie geen vreemdeling is, zullen verscheidene voorbeelden van dien aard bekend zijn; ik herinner hier slechts aan de uiteenloopende voorstellingen, welke van de vorming en ontwikkeling der dierlijke en plantaardige cel zijn gegeven. Trouwens dit verschil kan geenszins verwonderen, want niemand heeft nog eene cel zich werkelijk zien vormen, of eenig weefsel, uit cellen tot buizen, vezelen enzv. overgaande, zien geboren worden. Wij zien slechts het reeds bestaande, en hieromtrent is het in zeer vele, ja de meeste gevallen mogelijk, tot die empirische zekerheid te geraken, welke in natuurhistorische wetenschappen als van gelijke beteekenis met waarheid kan aangemerkt worden. Doch zoodra wij ons verder wagen, zoodra wij uit het bestaande besluiten tot verledene of toekomstige toestanden, dan vermengt zich, met de stellige uitkomst der regtstreeksche waarneming, diegene, welke het gevolg is onzer subjectieve opvatting; wij bevinden ons op het gebied der hypothése, welke, hoe waarschijnlijk ook, zich in dit geval nimmer, dan door daadzakelijke aanschouwing, tot waarheid verheffen kan.

Dit zelfde geldt ook van de bij zeer velen bestaande zucht, om uit een, in verhouding tot het groote getal van natuurvoorwerpen, altijd hoogst beperkt getal van waargenomen

daadzaken, te besluiten, dat datgene, wat men in het eene geval waarneemt, ook in een andere overeenkomstig geval plaats heeft. Wij kunnen, wel is waar, de besluiten uit analogie niet missen, en zij zijn zelfs een allerbelangrijkst middel tot uitbreiding der wetenschap, voor zoo ver zij ons den weg aanwijzen, die daartoe verder moet worden ingeslagen. Doch nimmer vergete men, dat zij alleen aanspraak kunnen maken op eene grootere of geringere mate van waarschijnlijkheid, dat het met het licht, hetwelk uit eene wel waargenomen daadzaak straalt, dikwerf eveneens gaat, als met het eigenlijke licht, waarvan de sterkte vermindert in reden van het vierkant des afstands van de lichtbron.

Door geene klasse van natuuronderzoekers is welligt tegen dezen regel meer gezondigd dan door de mikroskopische waarnemers; het kan zijn, dat juist de kleinheid der voorwerpen van hun onderzoek, en het onafzienbare veld, dat zij nog voor zich hebben, bij de in elken natuuronderzoeker bestaende neiging, om verband en eenheid in de verschijnselen op te sporen, hen meer dan anderen aan dit gevaar bloot stelt. Men herinnere zich b. v. de vele dwalingen, die in de wetenschap zijn ingeslopen, en gedeeltelijk nog stand houden, ten gevolge eener te ver gedreven zucht, om overeenstemming te vinden tusschen het maaksel van dieren en planten. Niemand zal ontkennen, dat dit zoeken naar analogien zijne hoogst nuttige zijde heeft. Slechts loope men de wetenschap niet vooruit, omdat men verlangt reeds een dak op het gebouw te brengen, waarvan de grondslagen nog eerst moeten gelegd worden.

Er zijn er, voor wie een eik, of een andere toevallig in de nabijheid hunner woning staande boom, de representant is van alle dicotyledonen; die, volgens eenige bij deze of gene palmsoort in het werk gestelde waarnemingen, tot alle mo-

nocotyledonen besluiten, of oordeelen, dat wanneer dit of dat orgaan bij een konijn of hond eene zekere zamenstelling bezit, het ook wel zoo bij alle zoogende dieren zal zijn. In vele gevallen mogen zulke op de regelen der natuurlijke verwantschappen steunende besluiten werkelijk gegrond zijn, en door een later opzettelijk in het werk gesteld onderzoek bevestigd worden, zij kunnen echter vóór dat zulks geschied is, nimmer op den rang van waarheden aanspraak maken, en inderdaad zouden vele voorbeelden uit de geschiedenis der wetenschap kunnen worden aangevoerd, waaruit blijkt, hoe voorbarig zulke algemeene gevolgtrekkingen zijn.

Waarheidsliefde vooronderstelt dus eene strenge kritiek, niet alleen van de waarnemingen van anderen, want daartoe is men in den regel meer dan genoeg geneigd, maar vooral van onze eigenen, en hiertoe behoort eene naauwkeurige afbakening der grenzen, waar het gebied van het ware ophoudt en in dat van het waarschijnlijke overgaat, welk laatste allengs met dat van het mogelijke ineenvloeit.

245. Maar om deze kritiek uit te oefenen is het niet voldoende zulks te willen, wij moeten ons ook in dien gemoedstoestand bevinden, welke ons in staat stelt met eenen onbenevelden blik te zien, en met een onbevooroordeeld verstand te besluiten. Als hoofdvereischte hiertoe noem ik: kalmte en rust gedurende het onderzoek. Hoe gemakkelijk het ook schijnen moge aan dezen eisch te voldoen, zoo leert echter de ondervinding wederom, dat het tegendeel waar is. Vooral geldt zulks van mikroskopische nasporingen, omdat deze niet zelden aanleiding geven tot levendige gemoedsindrukken, welke met de zoo gewenschte kalmte gedurende de waarneming onbestaanbaar zijn.

Ik bedoel hier niet hen, die, het mikroskoop als een kaleidoskoop aanwendende, dit werktuig slechts vermaakshalve gebruiken, en zich kinderlijk verheugen over de fraaije kleuren, de keurige netheid, de kleinheid enzv. der voorwerpen, die zij daardoor zien, of meenen te zien. Doch ook elk die pas een mikroskoop magtig is geworden, en het doel heeft hetzelfde tot ernstige onderzoekingen te gebruiken, moet dit tijdperk van naive verwondering over al wat hij nieuws daardoor ziet, doorloopen; hij brengt dan eens eene mug of vlieg, dan weder een stukje kant of neteldoek, dan eens eenen schitterend gekleurden vlindervleugel, dan weder eenige kaasmijten onder zijn mikroskoop, en roept elk om met hem te zien en in zijne verrukking te deelen. Geen wonder ook, want het is niet onjuist gezegd, dat men, de oogen met het mikroskoop wapenende, eene nieuwe wereld binnentreedt. Ook ben ik er verre af die verwondering over al het nieuwe, en die verrukking over al het schoone, dat men ziet, te laken. Slechts vergete men niet, dat het mikroskoop toch eigenlijk geen speeltuig is, althans niet behoort te zijn in de handen van hen, die het tot iets beters kunnen aanwenden, tot bevordering namelijk van de ernstige belangen der wetenschap. En van het oogenblik af aan, dat het kijken door het mikroskoop mikroskopische waarneming is geworden, is het niet meer te doen om te zien, hoe fraai, hoe sierlijk of hoe klein eenig ligchaam gevormd zij, maar enkel: *hoe* deszelfs gedaante en verdere waarneembare eigenschappen zijn. Kalm en rustig spore men deze na, en hoede zich zelfs voor eene te groote geestdrift, indien het onderwerp des onderzoeks daartoe aanleiding mogt geven. Menigeen heeft reeds gedwaald, omdat hij van teleologische bespiegelingen uitgaande, aan de natuur overal zekere bepaalde bedoelingen toeschreef,

die volgens zijne meening met hare wijsheid strookten, en die nu, diezelfde wijsheid ook willende terugvinden in hare kleinste voortbrengselen, met opgetogen bewondering door het mikroskoop staarde, omdat hij werkelijk meende juist datgene te zien, wat zijne vooraf opgevatte meening zoude bevestigen, doch hetgeen hij niet zoude gezien hebben, indien hij minder een bewonderaar van de wijsheid der natuur, en meer een beminnaar der waarheid geweest ware.

Inderdaad moet men erkennen, dat er vele mikroskopische onderzoekingen zijn, waarbij de waarnemer groot gevaar loopt alles te zien, wat hij levendig wenscht te zien, hetzij omdat hij eenige vooraf opgevatte meening koestert, of dat hij door eerezucht geprikkeld niets zoozeer verlangt dan iets nieuws te ontdekken, opdat zijn naam van het eene tijdschrift in het andere moge overgaan, en ten slotte in het Jaarberigt prijken. De zoodanigen miskennen hunne roeping en de bestemming van het werktuig, dat zij aanwenden, niet om de natuur te bestuderen, maar om haar voor hunne bijzondere oogmerken te exploiteren. Gelukkig voor ons zijn de treurige voorbeelden hiervan tot nog toe nagenoeg alleen in sommige naburige landen aan te wijzen, doch hoe heerschend aldaar de denkwijze is, dat aan het lieve Ik de eerste, maar aan de wetenschap hoogstens de tweede plaats toekomt, bewijzen de menigvuldige prioriteitstwisten, welke aldaar gevoerd worden, en waarvan het ten slotte niet zelden blijkt, dat het een strijd geweest is over de prioriteit eener dwaling. Doch al moge deze verkeerdheid ook bij ons te lande zeldzamer zijn, — welligt gedeeltelijk daarom, omdat ons de wegen niet zoo ruimschoots openstaan tot mededeeling van de uitkomsten onzer onderzoekingen, — wij moeten er niet te min tegen waken, en ons de van elders ontvangen

lessen ten nutte maken, want niet alleen zijn wij zulks aan de wetenschap schuldig, maar het is ook de regte wijze om den ouden wel verdienden roem onzer natie, die van dege-lijkheid en grondigheid, te handhaven.

244. Om tot waarheid te komen, wordt echter nog meer gevorderd dan een open oog, en een onbevooroordeeld verstand, want dan zoude een kind de beste waarnemer zijn, maar men moet het waargenomene ook weten te duiden, en daartoe behooren verschillende werkzaamheden van den geest, welke gedeeltelijk van aangeboren eigenschappen afhangen, doch ook gedeeltelijk door oefening moeten worden aangeleerd.

Zoo b. v. moet de mikroskopische waarnemer zich onderscheiden door geduld en volharding. Elk vlugtig onderzoek is altijd, maar vooral hier een slecht onderzoek. Er zijn gevallen, waarbij men in het nasporen van de verschijnselen in de natuur en van de wetten, die zij volgt, eenen tamelijk vasten gang kan gaan, met zekerheid kunnende vooruitzien, dat men op eene vooraf bepaalde wijze voortarbeidende, eindelijk tot stellige uitkomsten zal geraken. In andere gevallen kan men met even groote waarschijnlijkheid vooruit zien, dat men genoodzaakt zal wezen veel moeite voor niets te doen, dat men dikwerf het werk op nieuw naar een ander plan zal moeten aanvangen, totdat eindelijk het geluk onze pogingen begunstigt, en onze volharding beloont. Tot deze laatsten behooren de meeste mikroskopische onderzoekingen. Het is zeer wel mogelijk, en het kan zelfs den meest geoefenden gebeuren, dat men van eenig weefsel twintig en meer praeparaten te vervaardigen hebbe, alvorens het gelukt er een te verkrijgen, waarin met volle overtuiging datgene gezien wordt, hetgeen in de overigen óf niet óf onduidelijk zichtbaar is.

Maar bovendien, de mikroskopische waarneming berust alleen op gezichtsindrukken; de hulp der overige zintuigen, vooral het tastgevoel, dat zulk een belangrijk hulpmiddel is voor de waarneming met het bloote oog, missen wij hier geheel. Wij zijn derhalve verpligt die gezichtsindrukken zoo veel mogelijk te vermenigvuldigen, om aan dit gebrekkige te gemoet te komen. Wij moeten trachten hetzelfde voorwerp dan eens in deze dan weder in gene rigting te zien; wij moeten het dan eens bij opvallend, dan weder bij doorvallend licht beschouwen, en beide nog op al die manieren wijzigen, waartoe ons de verlichtingstoestel en de kennis aangaande de wetten, welke de lichtstralen in hunnen loop volgen, in staat stellen; wij moeten het voorwerp onder zooveel mogelijk verschillende omstandigheden waarnemen, en aan al zulke invloeden blootstellen, van welke wij met eenigen grond hopen kunnen, dat zij eenig uitwerksel zullen te weeg brengen, dat welligt in staat is een nieuw licht te verspreiden; en dan eindelijk al die onderscheiden gezichtsindrukken tot een geheel verbindende, waarvan al de deelen in behoorlijke overeenstemming zijn, en elkander wederzijds verklaren en ophelderen, vormen wij hieruit eene algemeene voorstelling, aangaande den vorm en den aard des voorwerps, van welke wij vertrouwen mogen, dat zij, zoo niet geheel, althans grootendeels waarheid is.

245. Om tot deze voorstelling te geraken, is eene vrij groote mate noodig van een vermogen, hetwelk niet behoorlijk bestuurd, en te veel op zich zelve werkzaam zijnde, ligtelijk op een dwaalspoor voert. Ik bedoel de verbeeldingskracht.

Wij kunnen door het mikroskoop van zeer vele voorwer-

pen slechts een klein gedeelte op eenmaal overzien, hetzij dat men genoodzaakt is hen in vele kleinere deelen te verdeelen, omdat zij te groot of te ondoorschijnend zijn, hetzij dat elk dier deelen wederom te veel ruimte inneemt, in verhouding tot de grootte van het gezigtsveld. Verders zien wij door een mikroskoop geen lichamen, maar alleen vlakken duidelijk, en echter moet de lichamelijke vorm uit die der waargenomen vlakken worden opgemaakt. Dit is het werk der verbeeldingskracht. Zij knoopt de afzonderlijk ontvangen indrukken later aan elkander vast, doch, — en hier ligt het gevaar, — zij vult ook de gapingen tusschen deze aan. Wij zien b. v. in het gezigtsveld van het mikroskoop vele dunne naast elkander loopende *streepjes*. Deze kunnen de volgende beteekenissen hebben, van:

a. ware streepen aan eene platte oppervlakte, welke dan nog kunnen ontstaan door:

α. uitholingen, b. v. de verdeelingen op eenen glasmikrometer;

β. verdikkingen, b. v. de ribbetjes op insektenschubben;

b. grenslijnen van solide vezelen of draden, zoo als spier-, peesvezelen enzv.;

c. grenslijnen van buisjes of kanaaltjes, b. v. de vezelcellen in plantenweefsels, de tand- en beenkanaaltjes enzv.;

d. grenslijnen van naast elkander liggende plaatjes, zoo als die in de kristallens, de op elkander liggende lagen in de visschubben, in de schelpen der weekdieren, enzv.

Een *rond kringetje*, dat zich in het gezigtsveld van het mikroskoop vertoont, kan het volgende aanduiden:

a. een schijfje, b. v. een bloedschijfje;

b. een bolletje, of droppeltje, b. v. een boterligchaampje uit de melk;

c. een blaasje, zoo als vele dierlijke en plantaardige cellen;
d. eene doorsnede van eenig kegel- of cilindervormig lichaam, b. v. de doorsneden van vele organische vezelen en verlengde cellen;

e. eene komvormige holte, gelijk de stippelholten der houtcellen van de coniferen, cycadeen enzv.;

f. eene ware opening, b. v. in de wand van vele planten-cellen en vaten;

g. eene dunnere plaats in eenig vlies, zoo als vele stippelholten in de wanden van verhoutte planten-cellen;

h. eene plaatselijke verdikking van eenig vlies, b. v. de stippels aan de oppervlakte der haren van vele planten.

246. Uit deze voorbeelden, welke met vele andere zouden kunnen vermeerderd worden, blijkt, dat, bij eene oppervlakkige en vlugtige waarneming, aan de verbeeldingskracht een ruim spel wordt gelaten, om het geziene naar willekeur te duiden. Ten einde dit te voorkomen, moet elk onderzoek naar een zeker plan worden in het werk gesteld, zoodat men niet alleen ziet, maar zich ook behoorlijk rekenschap van het hetgeen men ziet, kan geven. De volgende voorschriften kunnen hierbij worden in acht genomen:

1° In de eerste plaats komt eene gepaste keuze der vergrootingen in aanmerking. Velen zijn geneigd bij voorkeur dadelijk naar de sterkere vergrootingen te grijpen, omdat zij van oordeel zijn, dat zij des te meer in eenig voorwerp zullen waarnemen, hoe meer zij dit vergroot zien. Wanneer het optisch vermogen van een mikroskoop in gelijke verhouding met het vergrootingscijfer klom, dan zoude dit ook in vele gevallen waar zijn. Dat zulks intusschen niet zoo is, heb ik reeds meermalen aangemerkt, en in het vervolg zal

dit nog nader blijken. Men wint derhalve veel minder met eene sterkere vergrooting, dan men oppervlakkig meenen zoude, en voor verreweg de meeste waarnemingen worden geringe en middelmatige vergrotingen met de meeste vrucht aangewend. Doch ook dan, wanneer men later sterkere vergrotingen mogt willen gebruiken, verzuime men nimmer met geringere te beginnen, omdat hierbij het gezigtveld grooter is. Hierdoor verschaft men zich eerst een algemeen overzicht van het geheel, en wordt aan de verbeeldingskracht de altijd eenigzins gevaarlijke taak bespaard, om dit later uit de bij opvolging waargenomen détails zamen te stellen.

Indien bij eene 500 malige vergrooting de doormeter van het gezigtveld $\frac{1}{3}$ millim. is, en men bij deze vergrooting een voorwerp beschouwt, dat eene ruimte inneemt van 5 millim. breed en even zoo lang, dan kan slechts $\frac{1}{2\frac{1}{2}5}$ van hetzelfde op eens gezien worden. Om het derhalve geheel te beschouwen, moet men 225 maal een nieuw gedeelte in het gezigtveld brengen; de levendigste verbeelding nu is niet in staat deze 225 afzonderlijke indrukken later weder te vereenigen, indien zij niet door een vroeger algemeen overzicht ondersteund wordt.

2° Men brenge de oppervlakte van het voorwerp, dat men door het mikroskoop wenscht te beschouwen, zoo veel zijn aard dit toelaat, in een plat vlak, omdat, hoe meer zulks het geval is, hoe grooter het gedeelte van deszelfs oppervlakte is, hetwelk men te gelijker tijd scherp kan waarnemen. De hiertoe dienende middelen zullen later ter sprake komen.

3° Men beschouwe hetzelfde voorwerp in verschillende richtingen. Indien kleine voorwerpen zich in een vocht drijvende bevinden, dan brenge men eene strooming in dit laatste

te weeg, gedurende welke de verschillende kanten van het voorwerp achtereenvolgens in het gezigt komen.

Het is alleen op die wijze mogelijk b. v. een plat rond schijfje van een bolletje of blaasje te onderscheiden, te zien of eenig kleiner ligchaampje zich binnen in een grooter of slechts aan deszelfs oppervlakte bevindt, de vormen van kleine kristallen behoorlijk te erkennen, enzv.

Bij grootere voorwerpen, of wanneer de deelen zich te midden van eenig vast weefsel bevinden, of dit zamenstellen, moet men tot de vervaardiging van dunne doorsneden zijne toevlugt nemen, waarbij dan de drie volgende hoofdrichtingen kunnen worden in acht genomen, ofschoon het van zelf spreekt, dat ook doorsneden in andere meer schuinsche rigtingen niet behoeven buitengesloten te worden, en bovendien de vorm der lichamen niet altijd zoo regelmatig is, dat men zich streng aan de hier genoemde hoofdrichtingen kan houden. Zij zijn:

1° de overdwarse rigting, loodregt op de denkbeeldige as van het voorwerp (*dwarse* doorsneden);

2° de overlangsche rigting, zoo na mogelijk door het midden van het voorwerp (*overlangsche radiale* of *axiale* doorsneden);

3° in eene evenwijdige rigting met die eener raaklijn aan de oppervlakte (*overlangsche tangentiale* of *chordale* doorsneden).

Wanneer men aldus methodisch te werk gaat, en telkens dezelfde deelen, maar in onderscheiden rigtingen gekleefd, waarneemt, dan kan het niet anders, of men komt allengs tot zekerheid, tenzij, gelijk somtijds plaats kan hebben, (zoo als bij de onderscheiding van uiterst dunne buisjes van vezelen, van zeer kleine korreltjes of bolletjes van blaasjes, enzv.) de waargenomen deelen zoo klein zijn, dat hunne

zichtbaarheid nabij de grenzen van het optisch vermogen van het mikroskoop licht.

4° Daar waar de aard van het voorwerp zulks gedoogt, trachte men, na de deelen in hunnen zamenhang gezien te hebben, hen ook zoo veel mogelijk te isoleren, omdat in vele gevallen het op en door elkander liggen der deelen hunne naauwkeurige waarneming en duiding zeer moeilijk maakt.

5° Men zorge voor eene gepaste verlichting, en wissele haar op verschillende wijzen af, waaromtrent in het hoofdstuk over dit onderwerp (I. bl. 275 en verv.) de noodige aanwijzingen gegeven zijn.

6° Men stelle het zich tot regel alle organische voorwerpen zoo veel mogelijk in den verschen toetsand te onderzoeken, en wel zoo na mogelijk in gelijke omstandigheden, als waarin zij zich in het levend ligchaam bevinden. Uit het onderzoek van voorwerpen b. v., die in spiritus bewaard zijn, te besluiten tot hunnen toestand gedurende het leven, is alleen dan geoorloofd, wanneer vroegere onderzoekingen geleerd hebben, dat de weefsels, die men onderzoekt, daardoor niet veranderd worden. Reeds het water, waarmede men veelal gewoon is de voorwerpen te bevochtigen, is geenszins altijd als een geheel onschuldig bijvoegsel te beschouwen. De bloed-schijfjes b. v. worden er in weinige oogenblikken geheel door veranderd. Waar het dus noodig is, vocht bij een organisch voorwerp te voegen, is het steeds het veiligst een zoodanig aan te wenden, dat zooveel mogelijk nabij komt aan datgene, hetwelk zich om of in het voorwerp gedurende het leven bevindt. Bij dierlijke deelen kan verdund eiwit of bloedwei, bij plantaardige eene slappe suiker- of gomoplossing daartoe dienen.

7° Heeft men eerst het voorwerp in den verschen on-

veranderden toestand leeren kennen, dan vindt men eindelijk nog in de aanwending van drukking en van andere physisch of chemisch werkende invloeden, magtige hulpmiddelen, om overgebleven twijfelingen op te lossen, of om vroeger niet of onduidelijk zichtbare bijzonderheden te voorschijn te doen komen.

Over het geheel zij het steeds het streven des waarnemers zijn onderzoek zoodanig in te rigten, dat zijne verbeeldingskracht louter de rol van combinatievermogen vervult. Zoolang nog de keuze tusschen twee mogelijkheden overblijft, scherpe hij zijn vernuft om nieuwe wegen te vinden, die tot overtuigende klaarheid kunnen leiden, en mogt er desniettemin nog twijfel blijven bestaan, dan belijde hij dezen opregt aan zich zelve en aan anderen. Alleen valsche schaamte of iets nog ergers kunnen hem daarvan weerhouden, maar hij, die ijverig gestreefd heeft, om tot de waarheid door te dringen, en het eerlijk met de wetenschap meent, zal het zich niet tot schande rekenen, indien hij ten slotte bekennen moet, dat hij, in stede van onomstootelijke waarheid, slechts waarschijnlijkheid heeft gevonden. De eerste stap tot weten is het erkennen, dat wij nog niet weten.

247. Er is een tijd geweest, dat elke waarneming door het mikroskoop verrigt met mistrouwen werd opgenomen. En inderdaad men moet erkennen, dat hiertoe gegronde aanleiding bestond. Herinneren wij ons b. v. de geschiedenis der ligchaampjes in het bloed. Zij zijn beschreven: als ronde olieachtige bolletjes; als bolletjes, die wederom uit andere bolletjes zijn zamengesteld; als ronde blaasjes; als ringen; als platte een weinig uitgeholde solide schijfjes; als hol zijnde en eenen kern insluitende; als blaasjes, die een vezeltje be-

vatten; de zitplaats der kleurstof is bovendien dan eens in het hulsel, een andermaal in de kern, dan weder in den inhoud tusschen hulsel en kern gezocht.

Toen zulke verschillen bestonden tusschen de uitkomsten van het onderzoek aangaande het maaksel van ligchaampjes, welke in alle dieren van dezelfde soort nagenoeg volkomen gelijk zijn, en zelfs bij dieren van onderscheiden soort nog grootendeels overeenstemmen, toen was het inderdaad te vergeven, indien de wetenschappelijke waarde van het gebruik van het mikroskoop meer en meer in twijfel werd getrokken, zoodat het eindelijk eene soort van mode was geworden met eene zekere minachting neder te zien op hen, die voortgingen dit bedriegelijk werktuig te gebruiken.

Thans is het anders gevonden. Men heeft leeren inzien, dat de zoogenaamde mikroskopische dwalingen geene dwalingen zijn, uit den aard van het werktuig voortspruitend, maar dat zij aan den waarnemer zelve moeten worden geweten, die het waargenomene verkeerd heeft geduid.

Zulke dwalingen heeft het mikroskopisch onderzoek gemeen met elk ander, hetwelk op zinnelijke gewaarwording steunt, want wij zijn en blijven feilbare menschen, wier zintuigen den indruk opnemen, zonder te onderscheiden of deze waar of valsch is, zoowel dat van een wezenlijk bestaand voorwerp, als van eene fata morgana, ja zelfs van geheel denkbeeldige voorwerpen, wanneer de zenuwen die den indruk overbrengen, hetzij door psychische, hetzij door inwendige ligchamelijke oorzaken, zich in eenen gelijksoortigen toestand bevinden, als waarin zij door eenen werkelijken indruk gebragt worden.

Hij, die weigerde het mikroskoop tot wetenschappelijke onderzoekingen aan te wenden, omdat er geweest zijn, die,

door hunne verbeelding medegesleept, daardoor zaken meenden te zien, die zij levendig wenschten te zien, omdat zij met hunne vooraf opgevatte denkbeelden strookten, zoude even dwaas doen, als degene, die verklaarde besloten te hebben, voortaan zijne oogen te sluiten, omdat de ongelukkige schipbreukelingen op de St. Paulus-rots zich telkens ten onregte verbeeldden schepen te zien, welke hun redding aanbragten (1). Hij die elke waarneming, door het mikroskoop verrigt, voor onzeker verklaarde, uithoofde van de met elkander in strijd zijnde beschrijvingen, die door verschillende onderzoekers van dezelfde door het mikroskoop waargenomen voorwerpen gegeven zijn, zoude ook elke met ongewapende oogen verrigte waarneming moeten mistrouwen, omdat de beschrijvingen, die door onderscheiden reizigers van eene en dezelfde landstreek gegeven zijn, somtijds zoozeer uiteenloopen, dat men er dezelfde zaken en voorwerpen niet in herkent. Hij eindelijk, die aan het mikroskoop de dwalingen zoude willen verwijten, welke ontstaan zijn, omdat sommigen, die het hebben aangewend, daartoe geheel onbevoegd waren, en noch den aard van het werktuig, noch de eigendomslijkheden van de mikroskopische waarneming kenden, zoude even onregtvaardig handelen, als degene, die het der sterrekunde mogt willen te last leggen, dat onkundigen, alleen afgaande op de getuigenis hunner oogen, den hemel voor een blaauw koepeldak aanzien, waaraan de zon en de sterren op en onder gaan, terwijl de aarde onbeweeglijk stil staat.

248. Het mikroskopische zien moet worden aangeleerd,

(1) Zie het verhaal van den scheepsheermeester achter het bekende gedicht van B. Ter Haar, bl. 158.

evenzeer als een kind, of een blindgeborene, die van de cataract geopereerd is, moet leeren zien met het bloote oog. Om uit den indruk door de lichtstralen op het netvlies te weeg gebragt, en vandaar naar de hersenen overgeplant, een besluit op te maken aangaande den afstand, de gedaante en verdere eigenschappen der voorwerpen buiten ons, daartoe wordt overleg gevorderd, een overleg, dat, wel is waar, op lateren leeftijd meestal zoo kort van duur is, dat zien en duiding van het geziene schier gelijktijdig plaats grijpen, en doorgaans het besluit, dat is het resultaat der waarneming, juist is. Deze juistheid hangt echter af van de oefening, zoowel van het zintuig als van het verstand. Een kind zal nog maanden na de geboorte naar de maan grijpen, even als naar elk nabijzijnd blinkend ligchaam; eerst allengs leert het de afstanden beoordeelen, zoowel naar den gezichtshoek, waaronder het de lichamen ziet, als door vergelijking met andere zich op hunnen weg bevindende voorwerpen. Maar plaatst den meest geoefenden mensch onder omstandigheden, waarin hij tot nog toe niet geweest is, b v. eenen zeeman, of eene bewoner van lage streken, in een bergachtig landschap, en hij zal zich telkens in de beoordeeling van de grootte en den afstand der voorwerpen vergissen, en zich eerst na eenigen tijd de daartoe vereischte vaardigheid verworven hebben.

249. De ziel des waarnemers is geen wit papier, waarop de zintuigen alles kunnen schrijven, wat deze goedvinden, geen kneedbaar was, dat al de indrukken, die de zintuigen maken, onvoorwaardelijk opneemt. Integendeel zij heeft, van de eerste jeugd af aan, eene reeks van indrukken ontvangen, indrukken, die haar eigendom zijn geworden, en welke

op hare beurt diegene wijzigen, welke later door de zintuigen worden overgebracht. De ziel neemt niet alleen op, maar zij vergelijkt, zij beoordeelt ter zelfder tijd, en naar gelang de vroeger ontvangen indrukken veelvuldiger en juister opgevat zijn, zal ook de onderlinge vergelijking van deze met de latere naauwkeuriger, en het oordeel warer zijn. Waarneming, in den hoogerem zin des woords, en beoordeeling van het waargenomene zijn dus eigenlijk van elkander onafscheidelijk.

Maar hoe scherp ook de zintuigen zijn, hoe juist de besluiten door het oordeel, op grond van de door vroegere indrukken verkregen kennis, gevormd, zijn mogen, toch kan de waarneming zelve eene onware uitkomst opleveren. Denken wij ons b. v. eenen bewoner van het binnenland voor het eerst aan het strand der zee geplaatst, en wel op een oogenblik, dat zich aan den gezigtseinder de verschijnselen der *fata morgana* vertoonen. Hij ontwaart huizen, kerken, torens, en den ontvangen indruk vergelijkende met al de vroeger door hem verkregene, komt hij tot de, in zijnen bijzonderen toestand, zeer logische gevolgtrekking, dat zich aldaar eene stad bevindt. En echter hij dwaalt, omdat hij indrukken onderling vergelijkt, die niet vergelijkbaar zijn.

Zoo is het ook met hem gelegen, die voor het eerst door een mikroskoop ziet. Hij ontvangt daardoor eenen gezichtsindruk, welke voor den geoefenden in het minst niet bedrieglijk is, die integendeel denzelfden met even veel zekerheid en gemak weet te duiden, als elken indruk door het bloote oog erlangd. Doch bij den eersten is zulks anders; hij besluit uit hetgeen hij ziet tot overeenkomst met datgene, wat hij gewoon is met zijn bloote oog op eene dergelijke wijze waar te nemen. Alles, wat ondoorschijnend is, ver-

toont zich, tegen het licht gehouden, zwart; nu ziet hij door het mikroskoop eene met zwarte stof gevulde holte, en besluit hieruit, óf dat zich aldaar eene werkelijk zwart gekleurde stof bevindt, óf dat het eene vaste ondoorschijnende massa is. Later ontdekt hij, op de eene of andere wijze, dat die massa niets dan lucht is, en komt nu tot het logisch juiste besluit, dat lucht, door het mikroskoop vergroot gezien, zijne doorschijnendheid verliest. Had hij vooraf nagedacht over den loop, die de lichtstralen moeten nemen bij doorschijnende lichamen van eenen zekeren vorm, die alleen door doervallend licht worden getroffen, dan zoude hij in deze dwalingen nimmer vervallen zijn.

250. Doch over deze en andere eigendommigheden der mikroskopische waarneming wil ik hier niet uitwijden, daar zij in het volgend hoofdstuk eene opzettelijke beschouwing zullen vinden. Alleenlijk moet ik hier nog opmerkzaam maken op eenige andere grovere aanleidingen tot dwaling, van welke de ondervinding geleerd heeft, dat zij, uit onbekendheid met dezelve, niet altijd vermeden zijn geworden.

Ik bedoel hier vooral het verwarren van het voorwerp der waarneming met vreemde voorwerpen, die zich bij het zien door het mikroskoop gelijktijdig in het gezigtveld vertoonen. Hiertoe behooren, in de eerste plaats, de krasjes, de stofdeeltjes en andere onreinheden, die zich op de oppervlakte der glazen van het mikroskoop bevinden. Hunne uitwerking verschilt echter naar gelang der plaats, welke zij innemen. Zijn zij, bij een zamengesteld mikroskoop, aan de oppervlakte der lenzen, die het objectief zamenstellen, dan neemt men hen niet in het gezigtveld waar, maar de invloed van elk stofje, putje of krasje bepaalt zich alleen

tot eene daaraan beantwoordende vermindering van de lichtsterkte van het beeld. Bevinden zij zich echter aan de glazen, die het oculair zamenstellen, dan worden zij gemakkelijk bemerkbaar, en tevens, uithoofde der nabijheid van het oog, vergroot gezien, doch met geen scherpe omtrekken. Alleen bij het gebruik van een Ramdensch oculair ziet men al de onzuiverheden, welke zich aan de onderste oppervlakte van het benedenste glas bevinden, ook met tamelijk scherpe omtrekken, omdat die oppervlakte nagenoeg op den brandpuntsafstand van het bovenste is gelegen. Men gewenne zich daarom, telkens vóór het gebruik van het mikroskoop, de glazen zoowel van het objectief als van het oculair te onderzoeken, en wanneer hunne oppervlakte niet volkomen zuiver wezen mogt, deze te reinigen. Dat men zulks doen kan, zonder de minste vrees van de glazen te beschadigen, en dit zelfs voor de goede instandhouding van een mikroskoop vereischt wordt, heb ik reeds vroeger (I. bl. 568) aangewezen.

Somtijds gebeurt het, dat, in weerwil van een herhaald afvegen der glazen, het geheele gezigtveld toch telkens op nieuw troebel en nevelachtig wordt. Dit heeft namelijk des winters plaats, wanneer het mikroskoop uit eene koude kamer in een warm vertrek wordt overgebracht; in welk geval men genoodzaakt is eenigen tijd te wachten, tot dat de lenzen de temperatuur van het vertrek hebben aangenomen, daar zich anders gedurig nieuwe waterdamp daarop afzet.

251. Tot de beelden van vreemde ligchaampjes, die somtijds in het gezigtveld verschijnen, behooren ook die, welke het gevolg zijn van entoptische verschijnselen, waaromtrent reeds in § 105—105 Dl. I. het noodige gezegd is, en waar tevens het middel is opgegeven, om zich met hen bekend te

maken. Vooral zijn het de zoogenaamde *mouches volantes*, welke bij moeilijke waarnemingen niet zelden hinderlijk zijn. Eene verwisseling met voorwerpen onder het mikroskoop is, wel is waar, voor dengenen, die dit verschijnsel kent, niet ligt mogelijk, en kan overigens gemakkelijk verhinderd worden, door den afstand tusschen het voorwerp en het mikroskoop te veranderen, hetgeen dadelijk blijkt van geen den minste invloed op het voorkomen der *mouches volantes* te zijn. Maar bij de waarneming van zeer kleine en doorschijnende voorwerpen belemmeren zij somtijds de zichtbaarheid van dezen. Een eenvoudig middel, om hen dan althans tijdelijk te doen verdwijnen, is het oog even naar omhoog te slaan, waardoor de ligchaampjes in de achterste oogkamer, die dit verschijnsel te weeg brengen, de rigting van de oogas verlaten, en naar beneden zinken. Overigens behoeft hij, die deze *mouches volantes* bij zich bespeurt, (en dit zullen waarschijnlijk allen in meerdere of mindere mate) zich geenszins daarover te verontrusten; het allerminst behoort hij hun ontstaan aan het gebruik van het mikroskoop te wijten, en daarom verders hiervan af te zien, dewijl dit werktuig er volstrekt geene schuld aan heeft, en zij onder deszelfs gebruik ook geenszins toenemen. De vrees, die sommigen (1) hiervoor aan den dag leggen, is geheel ongegrond, en spruit alleen voort uit de dwaling, als of de *mouches volantes* de schaduwen zouden zijn der bloedligchaampjes in de haarvaten van het netvlies, iets, hetwelk, na het vroeger gezegde omtrent hunne oorzaken, hier geene wederlegging behoeft. Uit eigen ondervinding kan ik hier nog

(1) Onder anderen Schleiden, *Grundzüge der Wissenschaftlichen Botanik*. I. s. 87.

bijvoegen, dat ik zoowel ronde als vezelachtige mouches volantes sedert vele jaren in beide mijne oogen heb opgemerkt, zonder er immer, in weerwil van een dagelijks uren lang voortgezet gebruik van het mikroskoop, eenig ongemak van ondervonden, of eene vermeerdering van derzelve aantal bespeurd te hebben.

252. Behalve de ligchaampjes in het oog des waarnemers, of die op de oppervlakte der lenzen van het mikroskoop, kunnen ook andere, welke, met het voorwerp des onderzoeks zelve, zich gelijktijdig onder het mikroskoop bevinden, aanleiding tot dwaling geven.

Bij het onderzoek worden glasplaatjes gebezigd, om er de voorwerpen op te leggen en mede te bedekken; verders zijn onderscheiden werktuigen, naalden, mesjes, scharen enzv., in een aanhoudend gebruik, tot toebereiding der voorwerpen; deze worden bovendien bevochtigd met water of eenig ander vocht. Nu is het duidelijk, dat op die wijze zeer ligt voor het oog onzichtbare deeltjes, b. v. dezulke, welke als stofdeeltjes in het vertrek zweven, zich op de eene of andere wijze met het voorwerp kunnen vermengen. Raadzaam is het daarom, dat elk waarnemer zich met den aard van het stof bekend maakt, dat zich in de lucht van de kamer, waar hij gewoon is te arbeiden, bevindt, en natuurlijk verschillend is, naar mate de vloer al of niet bedekt is, naar den aard van het behangsel der muren, en de verdere lichamen, die in het vertrek zijn. Gewoonlijk zal hij in dit stof altijd eenige vaste bestanddeelen aantreffen, kleine vezeltjes, haartjes enzv., die hij later dan gemakkelijk weder als vreemde bestanddeelen herkent.

255. Bij het gebruik van glasplaatjes moet de eerste zorg steeds zijn deze zuiver af te vegen, alvorens men er eenig voorwerp op plaatst, dat onder het mikroskoop moet gebragt worden. Hetzelfde geldt van de dekplaatjes; dikwerf worden voor deze laatste plaatjes mica gebezigd, hetwelk om de meerdere goedkoopheid, waarmede men zich daarvan dekplaatjes van groote dunheid kan verschaffen, ook eenig voordeel heeft, vooral wanneer men er een groot aantal van behoeft, zoo als tot het vervaardigen van praeparaten. Alleenlijk make men zich vooraf bekend met de eigenaardige barstjes, die zelfs in de beste mica zelden geheel ontbreken, en somtijds, elkander ontmoetende, zich als plaatvormige kristallen vertoonen.

Ook bij de keuze van het glas ga men met eenige behoedzaamheid te werk. Alleen datgene is bruikbaar, hetwelk bij een voorafgaand onderzoek door het mikroskoop, blijkt volkomen zuivere oppervlakten te bezitten. Het zijn niet zoozeer de grootere krassen en oneffenheden, die hier schadelijk zijn, want deze worden gemakkelijk genoeg herkend, maar vooral de kleine voor het bloote oog onzichtbare fijne streepjes of vlekjes. Zoo komen somwijlen op spiegelglas zeer kleine roodgekleurde vlekjes voor, van eene meestal rondachtige gedaante, die niets anders zijn, dan ijzeroxyd, hetwelk zich gedurende het polysten heeft afgezet in de holten der luchtbelletjes, welke door het slijpen geopend zijn. Het waren zulke roode vlekjes welke, door eenen overigens zeer geoefenden mikroskopischen waarnemer, voor bestanddeelen van organische weefsels werden aangezien, en als zoodanig afgetekend. Trouwens er hebben grovere vergissingen plaats gegrepen. Zoo zijn b. v. amyllumkorrels als karakteristiek bestanddeel van de *sputa* van *phtisici* beschreven, en afge-

beeld; anderen hebben vleeschvezelen en dergelijke toevallig met de sputa vermengde overblijfselen der spijsen daarvoor gehouden. Zoo zijn ook de streepen, die bij het doorsnijden van harde weefsels of van de zachte, die vooraf gedroogd zijn, altijd op de snedevlakte ontstaan, ten gevolge van de oneffenheden in het mes, voor vezelen of de grenslijnen van plaatjes aangezien. Zulke dwalingen zijn te betreuren, omdat zij met eenige oplettendheid en kennis van zaken gemakkelijk te vermijden waren geweest. Doch zij bewijzen alleen, dat men bij het mikroskopisch onderzoek, zoowel als bij elk ander, niet te zeer op zijne hoede kan zijn, om alles wat vreemd is aan het voorwerp der waarneming, of daarop storend kan inwerken, met de meeste zorgvuldigheid te verwijderen, en, indien zulks uit den aard der zaak niet mogelijk is, het er dan ten minste niet mede te verwarren.

DE MIKROSKOPISCHE WAARNEMING EN HARE
EIGENDOMLIJKHEDEN.

233. In het vorige hoofdstuk merkte ik aan: » dat even als een kind of een blindgeborene, die van de cataract geopereerd is, moet leeren zijne oogen te gebruiken om te zien, zoo ook het zien door het mikroskoop moet worden aangeleerd, door hem die hieraan niet gewoon is." Men make hier echter niet uit op, dat het mikroskopische zien zoo geheel verschillend is van het zien met het bloote oog, dat het zeer veel tijd en inspanning kost, alvorens men zich daarin de voor waarnemingen vereischte vaardigheid heeft eigen gemaakt. Integendeel men kan gerustelijk beweeran, dat het leeren zien van elk kind gedurende de eerste levensmaanden oneindig bezwaarlijker is, dan het leeren zien door een mikroskoop immer voor iemand zijn kan, die goede oogen heeft, en deze reeds behoorlijk weet te gebruiken.

Ook is het geenszins waar, dat men door het mikroskoop de voorwerpen werkelijk anders ziet, dan met het bloote oog. Het eenige verschil bestaat daarin, dat, bij de mikroskopische waarneming, de lichamen zich doorgaans onder omstandigheden bevinden, die bij het gewone zien zelden voorkomen.

234. In de eerste plaats komt hier in aanmerking, dat

de meeste mikroskopische onderzoeken vorderen, dat de voorwerpen in eenen toestand van geheele of gedeeltelijke doorschijnendheid worden gebragt, en alsdan bij doorvallend licht beschouwd, omdat de ondervinding leert, dat men op die wijze het best in het fijnere maaksel der lichamen kan doordringen, en bijzonderheden kan waarnemen, die bij opvallend licht veel moeilijker, dikwerf zelfs in het geheel niet zichtbaar zijn, uithoofde dat de hoeveelheid der teruggekaatste lichtstralen alsdan te gering is. Intusschen is het deze laatste verlichtingswijze, waarbij nagenoeg alle waarnemingen met het bloote oog geschieden, doch reeds vroeger (Dl. I. § 97) heb ik aange-toond, dat, indien doorschijnende voorwerpen alleen bij doorvallend licht worden beschouwd, de daarvan verkregen gezichtsindrukken geheel verschillend van de gewone zullen zijn, en overeenkomen met die, welke de mikroskopische waarneming geeft. Er bestaat derhalve geen waar, maar alleen een schijnbaar onderscheid, en men zoude de wijze, waarop zich doorschijnende voorwerpen, ten gevolge van de breking, terugkaatsing of opslorping der lichtstralen, in het gezichtsveld van het mikroskoop vertoonen, geheel kunnen nabootsen, door dergelijke doch alleen grootere voorwerpen, b. v. glazen bollen, lenzen of buizen, kristallen, schuim van zee-water enzv., in eenen ondoorschijnenden koker te brengen, en dezen naar het licht te houden, zoodanig dat al het opvallend licht wordt buitengesloten.

Een doorschijnend ligchaam geeft zich onder het mikroskoop alleen daardoor te kennen, dat een gedeelte der stralen die het gezichtsveld binnentreden, het oog niet bereiken. Bij zulke doorschijnende lichamen, die alle gekleurde stralen gelijkmatig doorlaten, hangt de zichtbaarheid der voorwerpen derhalve af, 1° van hunnen vorm, en 2° van het

verschil tusschen het brekend vermogen der stof, waaruit het voorwerp bestaat, en dat der middenstof, waarin het zich bevindt. Hier geldt al datgene, wat reeds in § 97—99 daaromtrent is aangemerkt. Er blijft dus slechts over deze beide omstandigheden in hunne verhouding tot de mikroskopische voorwerpen te beschouwen.

255. Van alle vormen brengt de bolvorm de sterkste afwijking der lichtstralen te weeg. Als voorbeelden hiervan noem ik, omdat het tevens zeer gewoonlijk voorkomende mikroskopische voorwerpen zijn, luchtbellens en olie- of vetbolletjes. Beide vertoonen zich met scherpe omtrekken en zijn donker nabij den rand, terwijl alleen het middengedeelte helder is.

Ter opheldering diene fig. 1 en 2. De eerste stelt voor eene luchtbel, in eene sterker brekende middenstof AB, glas, water enz., besloten. De tweede daarentegen eenen vet- of oliedroppeel omgeven door eene minder brekende middenstof. De weg, dien de loodregt invallende parallelle stralen *abcde*, na hunnen gang door de luchtbel of door den vetdroppeel zullen volgen, is in de figuren aangeduid. In beiden zijn het alleen de middenste stralen *e* die ongebroken doorgaan, en het oog bereiken, terwijl de stralen, die de randen treffen, hoewel in den vetdroppeel in eenen omgekeerden zin als bij de luchtbel, te veel van hunnen weg afwijken, om het oog binnen te treden. Deze randen vertoonen zich dus duister, en de grootte van den duistereren rand is des te aanzienlijker, hoe grooter het verschil is in brekend vermogen met dat der omgevende middenstof. Van daar dat bij de luchtbellens dit donkere gedeelte het breedst is, uithoofde van het grootere verschil in

brekingsvermogen tusschen water en lucht, dan tusschen water en vetachtige stoffen. Bovendien vormen de eersten, wanneer de bolvormige gedaante bewaard is gebleven, een schijnbeeld van elk zich onder de voorwerptafel bevindend of zich in den spiegel terugkaatsend voorwerp, welk schijnbeeld zich derhalve *onder* de luchtbel bevindt, en alleen gezien wordt, door het objectief nader bij haar te brengen. Bij zuiver ronde olie- of vetbolletjes neemt men daarentegen een waar beeld waar, hetwelk zich dus *boven* de oppervlakte van het bolletje bevindt.

Luchtbellen en vetbolletjes worden derhalve zonder moeite van elkander onderscheiden; doch ook alle andere bolvormige doorschijnende ligchaampjes vertoonen zich op eene dergelijke wijze. Zoo b. v. bezitten zeer vele anorganische stoffen, de koolstofzure kalk en andere (1), de eigenschap van, onder begunstigende omstandigheden, kleine zuiver ronde bolletjes te vormen, welker voorkomen inderdaad groote overeenkomst met dat van kleine vetbolletjes heeft. In zulk een geval ontdekt men echter spoedig de waarheid, door op het plaatje, dat het voorwerp bedekt, een weinig te drukken. Alle uit vaste stof bestaande bolvormige ligchaampjes blijven hierbij onveranderd, of barsten; luchtbellen en oliedroppels of vetbolletjes worden daardoor plat, en nu is de vroegere breede zwarte rand geheel verdwenen, men herkent alleen den omtrek nog, maar het overige is helder geworden, omdat de lichtstralen, door de platte oppervlakten heen, onveranderd tot het oog geraken.

256. Soms echter kunnen lucht, vet of andere het licht

(1) Zie mijne *Etude microscopique des précipités et de leurs métamorphoses*. *Bulletin de Neerlande*; 1840.

sterk brekende stoffen in holten besloten zijn, en wanneer verscheidene zulke holten boven elkander liggen, zoodat zij elkander gedeeltelijk bedekken, dan bespeurt men niets meer van de heldere ruimte, die anders in de bellen en bolletjes zichtbaar is, maar het geheel vertoont zich donker en zwart, omdat geen enkele lichtstraal ongebroken haren weg vervolgt. Dit is bij plantenweefsels b. v. het geval met de luchthoudende en nog in den vaatbundel bevatte spiraalvaten, de ademholten onder de stomata enzv.; bij dierlijke weefsels geldt hetzelfde van de met lucht gevulde mergcellen der haren en vederen; verders van de talkliertjes der haren, de Meiboomsche kliertjes der oogleden, enzv., waarin vetachtige stoffen besloten zijn. Dat men hier met geene werkelijk zwarte stoffen te doen heeft, hiervan overtuigt men zich dadelijk, wanneer men het doorvallend licht met opvallend licht verwisselt; vetachtige stoffen vertoonen zich dan met hunne eigendomlijke kleur, meest geelachtig wit, terwijl sijn verdeelde lucht helder wit, en, ten gevolge der sterkere terugkaatsing, blinkend is. Overigens moeten in zulke gevallen dikwerf scheikundig werkende middelen worden aangewend, waarover later zal gesproken worden.

257. Uit het zoeven aangevoerde voorbeeld, de mindere waarneembaarheid namelijk der platgedrukte luchtbelllen en vetbollen, in verhouding tot dezelfde in den bolvormigen toestand, blijkt reeds dadelijk, dat de zichtbaarheid der voorwerpen bij doorvallend licht grootendeels bepaald wordt door den vorm, welke zij bezitten; maar zij hangt ook ten tweede af: van het verschil in brekend vermogen der omgevende middenstof. Dit is een voor de mikroskopische waarneming te belangrijk punt, dan dat wij er niet opzettelijk bij zouden stilstaan.

Wanneer men verschillende voorwerpen, die met water bevochtigd zijn, door het mikroskoop ziet, dan zal men spoedig bemerken, dat sommige, alhoewel in gedaante niet verschillende van andere, desnietteenstaande veel donkerder omtrekken bezitten dan deze. Bijzonder in het oog vallend is dit verschil b. v. tusschen de zoogenaamde elastieke vezelen en de vezelen van het bindweefsel, van de pezen enzv., waartusschen deze gezien worden. Een eenigzins geoefend waarnemer herkent zelfs oogenblikkelijk de eerste soort van vezelen aan deze eigenschap. Elastieke vezelen kunnen daarom reeds bij eene vergrooting onderscheiden worden, waarbij van even dikke bindweefselvezelen nog geen spoor te zien is. Ware het nu mogelijk een vocht te vinden, welks brekend vermogen even veel van dat der bindweefselvezelen, als dat van water van het brekend vermogen der elastieke vezelen verschilt, dan lijdt het geen twijfel, of wij zouden de eersten daarin even scherp en duidelijk als de laatsten thans in water zien. De ontdekking van zulk een vocht, dat tevens onschadelijk voor organische weefsels is, zoude eene zeer groote aanwinst voor mikroskopische waarnemingen zijn, daar het meer dan waarschijnlijk is, dat wij hierdoor in staat zouden gesteld worden, bijzonderheden waar te nemen, welke thans aan het oog ontvlugten, omdat het verschil in brekend vermogen met dat van het minst brekend der ons bekende vochten, het water, te gering is, om aan de lichtstralen eene merkbare afwijking te doen ondergaan.

Het eenige wat men in dit opzigt doen kan, is de lichamen in de lucht, dat is droog, te onderzoeken. Zeer dikwerf is dit hulpmiddel echter niet toepasselijk, omdat de meeste organische weefsels door de indrooging te veel van vorm veranderen. Doch er zijn echter gevallen, waarin wij

hetzelve met vrucht kunnen aanwenden. Dat men inderdaad op die wijze bijzonderheden kan zien, welke anders niet waarneembaar zijn, hiervan leveren de schubben der insekten, bepaaldelijk die, welke als proefvoorwerpen worden aangewend (z. § 224), een sprekend voorbeeld. Gewoonlijk worden deze droog, derhalve in de lucht liggende, onderzocht, en men herkent alsdan de vroeger beschreven overlans en overdwars loopende streepen. Doch, worden zij met water bevochtigd, dan ontdekt men van de laatsten dikwerf geen spoor meer, terwijl de eersten veel onduidelijker zijn geworden.

Ditzelfde kunnen wij nu, in eenen omgekeerden zin, toepassen op het onderzoek van sommige organische voorwerpen, die daarvoor geschikt zijn. Zoo b. v. zijn de tedere en zeer doorschijnende ciliën van sommige infusoriën veel duidelijker zichtbaar na de drooging, desgelijks de streepjes op de kiezelpantsers van sommige diatomeen. Hetzelfde geldt van de spermatozoa, en bepaaldelijk voer ik hier die der Tritonsoorten aan, welke een aan dezelve eigendommelijk draadvormig verlengsel bezitten, dat spiraalsgewijs het ligchaam omgeeft. Dit verlengsel is hoogst dun en teder, en onder water zoo doorschijnend, dat men het dan alleen met een uitstekend goed mikroskoop kan waarnemen; doch wanneer deze spermatozoa op een glasplaatje gedroogd zijn, herkent men hetzelve met het grootste gemak.

258. Even belangrijk als het wezen zoude, om een vocht te kunnen aanwenden, dat eenen geringeren brekingsaanwijzer dan water bezit, is ook het gebruik van zulke vochten, die het licht sterker breken dan dit, omdat wij daardoor in staat gesteld worden sommige voorwerpen doorschijnend te

maken, die zulks in de lucht of in water niet, of althans in te geringe mate zijn, om de zamenstellende deelen goed te onderscheiden. Gelukkiglijk hebben wij hier eene ruime keuze, en het komt er slechts op aan een zoodanig vocht te kiezen, hetwelk het best aan het oogmerk beantwoordt; door de doorschijnendheid genoegzaam te bevorderen, zonder de bijzonderheden, die men zichtbaar wil maken, te doen verdwijnen, en hetwelk tevens voor het voorwerp, dat men onderzoekt, onschadelijk is. Voor organische voorwerpen in den vochtigen toestand komen hier de meer of minder geconcentreerde oplossingen van gom, eiwit, suiker en van verschillende zouten in aanmerking; terwijl voor drooge voorwerpen, waar men tevens eene groote doorschijnendheid wenscht voort te brengen, vette en etherische oliën; zooals boomolie, terpenhijnolie, venetiaansche terpenhijn en canadabalsem kunnen worden aangewend.

Helderen wij dit wederom door een voorbeeld op. De pollenkorrels der planten zijn, droog, dat is in de lucht; gezien, zoo hoogst ondoorschijnend, dat men van hun inwendig maaksel niets onderscheiden kan. Met water bevochtigd worden velen half doorschijnend, zoodat men bespeuren kan, dat zij eenen uit kleine korreltjes bestaanden inhoud, de zoogenaamde *fovilla*, bevatten; deze doorschijnendheid neemt nog toe door sterker brekende waterige oplossingen aan te wenden, eene geconcentreerde oplossing van chlorcalcium b. v., waardoor de structuur van vele, met name der kleinere soorten, reeds zeer goed kan herkend worden; nog duidelijker wordt deze in zwavelzuur, welk zuur in dit geval zonder nadeel kan gebezigd worden, omdat het uitwendige vlies der pollenkorrels daardoor niet wordt aangestast; brengt men hen eindelijk in terpenhijnolie, dan wor-

den allen zoo glasachtig doorschijnend, dat van den korreli-
gen inhoud nu niets meer te herkennen is, maar daarente-
gen vertoonen zich dan de twee of drie vliezen, waaruit zij
zijn zamengesteld, de poriën, de celachtige teekeningen of
andere verhevenheden aan het buitenste vlies, met de groot-
ste klaarheid en helderheid.

Inderdaad komen er vele andere gevallen voor bij mi-
kroskopische onderzoekingen, waar het alleen door aanwen-
ding van sterker brekende middenstoffen mogelijk is, in
eenig voorwerp iets meer dan eene donkere massa te ont-
dekken. Het maaksel der koralen, van de schelpen der week-
dieren, dat van talrijke mineralen, b. v. van het foramini-
feren bevattende krijt, enzv. zoude, indien wij alleen lucht
en water ter onzer beschikking hadden, nimmer goed kun-
nen erkend worden. Slechts geloove men niet, dat de meest
doorschijnend makende middenstoffen ook altijd de beste ter
aanwending zijn, dewijl (gelijk zoo even uit het onzichtbaar
worden van den inhoud der pollenkorrels in terpenhijnolie
gebleken is) daardoor niet zelden eenige bestanddeelen schijn-
baar verdwijnen, welke in een vocht van geringer brekend
vermogen zichtbaar zouden geweest zijn. Men wende derhal-
ve daar, waar de aard van het voorwerp zulks gedooft,
trapsgewijs opklimmend, vochten aan, die eenen verschillen-
den brekingsindex bezitten, en zal alsdan dikwerf bevinden,
dat bijzonderheden, waarvan in het eene vocht geen spoor
te zien is, in een ander duidelijk te voorschijn treden.

259. Nog andere gevallen zijn er, waar te gelijk met eene
scheikundige omzetting, die in de lichamen plaats grijpt,
eene verandering gepaard gaat in hunnen invloed op de licht-
stralen, zoodat nu sommige deelen veel duidelijker zichtbaar

worden, ja somtijds eerst daardoor te voorschijn treden, terwijl er vroeger geen spoor van te zien was. Het eenvoudigste voorbeeld van dien aard leveren de bloedschijfjes van reptiliën en visschen op, waarin men gedurende het leven, terwijl het bloed nog door de haarvaten stroomt, als ook in de eerste oogenblikken, nadat het uit de vaten ontlast is, ter naauwernood iets van de daarin bevatte kern bespeuren kan. Allengs echter ziet men haar al duidelijker en duidelijker voor den dag komen, totdat zij eindelijk zich met even scherpe omtrekken vertoont, als het bloedschijfje zelve. Hetgeen hier alleen door inwendige omzetting der stof gebeurt, kan in vele gevallen door toevoeging van scheikundig werkende middelen worden te weeg gebragt. Zoo bezitten de meeste zuren de eigenschap van het lichtbrekend vermogen der zelfstandigheid, waaruit de kernen zoowel in dierlijke als in plantaardige cellen bestaan, aanzienlijk te verhoogen, zoodat dezulke, die vroeger slechts met veel moeite, uithoofde van de bleekheid der omtrekken, konden onderscheiden worden, daardoor scherpe en donkere randen verkrijgen, terwijl zelfs in zeer vele cellen, waar men vóór de bijvoeging van het zuur volstrekt niets, dat naar kernen geleek, kon ontdekken, zij daarna met groote klaarheid gezien worden. Op de hulsels, bepaaldelijk der dierlijke cellen, oefenen sommige zuren juist eene tegenovergestelde werking uit; het lichtbrekend vermogen wordt door hunne bijvoeging verzwakt, zoo zelfs, dat eindelijk alle spoor daarvan verdwenen is.

260. In gevallen als deze, en in 't algemeen overal, waar men door het mikroskoop niets ziet, is de waarnemer zeer geneigd, om ook te besluiten tot het niet bestaan der voorwerpen. Zijn zij er vroeger geweest, doch later ver-

dwenen, dan verklaart men dezelve voor opgelost in het vocht, dat er is bijgevoegd. Dat zulk een besluit intusschen voorbarig is, blijkt genoegzaam uit al het boven gezegde; de fovilla der pollenkorrels b. v. wordt door de terpenhijnolie niet opgelost, in weerwil dat zij daardoor geheel onzichtbaar wordt, want na de verdamping der etherische olie komt zij weder onveranderd te voorschijn; desgelijks zal in zeer vele gevallen, waar de celwanden door de bijvoeging van zuren onzichtbaar zijn geworden, eene neutralisatie van het zuur voldoende zijn, om hen weder waarneembaar te maken.

Hieruit vloeit de algemeene regel voort: dat het niet zien van iets in het gezichtsveld van het mikroskoop geen regt geeft tot het stellige besluit, dat dit iets ook niet aanwezig is, maar alleen, dat, indien het bestaat, *of* het lichtbrekend vermogen te weinig verschilt van dat der omringende middenstof, *of* dat de vorm zoodanig is, dat de stralen, die het gezichtsveld verlichten, daardoor geene afwijking ondergaan. Men plaatse b. v. eenen droppel eener zeer geconcentreerde oplossing van chlorcalcium of van nitras calcis op een voorwerpplaatje, en brenge eenen droppel eener mede geconcentreerde oplossing van carbonas potassae of van carbonas sodae aan de ondervlakte van een dekplaatje. Legt men nu het laatste op het eerste, zoodat de beide droppels elkander bedekken, dan zal er natuurlijk een praecipitaat ontstaan van koolstofzuren kalk. Desniettegenstaande zal men van dit laatste geen spoor bespeuren, wanneer men het aldus toebeide plaatje onder het mikroskoop brengt. De oorzaak hiervan ligt daarin, dat het praecipitaat in dit geval een volkomen doorschijnend vlies is, hetwelk geheel ligt uitgebreid, zoodat geen enkele lichtstraal, daardoor gaande, van rigting verandert. Doch zoodra men het bedekkende plaatje een

weinig heen en weder schuift, door welke beweging plooijen in het vlies worden gevormd, die, eene gebogene oppervlakte aan de lichtstralen aanbiedende, zich donker vertoonen, dan herkent men hieraan het aanwezen van het vlies oogenblikkelijk. Hetzelfde geldt van talrijke organische vliezen, zooals van de *capsula lentis*, van de *membrana hyaloidea* enzv., welke uithoofde hunner doorschijnendheid alleen aan de plooijen of aan de kanten herkend worden; desgelijks van de wanden van vele cellen, wier vlies somtijds zoo doorschijnend en schijnbaar homogeen is, dat alleen de randen van hetzelfde zichtbaar zijn.

261. Uit het gezegde blijkt verders, dat er gevallen voorkomen kunnen, waar eene ware opening zich volstrekt niet van een aanwezig vlies onderscheidt, dat deze sluit; en werkelijk leert de geschiedenis der mikroskopische waarnemingen, dat het dikwerf hoogst moeilijk is, hieromtrent tot volkomen zekerheid te komen. Het is b. v. hieruit, dat de dwaling verklaard moet worden, alsof de bloedschijfjes ringen zijn; verders strekken de verschillende meeningen, omtrent het maaksel der gestippelde cellen en vaten der planten, hiervan ten bewijze. Het voornaamste middel, dat ons in zulke gevallen ten dienste staat, en hetwelk gewoonlijk allen twijfel doet verdwijnen, bestaat in de bijvoeging van zulke stoffen, waardoor de vliezen, zoo zij aanwezig zijn, sterk gekleurd worden. Omtrent deze middelen, onder welke iodiumtinctuur het meest algemeen aanwendbare is, moet ik den lezer echter naar een volgend hoofdstuk verwijzen.

262. Eene vraag, die zich bij mikroskopische onderzoekingen, zeer dikwerf voordoet, is: of eenig voorwerp uit een

zamenhangend vlies bestaat, en dus hol, dan wel of hetzelfde niet hol is. Het komt er hier dus op aan, om b. v. celletjes of blaasjes van bolletjes, buizen van vezelen te onderscheiden. Dikwerf is zulks niet moeilijk te beslissen. Waar wij duidelijk twee scherpe grenslijnen waarnemen, eene die het voorwerp van de omgevende middenstof, en eene andere, die de inwendige wandoppervlakte van den inhoud afscheidt, — gelijk bij de meeste plantencellen, — daar behoeven wij doorgaans geen oogenblik in beraad te staan. Ik zeg doorgaans, want er komen gevallen voor, waar men gevaar loopt zich door schijnbare blaasjes of buisjes te laten misleiden, die alleen daardoor ontstaan zijn, dat twee zich niet vermengende vochten in zulk eenen toestand zijn gekomen, dat het eene zich als inhoud, het andere als hulsel vertoont. Een voorbeeld hiervan treffen wij aan in de stof, die uit de gekwetste buisjes van de hersenen, het ruggemerg of de zenuwen, bij drukking, uitvloeit. Deze stof bestaat uit vet- en eiwitachtige stoffen, en vertoont zich onder den vorm van dubbele grenslijnen bezittende bolletjes en vezelen, van welke vele eene zoo regelmatige gedaante hebben, dat zij inderdaad grootelijks naar blaasjes en buisjes gelijken, en ook werkelijk als zoodanig beschreven zijn. De dubbele grenslijnen zijn hier alleen daarvan het gevolg, dat de buitenste laag uit de vetachtige, de binnenste uit de eiwitachtige stoffen bestaat. Men overtuigt zich spoedig van de ware toedragt der zaak, door het vormen dezer schijnblaasjes en schijnbuisjes, gedurende het uitstroomen der stof uit de primitiefbuizen, gade te slaan, en bovendien door dezelve tusschen het voorwerpglaasje en het dekglaasje op en neder te rollen, waarbij zij zich verdeelen, doch waarbij men geen spoor van eenig vlies waarneemt, en telkens weder andere, alleen kleinere deeltjes

te voorschijn komen, die, even als de vorigen, door dubbele lijnen begrensd zijn.

Niet zelden echter wordt de beslissing, of eenig voorwerp hol of niet hol zij, nog door andere omstandigheden bemoeijelijkt. Tweederlei oorzaken kunnen hier vooral hinderlijk zijn. Vooreerst een te gering verschil in brekend vermogen, tusschen den inhoud en de zelfstandigheid, waaruit het vlies bestaat. Dit zien wij onder anderen bij de vetcellen, die zich geheel als de door geen vlies bekleede vetbolletjes voordoen; desgelijks aan de primitiefbuizen der zenuwen, in de eerste oogenblikken, nadat zij uit het levend ligchaam genomen zijn, en waaraan de dubbele grenslijnen eerst dan waarneembaar worden, nadat in den inhoud zekere veranderingen hebben plaats gegrepen, waardoor de brekingsaanwijzer van dezen eene wijziging ondergaat. Doch in de tweede plaats kan het geheele voorwerp te klein, of het vlies zelve te dun zijn, om zich van het al of niet bestaan van dit laatste door de bloote waarneming te overtuigen. In zulke gevallen is men derhalve genoodzaakt tot andere hulpmiddelen zijne toevlugt te nemen.

Somtijds helpt hier drukking, hetzij alleen met behulp van een dekplaatje, of door middel van een compressorium (waarover later) uitgeoefend. Bestaat er reeds eene opening, zoo als bij de doorgesneden primitiefbuizen der zenuwen, dan vloeit daardoor de inhoud uit het omgevende hulsel, of indien er lucht in bevat is, komt deze als bellen te voorschijn. Wanneer de te onderzoeken ligchaampjes eenen zekeren graad van vastheid bezitten, zoo als de amyllum-korrels, dan zullen deze, door drukking tusschen twee glasplaatjes, in ware stukken barstende, dadelijk het bewijs leveren, dat zij solide ligchaampjes en geen blaasjes zijn, zoo als sommigen gewild hebben.

Ware cellen barsten somwijlen ook, gelijk b. v. de uit het ovarium genomen dierlijke eieren, en, wanneer dan de inhoud uitgeperst is, neemt men het vlies, hetzij aan de randen van de barst, of aan de ontstane plooijen en rimpels gemakkelijk waar. Doch niet zelden gebeurt het ook, dat men op deze wijze niet tot zekerheid komt, want de vliezen van vele organische cellen bezitten eene aanmerkelijke rekbaarheid, zoodat zij, zonder te barsten, geheel plat kunnen worden, even als zulks bij solide ligchaampjes, die uit eene weeke stof bestaan, wordt waargenomen.

Dikwerf kan men met goed gevolg zich het bekende endosmotische vermogen der vliezen ten nutte maken, om hunne aanwezigheid te ontdekken. Ware cellen of buizen in een vocht geplaatst, hetwelk wateriger is dan de inhoud, zullen (tenzij deze inhoud eenen uitgang heeft, zooals bij doorgesneden zenuwbuizen, haarvaten enzv.), óf in alle óf in eenige rigtingen opzwellen. Is het omgevende vocht integendeel minder waterhoudend dan de inhoud, dan heeft het omgekeerde, t. w. inkrimping plaats. Op die wijze b. v. kan het bestaan van een waar hulsel bij de bloedschijfjes worden bewezen.

Bij met lucht gevulde buisjes of kanaaltjes wijst de capillaire opzuiging van vochten, waardoor de lucht óf uitgedreven óf door het vocht opgenomen wordt, het bestaan der holten aan. Zoo b. v. bij de luchtvaten der insekten, waarvan de kleinsten zoo dun zijn, dat zij zich bij de sterkste vergrootingen slecht als hoogst fijne streepjes te kennen geven.

Verders kunnen ook scheikundig werkende middelen te baat genomen worden, van welke het bekend is, dat zij op den inhoud anders werken dan op het vermoedelijke hulsel. Zoo b. v. worden door ether en alkaliën op het vetweefsel

te laten werken, de vliezen der het vet insluitende cellen herkend.

Ook is het somwijlen moeilijk blaasjes of cellen van plaatjes te onderkennen, wanneer de inhoud allengs verdroogd, en de cel daardoor is ingekrompen, en hierbij, uithoofde van den zamenhang met de overige cellen, eenen platten vorm heeft aangenomen. Hier helpen zulke middelen, welke den inhoud wederom doen uitzetten, zoodat de cel hare vroegere gedaante herneemt. Met azijnzuur of, nog beter, met eene oplossing van bijtende potasch behandelde epithelium-weefsels, nagelen, hoornen, enzv. leveren voorbeelden hiervan.

Er is nog een andere grond, die dikwerf beschouwd wordt als voldoende te zijn, om de celachtige natuur van eenig ligchaampje te beslissen, namelijk het voorkomen daarin van andere kleinere regelmatig gevormde ligchaampjes, hetzij kleinere cellen, of kernen, welke men door de buitenste oppervlakte heen waarneemt. In zeer vele gevallen zal dit besluit ook volkomen juist zijn, doch men vergete niet, dat hetzelfde alleen op analogie met andere als ware cellen erkende ligchaampjes steunt, en dat ook in werkelijk solide ligchaampjes eene kern kan voorkomen, die, uithoofde van den verschillenden aggregaattoestand, het licht anders doorlatende dan de buitenste lagen, zich als onderscheiden van deze te kennen geeft. Sommige praecipitaatligchaampjes, b. v. van koperoxid en van koolstofzuren kalk (1), leveren het bewijs hiervan. Een of meer ingesloten kernen maken dus de celachtige natuur alleen waarschijnlijk, maar om haar zeker te

(1) Zie de afbeeldingen gevoegd bij de reeds genoemde *Etude microscopique des précipités et de leurs métamorphoses*.

stellen, moet bovendien de aanwezigheid van een vlies door een der bovengenoemde middelen, of op eene andere wijze, worden aangetoond.

266. Het is hier ook de plaats, om opmerkzaam te maken op eenige verschijnselen, welke het noodzakelijk gevolg zijn van den gang der lichtstralen door en langs de voorwerpen, welke zich in het gezigtveld bevinden, en waardoor reeds meermalen dwalingen begaan zijn door hen, die met den aard dier verschijnselen onbekend waren. Ik bedoel in de eerste plaats de lijntjes, welke het gevolg zijn van de diffractie, en de daarbij plaats hebbende interferentiën, waarvan reeds in § 195 met een woord melding is gemaakt.

Het verschijnsel zelve kan elk, die een goed mikroskoop bezit, gemakkelijk waarnemen, en wel des te eerder hoe beter zijn mikroskoop is, omdat het duidelijker zichtbaar worden dier diffractielijntjes gelijken tred houdt met de verbetering der aberratiën, zoodat de randen der beelden zelve scherper wordende, zich ook deze lijntjes scherper vertoonen.

Om hen goed te leeren kennen, hetgeen het beste middel is, om er niet door misleid te worden, brenge men zulke voorwerpen onder het mikroskoop, welke donkere en scherpe randen bezitten; luchtbellens zijn hiervoor zeer geschikt. Men zal dan den rand begrensd zien door een helder lichtzoompje, dat op zijne beurt weder begrensd wordt door een donker lijntje, bijna even zoo als of het voorwerp door een dun vlies omgeven ware, en werkelijk is het niet zelden daarvoor aangezien, en zelfs als zoodanig beschreven en afgebeeld, welke dwaling des te vergeeflijker is, omdat de afstand van het donkere diffractielijntje van den rand des voorwerps door

versterking der vergrooting toeneemt, even als een waar vlies zich daardoor dikker zoude vertoonen. Dikwerf neemt men niet slechts een, maar twee of drie, soms zelfs vier zulke lijntjes waar, even als zulks bij gewone diffractieverschijnselen gezien wordt, en bij sterke vergrooting bespeurt men aan de randen dier lijntjes ook wel prismatische kleuren. Het lijntje, dat het meest nabij aan den rand van het voorwerp is, heeft echter altijd de donkerste tint. Om hen goed te zien, wordt eene gepaste verlichting gevorderd. Het is niet waar, zoo als men beweerd heeft, dat zij vooral door te sterke verlichting zouden ontstaan, want zij verdwijnen integendeel hierdoor, wanneer zij bij eene zwakkere verlichting van het gezigtveld zichtbaar waren. Zij volgen dus hierin werkelijk geheel denzelfden regel als alle zeer doorschijnende en het licht weinig brekende ligchaam; en het is eene vergeefsche poging, om hen te doen verdwijnen door middel van bepaaldelijk daartoe bestemde verlichtingstoestellen (z. § 195), dewijl, op hetzelfde oogenblik, dat zij ophouden zichtbaar te zijn, ook de het moeilijkst waarneembare werkelijke voorwerpen niet meer gezien worden. Ook acht ik dit niet volstrekt noodig, daar deze lijntjes iets eigendomlijks hebben, hetwelk, wel is waar, niet gemakkelijk met woorden kan beschreven worden, maar voor den eenigzins geoefenden waarnemer volkomen toereikend is; om er zich niet door te laten misleiden. Reeds hunne algemeenheid levert eenen genoegzamen waarborg daartegen. Bovendien worden zij alleen gezien bij doorvallend, maar nimmer bij opvallend licht, iets dat zich gemakkelijk laat begrijpen door elk, die met de theorie der diffractieverschijnselen bekend is, omdat bij doorvallend licht de voorwerpen in het gezigtveld schaduwbeelden vormen, terwijl bij opvallend licht ware lichtbeelden

ontstaan. De afwisseling van beide verlichtingswijzen levert dus in vele gevallen een middel op, ter herkenning van den waren oorsprong dier lijntjes.

Deze diffractielijntjes kunnen overal gevormd worden, waar lichtstralen de randen van eenig voorwerp voorbijgaan. Wanneer derhalve vele kleine voorwerpjes zich zeer nabij elkander in het gezichtsveld bevinden, dan raken hunne wederzijdsche diffractielijntjes elkander, of vloeijen ineen, doch daar zij bij de verlichting met diffuus licht altijd zeer zwak zijn, zoo bespeurt men gewoonlijk in zoodanig een geval, weinig van dezelve. Anders echter wordt het, zoodra een voorwerp slechts zeer weinig doorschijnend is, en men het, om die reden, door regtstreeks van onderen daarop invallend zonlicht verlicht. Alsdan ondergaan de stralen tusschen de onderscheiden kleine deeltjes, waaruit zulk een voorwerp bestaat, menigvuldige interferentiën, die duidelijk zichtbaar zijn, terwijl men zich het verschijnsel kan voorstellen, als of al die deeltjes door diffractielijntjes omgeven waren, die echter nu niet zwart zijn, maar altijd prismatische kleuren vertoonen. Deze lijntjes met de naburigen gedeeltelijk ineensmeltende, verkrijgt het geheel het voorkomen, als of het uit bolletjes of talrijke door elkander geslingerde vezelen of buisjes bestaat. Ook met niet vooraf diffuus gemaakt en te zeer geconcentreerd kunstlicht, neemt men een dergelijk verschijnsel, alleen in minderen graad, waar. Het is bekend, dat onder de oudere onderzoekers er geweest zijn, die deze schijnbare bolletjes, vezelen en buisjes voor werkelijk bestaande hebben aangezien. Wanneer men echter het als regel heeft aangenomen nimmer voorwerpen doorschijnend te willen maken, door er een sterk licht door te laten vallen, en bepaaldelijk het gebruik van het regtstreeksche zon-

licht vermijdt, dan loopt men van zulke dwalingen geen het minste gevaar.

263. Gaan wij thans over tot eene andere eigendomsheid der mikroskopische waarneming, welke den aanvanger het duiden der gezichtsindrukken eenigzins moeijelijk maakt, doch voor den geoefenden een belangrijk hulpmiddel is, tot herkenning van het maaksel der mikroskopische voorwerpen. Ik bedoel de omstandigheid, dat men door het mikroskoop alleen vlakken, en geen lichamen, duidelijk ziet.

Streng genomen is deze eigendomsheid echter meer het gevolg van een quantitatief dan van een kwalitatief onderscheid tusschen het zien met het bloote oog, en dat met het mikroskoop, want ook het oog ziet alleen zulke voorwerpen, welke zich op volkomen gelijken afstand van hetzelfde bevinden, en dus in één vlak gelegen zijn, op hetzelfde oogenblik even duidelijk, omdat voor elken anderen afstand een verschillende accomodatie-toestand wordt gevorderd, zoodat van voorwerpen, wier afstanden niet aan den accomodatietoestand van het oogenblik beantwoorden, alleen diffusiebeelden op het netvlies ontstaan. Wanneer echter dit verschil in afstand niet zeer groot is, dan wordt het onderscheid in scherpte der netvliesbeeldjes geheel onmerkbaar, en zulks te eerder, naar mate iemand meer verziende is. Voor eenen bijzienden of voor eenen verzienden, die door eenen bril met bolle glazen ziet, vertoont zich een ligchaam van eenige grootte, b. v. een gedeeltelijk van voren en van ter zijde gezien huis, reeds niet meer in deszelfs geheel overal even duidelijk. Deze grootte der voorwerpen nu, wier lichamelijke vorm nog duidelijk herkenbaar is, neemt in gelijke mate af met den duidelijkheidsafstand van het oog,

of, hetgeen hier op hetzelfde neerkomt, met het zien door sterker vergrootende lenzen. De afstand, waarop zich twee voorwerpen moeten bevinden, om beiden nog goed gezien te worden, wordt dus al geringer en geringer, en het gezichtsveld nadert meer en meer tot een waar vlak, naar gelang de aangewende vergrooting sterker is.

Hieruit vloeijen eenige niet onbelangrijke gevolgtrekkingen voort. Uit het gezegde blijkt namelijk, dat men, bij verschillende vergrootingen, geenszins telkens het voorwerp op gelijke wijze, alleen meer of minder vergroot, ziet. Men ziet het ook werkelijk anders. Beschouwt men b. v. bij eene geringe vergrooting eenig organisch weefsel, dat uit meerdere lagen bestaat, die door elkander heen schemeren, dan zal men op hetzelfde oogenblik al deze lagen in hunne betrekkelijke ligging, schoon dan ook niet alle met gelijke duidelijkheid, kunnen waarnemen; bij eene sterke vergrooting ziet men daarentegen slechts eene enkele laag, terwijl de dieper of hooger liggende beurtelings onzichtbaar worden bij verandering van den afstand van het voorwerp.

Dit leert ons in de aanwending van sterke vergrootingen nog een ander nut zien, dan hetwelk uit de vergrooting op zich zelve voortvloeit. Wij ontleden daardoor als 't ware een voorwerp in meerdere lagen, die, alle door elkander heen schemerende, eenen verwarden gezichtsindruk te weeg brengen, doch elk afzonderlijk, en bij opvolging gezien, duidelijk onderscheiden worden. Verders kunnen wij daardoor onderkennen, of eenig voorwerp zich op, in, of onder een ander bevindt; en, indien voor de op- en nedergaande beweging eene fijne schroef dient, die van eene wijzerplaat voorzien is, dan kan met behulp van deze zelfs met groote naauwkeurigheid de dikte of de loodrechte

afstand der voorwerpen in het gezichtsveld bepaald worden.

Overal daarentegen, waar het aankomt op het erkennen van den lichamelijken vorm der voorwerpen (tenzij deze uiterst klein zijn) moet aan geringe vergrootingen de voorkeur worden gegeven; zoo b. v. ter bepaling der gedaante van mikroskopische kristallen, voor welker onderzoek de minste vergroo-ting, waarbij zich de vlakken, hoeken en kanten duidelijk vertoonen, altijd de gunstigste is.

264. Het onderscheiden van hoogten en diepten door het mikroskoop is geenszins altijd op den eersten blik gemakkelijk. Integendeel, hier kan zeer ligt een zinsbedrog of liever eene verstandsdwaling ontstaan, zoodat eene hoogte voor eene diepte, en omgekeerd deze voor gene wordt aangezien. Dit kan zoowel bij op- als bij doorvallend licht plaats hebben, en ontstaat daaruit, dat zoowel eene diepte als eene hoogte zich te kennen geeft door eene slagschaduw, die zelfs in beide gevallen volkomen gelijk kan zijn. Bij het zien door het bloote oog maken wij in zulk een geval (doorgaans zonder ons daarvan bewust te zijn) uit de rigting der schaduw in verhouding tot die van het licht, dat het voorwerp beschijnt, het besluit op, dat het óf eene hoogte óf eene diepte moet wezen, waardoor de schaduw wordt te weeg gebracht. Zien wij daarentegen door het mikroskoop, dan ontbreekt deze maatstaf in meerdere of mindere mate, en van daar dat men dan eens meent hetzelfde voorwerp verheven, dan weder verdiept te zien, en deze misleiding ontstaat te eerder bij het zamengesteld mikroskoop, omdat daar het geheele beeld omgekeerd is, en dus de schaduwen ook juist in den tegenovergestelden zin vallen, dat is bij eene hoogte naar de lichtbron toe, en bij eene diepte van de lichtbron af.

Is men echter eenmaal hierop bedacht, dan loopt men voor deze dwaling geen gevaar meer, daar men de toedragt der zaak in de meeste gevallen oogenblikkelijk erkent, door den afstand van het voorwerp te veranderen, tenzij de hoogte of de diepte zeer klein zijn, in welk geval het noodig kan worden het voorwerp in eene rigting te zien, die loodregt is op de vroegere. Zoo b. v. herkent men oogenblikkelijk de komvormige verdieping der bloedschijfjes, zoodra men hen op hunnen kant ziet. De stippels op vele verhoute cellen verders, welke slechts kleine diepten of verdunde plaatsen van den celwand zijn, kunnen op het eerste gezigt niet onderscheiden worden van dergelijke stippels op vele plantenharen, die intusschen kleine knobbeltjes zijn. Doch zoodra men de eersten op de loodregte doorsnede van de celwand, en de laatsten op den rand der haren waarneemt, houdt dadelijk alle twijfel aangaande hunne ware natuur op.

265. Ook de kleur der voorwerpen ondergaat bij het mikroskopische zien eenige wijzigingen, die wij niet onvermeld mogen laten. Bij eene vroegere gelegenheid (I. bl. 575) heb ik reeds doen opmerken, dat sommige mikroskopen aan de beelden in het gezichtsveld eene eigendommelijke kleur mededeelen, die men niet verwarren moet met de ware aan het voorwerp toebehoorende kleur. Maar bovendien moet men, bij het beoordeelen der kleuren, in het oog houden, of de waarneming geschied is bij opvallend, dan wel bij doorvallend licht, iets dat men bij het gewone zien zelden doet, omdat dan de voorwerpen bijna altijd geheel of gedeeltelijk door opvallend licht verlicht zijn, en dit dan de kleur bepaalt. Het is echter bekend, dat er verscheidene zelfstandigheden zijn, die zich, naar gelang zij het licht terug-

kaatsen of doorlaten, anders gekleurd vertoonen. Dikwerf, hoewel niet altijd, zijn deze kleuren complementair, en zoo vinden wij het ook bij sommige vleugelschubben van vlinders (*Morpho Menelaüs*, *Lycaena Argus*), welke bij opvallend licht blaauw, en bij doorvallend licht geel zijn, terwijl andere (van *Papilio Ulysses*) zich hierbij rood vertoonen. Zoo bezitten ook vele dierlijke organische weefsels, welke onder gewone omstandigheden gezien, wit of geelachtig wit zijn, eene bruinachtige (zeer in het oog vallend bij het tandémail), soms ook groenachtige tint, indien zij bij doorvallend licht door het mikroskoop gezien worden.

Verders oefent de vergrooting eenen eigenaardigen invloed uit. Zij drijft namelijk de gekleurde deelen als 't ware uiteen, en werkt dus op eene dergelijke wijze als water, waarmede men een gekleurd vocht verdunt. Bloedschijfjes b. v., die bij eene geringe vergrooting zich duidelijk rood gekleurd vertoonen, worden bij sterke vergrootingen zoo bleek, dat men, op dezen invloed niet bedacht zijnde, ligtelijk gevaar zoude loopen dezelve voor kleurloos te houden. Zoo ook wordt de gele kleur van het acidum xanthoproteicum, ontstaan door salpeterzuur op proteïne-houdende zelfstandigheden te doen inwerken, gemakkelijker bij eene geringe dan bij eene sterke vergrooting erkend.

Ik merk hier nog aan, dat kleuren over het algemeen minder gemakkelijk onderscheiden worden bij doorvallend licht, dat op de gewone wijze verkregen is, door namelijk het teruggekaatste licht des hemels met den spiegel op te vangen, dan door den spiegel met een stuk helder wit papier of met eene gipsplaat te bedekken, en hierop de zonnestralen te laten vallen.

Op eene geheel bijzondere wijze ziet men de werking der

vergrooting op de kleuren van dunne lagen. Eene glasplaat, welke oppervlakte slechts even verweerd is, vertoont onder het mikroskoop, bij opvallend licht gezien, de schitterendste kleuren. Hoogst fraai kan men dezen invloed waarnemen, indien men op eenen waterdruppel, welke zich op een voorwerpplaatje bevindt, met de punt eener naald, eene zeer geringe hoeveelheid terpenhijnolie brengt. Deze breidt zich over den druppel uit, en, hoewel met het bloote oog nog geen spoor van kleuring kan ontdekt worden, zal men door het mikroskoop, bij opvallend licht, de levendigste kleurschakeringen zien, die gestadig afwisselen en in aanhoudende beweging zijn, ten gevolge van de verdamping der terpenhijnolie.

266. Alle bewegingen worden in gelijke mate versterkt, als de vergrooting toeneemt. Zij volgen elkander wel niet schielijker in tijd op, maar hunne ruimte wordt grooter, en zij zelve daardoor merkbaarder. Een mikroskopisch waarnemer, wiens woning aan eene straat ligt, welke door rijtuigen bereden wordt, ondervindt zulks dikwijls op eene hoogst lastige wijze, daar de dreuning reeds in het gezigtveld van zijn mikroskoop bespeurd wordt, wanneer het rijtuig zich nog op eenen geruimen afstand bevindt, en nog lang, nadat hetzelfde is voorbijgegaan, voortduurt. Hier is geen andere raad te geven, dan een voor mikroskopische onderzoeken beter gelegen vertrek op te zoeken. Maar ook de trillingen van den grond deelen zich aan de tafel mede, waarop het werktuig staat, en dit gebrek laat zich gemakkelijk wegnemen, door de tafel hetzij aan de muur te bevestigen, of haar op een onderstel te doen rusten, dat met de overige vloer niet in aanraking is.

Doch behalve deze van uitwendige oorzaken afhankelijke bewegingen, komen ook die der voorwerpen in aanmerking, welke door het mikroskoop gezien worden. Ook deze worden bij toenemende vergrooting versneld, doch hier is het, dat het zoo even gemaakte onderscheid tusschen versnelling in tijd en versnelling in ruimte van toepassing is. De weinige millimeters b. v., welke een infusorium in eene seconde aflegt, worden bij eene duizendmalige vergrooting even zoo veel meters, en daar de middellijn van het gezichtsveld altijd een zeer gering gedeelte van dien weg uitmaakt, zoo is de tijd, gedurende welken het dier zich daarin bevindt, zoo uiterst kort, dat geen eenigzins naauwkeurige gezichtsindruk mogelijk is. Men is dus genoodzaakt óf alleen geringere vergrootingen aan te wenden, óf de bewegingen van het dier te belemmeren, hetgeen het best door eene ligte drukking, hetzij door een dun dekplaatje, of nog beter door middel van het compressorium geschiedt.

Gehcel anders is het gelegen met zeer kleine en elkander periodisch opvolgende bewegingen, gelijk die der trilhaartjes. Hier neemt ook wel de ruimte der beweging toe te gelijk met de vergrooting, maar, daar zij steeds in het gezichtsveld blijven, zoo strekt deze niet tot nadeel voor de waarneembaarheid. Wanneer de zich bewegende haartjes niet bij eene sterke vergrooting kunnen gezien worden, dan kan dit voorzeker ook niet bij eene geringere, voorondersteld namelijk dat beiden even scherp zijn. De reden van dit niet zien der zich bewegende deelen, hetwelk ook in meerdere andere gevallen kan worden opgemerkt, — zoo als b. v. bij de snel stroomende bloedligchaampjes in de haarvaten, bij de beweging van het melksap in de planten, enzv. — is de te snelle opvolging der afzonderlijke gezichtsindrukken, gelijk reeds

vroeger (§ 100 Dl. I) is aangetoond. Het ware wenschelijk een middel te vinden, om, zonder eene eigenlijke vermindering in de beweging zelve te maken, toch de waarneming zoo te kunnen inrigten, dat de opgevangen indruk vastgehouden wordt, zonder door de opvolgende gestoord te worden. In een volgend hoofdstuk zullen wij zien, in hoe verre dit doel bereikbaar is.

267. Ter dezer plaats wil ik ook nog op eenige bewegingen opmerkzaam maken, die den weinig geoefenden ligtelijk kunnen misleiden, daar hij, derzelve oorzaak niet vermoedende, deze welligt elders zoude zoeken, waar zij niet bestaat.

Tot de hier bedoelde bewegingen behooren die, welke het gevolg zijn der vermenging van twee ongelijksoortige vochten, vooral wanneer een derzelve bijzonder vlugtig is, zoo als alcohol of ether bij water gevoegd. Alle kleine lichaampjes, welke zich in een der beide vochten bevinden, komen alsdan in eene sterke beweging, die echter nimmer regelmatig stroomend is, maar meer in kleine elkander snel opvolgende schokken plaats heeft. Is de ruimte, waarin de beweging geschiedt, zeer klein, heeft men b. v. bij eene doorsnede van eenig plantenweefsel, welke met water bevochtigd is, iodiumtinctuur gevoegd, en is er dan een of meer der zich hierbij praecipiterende iodiumkristallen in eene opgesneden celholte geraakt, dan wordt de beweging uiterst snel en het deeltje van de eene begrenzende kant naar de andere gekeatst, en dit dansen duurt zoo lang tot dat de vermenging volkomen, of de vlugtige vloeistof geheel verdampt is.

Verders gebeurt het dikwerf bij het onderzoek van slijmachtige stoffen, dat deze met een dekplaatje bedekt worden.

de, zich in meerder en minder vloeibare gedeelten afscheiden, waarbij de eersten stroomen vormen tusschen de uit half vloeibare stof bestaande eilandjes der laatste. Deze strooming duurt dikwerf eenen zeer geruimen tijd voort, zelfs wanneer het voorwerpplaatje volkomen horizontaal ligt, omdat de slijmachtige stof eenigen weerstand biedt aan de drukking van het dekplaatje, doch zich allengs meer uitbreidt, en daardoor de strooming onderhoudt.

Eindelijk is er eene soort van beweging, welke alleen aan zeer kleine ligchaampjes eigen is, en daarom slechts door het mikroskoop kan waargenomen worden, namelijk de zogenoemde moleculair-beweging. Het is ieder, die zich op mikroskopische waarnemingen wil toeleegen, aan te raden zich spoedig met dit verschijnsel bekend te maken, omdat de ondervinding geleerd heeft, dat reeds menigeen er door is misleid geworden, en hetzelfde voor eene eigenaardige organische beweging hield, terwijl het intusschen aan alle zeer kleine ligchaampjes, hetzij van organischen of van anorganischen oorsprong toekomt, en als eene eigenschap der stof in den algemeensten zin, moet beschouwd worden. Omtrent de eigenlijke oorzaak van dit verschijnsel wil ik hier in geene nadere beschouwing treden. Echter meen ik de volgende daadzaken niet onvermeld te mogen laten.

Vooreerst is de meening van velen, die deze beweging aan verdamping toeschrijven, stellig ongegrond, want ook dan wanneer alle verdamping verhinderd is, blijft zij onveranderd voortduren. In vele gevallen, waar het vocht, dat de kleine moleculen bevat, tusschen twee glasplaatjes werd besloten, die, op later te melden wijze, door een lutum vereenigd waren, zag ik de moleculair-beweging nog na maanden tijds geheel onverzwakt voortduren. Moeijelijker

is het met zekerheid te ontdekken, of zij ook voortgebracht wordt door stroomingen in het vocht, ten gevolge eener verschillende temperatuur van deszelfs onderscheiden gedeelten. Ik acht zulks echter hoogst onwaarschijnlijk, eensdeels dewijl er dan toch vroeg of laat een toestand van evenwigt en dus van rust zoude moeten ontstaan, anderendeels dewijl opzettelijk aan het vocht medegedeelde warmte wel stroomingen daarin te weeg brengt, die geheele groepen van moleculen medesleepen, maar geene verandering hoegenaamd veroorzaakt in de eigenlijke moleculair-beweging.

Ten tweede hangt de sterkte en de duur dezer beweging af zoowel van het volstrekt gewigt der ligchaampjes zelve, als van het soortelijk gewigt der stof waaruit zij bestaan. Bij dezelfde stof bewegen zich dus de kleinste ligchaampjes het sterkst en het langst, en alleen bij zulken, die in soortelijk gewigt nagenoeg gelijk staan met het vocht, waarin zij zich bevinden, kan de beweging maanden lang voortduren, daar zij ophoudt, zoodra de ligchaampjes op het glasplaatje bezonken zijn. Zulke ligchaampjes, die soortelijk zeer zwaar zijn, zoo als die der meeste metaalpraecipitaten, bewegen zich slechts gedurende eenen korten tijd, en zelfs is hier dikwerf geene beweging waarneembaar, in weerwil dat de ligchaampjes zelve uiterst klein zijn.

Ten derde heeft de vorm der ligchaampjes geenen invloed hoegenaamd op deze beweging. Men neemt haar zoowel waar bij de ronde vetbolletjes en pigmentkorreltjes, als bij kleine kristalletjes en de onregelmatig gevormde kooldeeltjes van verbrande plantenstoffen. Op eene eigenaardige wijze kan men haar b. v. zien aan de platte naaldvormige kristalletjes, die het metaalblinkend bekleedsel van de iris der vissen, en van andere deelen, zamenstellen. Deze kristal-

letjes zijn zoo doorschijnend en dun, dat zij slechts bij eene aanzienlijke en scherpe vergrooting bij doorvallend licht kunnen herkend worden; doch beschouwt men den droppel water, waarin zij zweven, bij opvallend licht, dan ziet men reeds, bij eene zeer geringe vergrooting, een aanhoudend geflikker als van geel, groen of rood gekleurde vonkjes, welke ontstaan door even zoo vele terugkaatsingen aan de oppervlakte dezer zeer dunne kristalletjes, die in gestadige beweging zijn.

268. Ik kan hier ten slotte de algemeen geldige waarschuwing niet achterwege laten, om, bij de duiding van door het mikroskoop waargenomen bewegingen, voorzigtig te wezen. Velen, en onder hen zelfs uitstekende waarnemers, zijn te zeer geneigd om elke beweging, die oogenschijnlijk zelfstandig is, als een karakter der dierlijkheid te beschouwen. Dit vloeit daaruit voort, dat men zich niet gemakkelijk kan losmaken van de voorstelling, welke men zich van de eerste jeugd af aan door de ongewapende zintuigen heeft eigen gemaakt, als of rust de kenmerkende toestand is van alle onbewerkte voorwerpen en der planten, zoolang zij niet aan den invloed van van buiten op hen werkende krachten zijn blootgesteld, terwijl wij daarentegen in de dierenwereld steeds voorwerpen zien, welke door inwendige in hen huisvestende krachten in gestadige beweging worden gebracht. Daar er echter, in den strengen zin des woords, geen volstrekt dood ligchaam bestaat, dat is zulk een, waarin geene inwendige krachten huisvesten, en, in hoe geringe mate dan ook, werkzaam zijn, zoo is eene volstrekte rust eene onmogelijkheid, en kan het dus geenszins verwonderen, dat, naar gelang wij onze zintuigen wapenen, wij daar beweging ontdekken,

waar wij zulks vroeger nimmer zouden vermoed hebben. Voor de zoogenaamde doode stof levert de moleculair-beweging hiervan een voorbeeld. Wat de planten betreft, zoo is beweging in hun binnenste evenzeer eene voorwaarde van hun bestaan, als bij de dieren. Zoodra de omzetting, de wisseling van bestanddeelen, de beweging der sappen in elke cel en van de eene cel naar de andere ophoudt, sterft het plantendeel, en dat ook bij planten nog andere bewegingen voorkomen, die van meer bijzondere oorzaken afhangen, en met de algemeene levensverrigtingen in geen noodzakelijk verband staan, is genoeg bekend. Bovendien hebben de onderzoekingen der laatste jaren ons geleerd, dat ook het vermogen der plaatsbeweging bij hen niet geheel ontbreekt. De sporidiën van vele algen zwemmen volkomen op dezelfde wijze in het water rond, als de tot de dieren gebrachte monaden, en hunne beweegorganen, zijn, even als bij dezen, kleine ciliën.

Een eigen kenmerk voor de dierlijke beweging aan te geven, zoodat elk waarnemer alleen daardoor plant en dier van elkander onderscheiden kan, acht ik onmogelijk. Wel is waar zullen weinigen, die b. v. de uiterst kleine slechts bij sterke vergrooting even zichtbare vibriones zien, welke in eiwithoudende vochten ontstaan, aarzelen, om deze voor diertjes te verklaren, alhoewel hunne kleinheid niet veroorlooft iets van inwendige organen te bespeuren. Doch men moet erkennen, dat dit minder uit eene wetenschappelijke, dan wel uit eene zedelijke overtuiging voortspruit; wij schrijven aan alle dieren eenen wil toe, en meenen nu in de waargenomen bewegingen de uitingen van dien wil te herkennen. Hoe onzeker hier elke bepaling wordt, en hoe geheel afhankelijk van de subjectieve opvatting des waarne-

mers, zal nauwlijks behoeven herinnerd te worden. Talloos zijn bovendien de gevallen, waar men in volkomen twijfel verkeert, welke zelfs, bij het te hulp roepen van alle andere onderscheidingsteekenen, niet wordt opgelost. Hier is het derhalve beter, zijn oordeel op te schorten, dan zich stellig over de plantaardige of dierlijke natuur van zulke voorwerpen te uiten, terwijl het welligt later overtuigend blijken zal, dat er geen eigenlijke grenzen bestaan tusschen de beide groote afdeelingen, waarin men, hoofdzakelijk slechts acht gevende op datgene, wat de waarneming met het bloote oog leert, gewoon is de organische natuur te splitsen.

Zoodra men het mikroskoop ter hand neemt, moet men er zich op voorbereiden, niet alleen vele zaken op eene andere wijze en onder andere omstandigheden te zullen zien, dan waaraan men bij het zien door het bloote oog gewoon is geraakt, maar ook, dat veel, wat, bij eenen meer beperkten gezigtskring, tot daartoe voor onomstootelijke waarheid heeft gegolden, naar mate die gezigtskring zich uitbreidt, en een grooter aantal van voorwerpen omvat, zal blijken vooroordeel en dwaling te zijn.

OVER DE GRENZEN DER MIKROSKOPISCHE WAARNEMING, VERGELEKEN
MET DIE VAN HET WAARNEMINGSVERMOGEN MET HET BLOOTE OOG.



269. **H**et is voor eene naauwkeurige kritiek van den graad van juistheid der uitkomsten uit eenig onderzoek afgeleid volstrekt noodig, dat men de grenzen kenne, tot welke de in toepassing gebragte handelwijze, of het aangewende werktuig, den onderzoeker in staat stelt door te dringen. De natuur- en sterrekundigen hebben dit sedert lang ingezien, en zijn gewoon, alvorens zij tot eenige bijzondere nasporing overgaan, de meetwerktuigen, welke zij daarbij willen gebruiken, naauwlettend te toetsen, opdat zij weten tot hoe verre de waargenomen verschijnselen met zekerheid als onafhankelijk van de gebreken des werktuigs kunnen beschouwd worden.

Maar ook bij zulke werktuigen, welker dienst hoofdzakelijk daarin bestaat, dat zij de werking der zintuigen te hulp komen, en voorwerpen en verschijnselen waarneembaar maken, die anders niet waarneembaar zouden zijn, moet een zorgvuldig onderzoek, een bestuderen van het werktuig zelve, voorafgaan, opdat de gebruiker deszelfs deugden en gebreken leere kennen, en tevens den graad van zekerheid beoordeelen, die de daarmede verrigte waarnemingen bezitten.

In het laatste hoofdstuk van het vorige deel, heb ik eenige voorschriften gegeven, hoe zulks bij een mikroskoop geschieden kan, en bepaaldelijk in de laatste § eene handelwijze

beschreven, om de uiterste grenzen der zichtbaarheid en onderscheidbaarheid van dioptrische beelden door een mikroskoop te bepalen. Het volgende bevat eene toepassing dier handelwijze, waarbij ik echter den lezer herinneren moet, dat zij slechts als een voorbeeld kan worden aangemerkt, hoe men het optisch vermogen van een mikroskoop, onder verschillende omstandigheden toetsen kan, maar, dat men uit de uitkomsten, verkregen met het door mij gebezigde werktuig, geenszins tot eenig algemeen besluit kan geraken, omtrent de grenzen van het optisch vermogen der mikroskopen in het algemeen. Ieder bezitter van een mikroskoop, die deze grenzen bij zijn werktuig wil kennen, is verplicht dezelve opzettelijk te bepalen, en zelfs is het gewaagd ten opzichte van werktuigen, die uit dezelfde werkplaats afkomstig zijn; tot gelijkheid in optisch vermogen te besluiten, dewijl elk objectiefstelsel eene afzonderlijke bearbeiding vereischt, en het eene gelukkiger uitvalt dan het andere.

270. Alvorens echter over te gaan tot het onderzoek naar de grenzen der mikroskopische waarneming, zij het mij geoorloofd hier nog iets tot aanvulling te voegen bij het vroeger (§ 78—96 Dl. I) gezegde, betreffende de grenzen der waarneembaarheid met het bloote oog.

Reeds heb ik doen opmerken (§ 96), dat de herkenning van elk voorwerp berust op het onderscheid, dat het netvlies ontwaart tusschen den indruk, dien het van het beeld ontvangt, en den algemeenen indruk, op deszelfs overige gedeelte. Er heeft eene tegenstelling plaats tusschen den algemeenen toestand van het netvlies of het beeld van het gezichtsveld, en den toestand van de plek, waar zich het beeld van het voorwerp vorint. Deze tegenstelling nu kan

van tweederlei aard zijn, en dien overeenkomstig kunnen alle gezichtsindrukken verdeeld worden in twee hoofdklassen, t. w.

1° *positieve*, dat is dezulke, waarbij het netvlies een waar lichtbeeld ontvangt, afkomstig van eenig lichtgevend of licht-terugkaatsend voorwerp, terwijl het omringende gezigtveld duister is, en

2° *negatieve*, waarbij het netvliesbeeld geen waar beeld, maar een schaduwbeeld is, dat zich op het verlichte netvlies afteekent, terwijl het gezigtveld zelve verlicht is.

De meeste gezichtsindrukken zijn, wel is waar, gemengde, dat is, zij bestaan uit eene vereeniging van positieve en negatieve gezichtsindrukken, doch beide kunnen ook afzonderlijk bestaan. Zoo verkrijgt het oog alleen positieve gezichtsindrukken bij het zien eener witte vlek of streep op eenen zwarten achtergrond van genoegzame uitgebreidheid, of van de maan en de sterren gedurende den nacht, enzv. Negatieve gezichtsindrukken komen, onder gewone omstandigheden, bij het gebruik van het bloote oog, zelden onvermengd voor, doch het zien door het mikroskoop, bij doorvallend licht, levert er genoegzame voorbeelden van, daar alsdan, gelijk in het vorige hoofdstuk uitvoeriger is aangetoond, de voorwerpen slechts daardoor waarneembaar worden, dat een gedeelte der lichtstralen, die tot verlichting van het gezigtveld dienen, niet tot het oog doordringen, hetzij uithoofde van de werkelijke ondoorschijnendheid dier voorwerpen, hetzij ten gevolge van de afwijking van hunnen oorspronkelijken weg, die de lichtstralen bij den doorgang der voorwerpen ondergaan.

Dat het, bij de bepaling der grenzen van het gezichtsvermogen, van belang is dit onderscheid in het oog te houden, blijkt genoegzaam uit het vroeger (§ 75) gezegde, ten aanzien van de uitwerking der irradiatie. Bij positieve

gezigtsindrukken zal deze eene buitenwaartsche uitbreiding van het netvliesbeeld zelve, derhalve eene vergrooting daarvan, te weeg brengen. Bij negatieve gezigtsindrukken zal juist het omgekeerde plaats grijpen, namelijk eene binnenwaartsche uitbreiding van het lichtbeeld van het gezigtveld over het schaduwbeeld van het voorwerp op het netvlies, en gevolglijk zal dit beeld kleiner en minder waarneembaar worden (verg. § 85). Overigens zal dit onderscheid door de mededeeling der volgende waarnemingen duidelijk genoeg in het oog vallen.

271. Deze waarnemingen zijn in het werk gesteld op de wijze, waarvan ik reeds vroeger (zie de noot onder bl. 78 Dl. I) met een woord melding heb gemaakt, namelijk door, in plaats van ware voorwerpen, derzelve dioptrische beelden aan te wenden. Om deze voor het onderhavige doel te vormen, heb ik mij bediend van aplanatische lenzenstelsels, en, — daar waar de brandpuntsafstand van dezen nog te groot was, om, zonder het voorwerp al te ver te verwijderen, het kleinst zichtbare beeld te doen ontstaan, — van zeer kleine glasbolletjes, van $\frac{1}{2}$ tot $\frac{1}{10}$ millim. in middellijn, welke in platinablik vastgesmolten, en, op de wijze eener gewone lens, in een koperen busje gevat waren. Ik voeg hier alleen bij, dat de gebruikte glasbolletjes, als vergrootglazen in een enkelvoudig mikroskoop aangewend, een bij uitstek zuiver beeld geven, hetwelk ter naauwernood onderdoet voor dat van een aplanatisch zamengesteld mikroskoop van gelijke vergrooting.

Het lenzenstelsel of het glasbolletje werd geplaatst in de opening der voorwerptafel van een gewoon zamengesteld mikroskoop, en het voorwerp op eenen zich daaronder bevin-

denden ring, welke op en neder kon bewogen worden. Vervolgens werden de glazen uit de buis van het mikroskoop genomen, en door de nu geheel ledige buis naar het beeld gezien, hetwelk vervolgens allengs kleiner en kleiner werd gemaakt, door den ring met het daarop geplaatste voorwerp te verwijderen.

Wanneer de grens der waarneembaarheid bereikt was, werd de mikroskoopbuis wederom voorzien van een objectief en een oculair, en dan, door middel van eenen oculairschroefmikrometer, de doormeter van het beeld gemeten, op gelijke wijze, als of zulks een voorwerp geweest ware.

Voor de verlichting kon hier niet, gelijk bij de vroeger medegedeelde waarnemingen, kunstlicht gebezigd worden, dewijl het beeld hiervan in gelijke verhouding met het beeld van het voorwerp, verkleind wordt, zoodat men daarmede nimmer een verlicht gezigtveld erlangt. Alle de waarnemingen zijn derhalve bij daglicht verrigt, en wel, tenzij het tegenovergestelde er opzettelijk is bijgevoegd, door den vlakken spiegel te keeren naar eene zooveel mogelijk gelijkmatig helder wit bewolkte lucht.

Voor mijn regter oog, welks duidelijkheidsafstand, gemeten met den optometer (zie A Dl. I bl. 71), is 162 millim., terwijl deszelfs accomodatievermogen toelaat (z. bl. 74) alle voorwerpen scherp te zien, welke zich op eenen afstand tusschen 100 millim. en 270 millim. van het hoornvlies bevinden, waren de uitkomsten de volgende:

| NEGATIEVE GEZIGTSINDRUKKEN. | | | |
|----------------------------------|-------------|--|-------------------------------|
| | Oogafstand. | Doormeter van het kleinste nog zichtbare beeld. | Kleinste gezigts- hoek. |
| Ronde voorwerpen. | 150 millim. | 28,5 <i>mmm</i> = $\frac{1}{35}$ millim. | 42",0. |
| | 170 " " | 54,6 " " $\frac{1}{21,5}$ " " | 59",7. |
| | 200 " " | 44,2 " " $\frac{1}{22,5}$ " " | 45",5. |
| | 250 " " | 50,5 " " $\frac{1}{19,8}$ " " | 40",1. |
| Draadvor- mige voorwerpen. | 150 " " | 2,45 " " $\frac{1}{408}$ " " | 5",6. |
| | 170 " " | 5,27 " " $\frac{1}{308}$ " " | 5",7. |
| | 250 " " | 4,80 " " $\frac{1}{209}$ " " | 5",8. |

Voor het geoorloofd is uit deze uitkomsten en de volgende eenig besluit te trekken, is het noodig te onderzoeken, in hoeverre de zichtbaarheidsgrenzen van dioptrische beelden overeenkomen met die van ware voorwerpen. De uitkomsten der vroeger in het werk gestelde waarnemingen (z. Dl. I Taf. I en II) zijn met de bovenstaande niet geheel vergelijkbaar, omdat toen alleen kunstlicht is aangewend. Ik heb daarom ook eenige bepalingen bij het licht eener wit bewolkte lucht verrigt, en daartoe zulke ronde voorwerpen (N°. 15, 15, 16, 17 en 18 der tafel op bl. 85) gekozen, welke zichtbaarheid nog geheel binnen de grenzen van het accomodatievermogen van mijn oog is gelegen. Overigens werd de waarneming op gelijke wijze bewerkstelligd, als vroeger is medegedeeld.

| Doormeter van het voorwerp. | Zigtbaar bij eenen oogafstand van: | Gezichts-hoek. |
|--|------------------------------------|----------------|
| 46,5 <i>mmm</i> = $\frac{1}{21,5}$ millim. | 218 millim. | 42",1. |
| 40,0 " " $\frac{1}{25}$ " | 205 " | 38",4. |
| 37,5 " " $\frac{1}{27}$ " | 187 " | 39",4. |
| 32,0 " " $\frac{1}{31,3}$ " | 165 " | 37",7. |
| 26,5 " " $\frac{1}{38,4}$ " | 142 " | 37",4. |

De vergelijking van de grootte der gezichtshoeken in het eene en in het andere geval doet zien, dat het onderscheid, tusschen de zichtbaarheid der aangewende dioptrische beelden en die van ware voorwerpen, hoogst gering is. Met dat al bestaat er eenig verschil, gelijk ook trouwens te verwachten is, omdat een dioptrisch beeld, zelfs een zoodanig, hetwelk door een uitstekend aplanatisch lenzenstelsel gevormd is, toch nog altijd eenigermate den invloed der beide aberratiën moet ondervinden. De gemiddelde kleinste gezichtshoek voor ronde voorwerpen, bij de genoemde verlichting, is 39"; voor de dioptrische beelden derzelfde voorwerpen bedraagt hij 41",5. De verhouding der zichtbaarheid van de laatsten tot die der eersten is dus als 1:0,95, en ofschoon, uithoofde van het te gering getal waarnemingen, het cijfer dezer verhouding niet volstrekt nauwkeurig is te achten, zoo is het echter voldoende, om aan te toonen, dat men, de grens der waarneembaarheid van zulk een beeld bereikt hebbende, ook zeer nabij aan die der zichtbaarheid van een waar voorwerp van gelijke grootte is gekomen.

272. Voor het bepalen van de grenzen der waarneem-

baarheid van positieve gezichtsindrukken werden zwart gemaakte koperen plaatjes aangewend, voorzien hetzij van eene ronde opening, hetzij van eene spleet. Verders werd hier alle van buiten komend licht zorgvuldig afgesloten, door middel van doelmatig aangebrachte kokers en een om het hoofd gehangen scherm. Overigens geschiedde de bepaling op dezelfde boven beschreven wijze.

| POSITIEVE GEZIGTSINDRUKKEN. | | | |
|---|---|------------------------|---|
| Oogafstand. | Doormeter van het nog even zichtbare beeld. | Kleinste gezichtshoek. | Aard van het door de opening vallend licht. |
| 170 millim. | 8,10 mm = $\frac{1}{124}$ millim. | 9", 29. | Donkere betrokken lucht. |
| Ronde opening. $\left. \begin{array}{l} 193 \\ 230 \\ 278 \end{array} \right\}$ | 1,08 " " $\frac{1}{525}$ " | 1", 08. | Schitterend witte wolk. |
| " " " " | 11,90 " " $\frac{1}{84}$ " | 9", 46. | Donkere betrokken lucht. |
| " " " " | 0,88 " " $\frac{1}{137}$ " | 0", 89. | Sterk zonlicht. |
| Spleet. $\left. \begin{array}{l} 160 \\ 160 \end{array} \right\}$ | 0,250 " " $\frac{1}{435}$ " | 0", 28. | Graauwachtige lucht. |
| " " " " | 0,096 " " $\frac{1}{10438}$ " | 0", 15. | Sterk zonlicht. |

Reeds dadelijk valt hier het groote verschil in het oog, hetwelk het gevolg is van het door de opening vallend licht. Het beeld eener opening, waardoor zonlicht binnentreedt, wordt onder eenen 11 maal kleineren gezigtshoek gezien, en kan dus ook 11 maal kleiner zijn, om nog zichtbaar te blijven, dan dat van zulk eene, welke naar eene donkere betrokken lucht is gekeerd.

Verders blijkt hieruit, hoe groot het onderscheid is in zichtbaarheid tusschen de positieve en de negatieve gezigtsindrukken. De gezigtshoek, waaronder eene opening nog gezien wordt, bij het zwakke licht van eene donkere betrokken lucht, is 4—5 maal kleiner dan die, welke vereischt wordt voor de zichtbaarheid van een ondoorschijnend voorwerp op eenen verlichten achtergrond. Maar, zoodra er zonlicht door de opening treedt, dan kan de gezigtshoek 50 maal kleiner zijn.

Inderdaad volgt uit deze waarnemingen, dat, terwijl bij negatieve gezigtsindrukken de waarneembaarheid grootendeels afhangt van de grootte en den afstand van het voorwerp, hetwelk den indruk te weeg brengt, bij positieve gezigtsindrukken daarentegen deze grootte en afstand slechts weinig in aanmerking komen, maar dat de zichtbaarheid hier voornamelijk bepaald wordt door de intensiteit van het licht, hetwelk van het voorwerp uitstraalt. Het kan nu ook niet verwonderen, dat sterren, wier gezigtshoek minder dan 1" bedraagt, aan den hemel herkend worden, dewijl ook eene opening, waardoor zonlicht straalt, onder eenen merkelyk geringeren hoek nog gezien zoude worden.

275. Ook omtrent de *onderscheidbaarheid der gezigtsindrukken* zijn in het vroegere hiertoe betrekkelijke hoofdstuk (§ 95 Dl. I) reeds eenige opmerkingen en daarover in het werk gestelde waarnemingen medegedeeld. De volgende mogen hier nog eene plaats vinden.

De eerste van deze zijn verrigt, door een draadnet (koper-gaas) als voorwerp te bezigen, waarvan de doormeter der draden tot die der tusschenruimte staat als 1:1,58.

Voor de tweede diende een zwart gemaakt plaatje met twee even groote ronde openingen, op eenen onderlingen afstand geplaatst, die juist het dubbele bedroeg van den doormeter van elke opening.

| ONDSCHIEDBAARHEID DEN MAZEN IN EEN DRAADNET. | | | | | |
|---|--|---|--------------------------|------------------|--|
| Doormeter van het nog even zichtbare beeld der Draden. | | | Kleinste gezigtshoek der | | |
| Oogafstand. | Draden. | Tusschenruimten. | Draden. | Tusschenruimten. | |
| 170 millim. | 26,2 <i>mm</i> = $\frac{1}{2},2$ millim. | 41,4 <i>mm</i> = $\frac{1}{2},1$ millim. | 50",0. | 47",4. | |
| 250 " | 58,5 " = $\frac{1}{2},1$ " | 60,5 " = $\frac{1}{2},3$ " | 50",4. | 48",0. | |
| ONDSCHIEDBAARHEID VAN TWEE RONDE OPENINGEN. | | | | | |
| Doormeter van het nog even zichtbare beeld der Openingen. | | | Kleinste gezigtshoek der | | |
| Oogafstand. | Openingen. | Tusschenruimten. | Openingen. | Tusschenruimten. | |
| 170 millim. | 55,8 <i>mm</i> = $\frac{1}{2},8$ millim. | 107,6 <i>mm</i> = $\frac{1}{2},3$ millim. | 61",7. | 125",4. | |
| 250 " | 74,6 " = $\frac{1}{2},4$ " | 149,5 " = $\frac{1}{2},7$ " | 59",2. | 118",4. | |

Uit de vergelijking dezer waarnemingen volgt, dat, indien positieve en negatieve gezichtsindrukken elkander afwisselen, zonder dat noch de eene noch de andere soort een sterk overwigt heeft, zij veel gemakkelijker van elkander onderscheiden worden, dan twee positieve gezichtsindrukken alleen. Dit verklaart zich gereedelijk door de sterke irradiatie en de ineenmelting der lichtbeelden, welke het gevolg is van de verhoogde gevoeligheid van het netvlies bij een overigens geheel zwart gezigtveld. Dat deze onderscheidbaarheid nog verminderen zoude door versterking van het doorvallend licht, is te duidelijk, dan dat het noodig zoude zijn dit door opzettelijk in het werk gestelde waarnemingen aan te toonen. De dubbelsterren, welke volkomen denzelfden gezichtsindruk te weeg brengen, als de bovengenoemde beeldjes van twee ronde openingen waardoor licht valt, leveren hiervan genoegzame voorbeelden op. In ϵ en δ *Lyrae*, welke $5'27''$ van elkander afstaan, herkent het scherpste oog slechts eene enkele ster. De twee met α *Capricorni* aangeduide sterren staan op $6',50''$ van elkander af, en zijn alleen voor zeer goede oogen als vaneen gescheiden zichtbaar. Zelfs wordt het kleine sterretje, dat nabij ζ van den grooten beer staat, en er $11'$ van verwijderd is, slechts zelden in onze luchtstreek gezien (1).

274. De vraag naar de grenzen van het gezichtsvermogen sluit ook nog eene andere in zich, namelijk: welke zijn de kleinste voorwerpen, wier *vorm* nog met zekerheid kan herkend worden? De volgende waarnemingen mogen deze vraag beantwoorden ten opzichte der onderscheiding van den vorm

(1) Mädler, *Astronomie*. s. 447.

van ondoorschijnende vierkante voorwerpen op eenen verlichten achtergrond.

| Oogafstand. | Herkenbaarheid van den vierkanten vorm bij eenen doormeter van: | Gezigtshoek. |
|-------------|---|--------------|
| 170 millim. | 170 <i>mm</i> = $\frac{1}{3,7}$ millim. | 206" |
| 250 » | 266 » » $\frac{1}{3,8}$ » | 212". |

Vergelijken wij deze uitkomsten met die, verkregen voor de grenzen der zigbaarheid van ronde voorwerpen (bl. 79), dan blijkt, dat reeds lang, voordat een voorwerp ophoudt zigbaar te wezen, deszelfs vorm niet meer kan herkend worden. In het geval van vierkante voorwerpen, moeten deze ongeveer 5 maal grooter zijn, dan noodig is, om hen alleen te zien. Dat andere voorwerpen, wier vorm meer veelhoekig is, nog moeilijker dan vierkante, van ronde voorwerpen onderscheiden kunnen worden, behoeft geene nadere aanwijzing, daar men in het algemeen als regel stellen kan, dat een voorwerp des te grooter moet zijn, om met zekerheid over deszelfs vorm te oordeelen, naar mate de oppervlakte, die naar het oog gekeerd is, een grooter getal hoeken en zijden heeft.

275. Wenden wij ons thans tot het onderzoek naar de grenzen der mikroskopische waarneming.

Omtrent de hierbij door mij gevolgde handelwijze, verwijs ik den lezer naar de reeds genoemde § 227 Dl. I. Het mikroskoop, waarmede deze waarnemingen zijn in het werk gesteld, is een door Amici in 1853 vervaardigd. (1). Bij

(1) Ofschoon dit mikroskoop een uitstekend werktuig is, vooral indien men den tijd der vervaardiging in acht neemt, zoo mag ik echter niet nalaten hier bij te voegen, dat er in den laatsten tijd, bepaaldelijk ook

hetzelve behooren tien achromatische dubbellenzen, welke tot verscheidene combinatiën kunnen vereenigd worden, waarvan er vier voor het onderzoek zijn aangewend. De brandpuntsafstanden dezer stelsels, of liever van hunne aequivalente lenzen, bepaald op de in § 116 Dl. I beschreven wijze, bedragen:

| | | |
|---------------------|-------|---------|
| N ^o . 1. | 28,00 | millim. |
| » 2. | 8,86 | » |
| » 3. | 6,89 | » |
| » 4. | 5,87 | » |

Verders behooren er vijf oculairen bij, van welke ik echter het sterkst vergrootende, om redenen, die weldra zullen blijken, geheel ongebruikt heb gelaten, daarentegen een oculair van een Dollondsch mikroskoop bezigende, hetwelk merkelyk zwakker, dan een der Amicische oculairen is. Dit Dollondsch oculair N^o. 1 noemende, volgen de nommers der Amicische oculairen naar hunne vergrooting.

Voor de verlichting is steeds gebruik gemaakt van den vlakken spiegel, dewijl, door de concentratie der lichtstralen in het beeld van het zich in den spiegel weerkaatsende gedeelte des hemels, het gezigtveld en het voorwerp daarmede altijd voldoende verlicht is, zelfs voor de sterkste vergrootingen. Het voor negatieve gezigtsindrukken gebezigde licht was steeds dat, hetwelk van eene zooveel mogelijk gelijkmatig dun wit bewolkte lucht uitstraalt. Van hoeveel belang het is, voor de juistheid en vergelijkbaarheid der uitkomsten, dat de verlichting steeds dezelfde zij, zal nader blijken. Ook

door Amici zelve, nog sterkere objectiefstelsels zijn vervaardigd, welke ongetwijfeld veroorlooven de waarneembaarheidsgrenzen nog iets verder uit te breiden. Ik verwacht binnen kort zulk een nieuw mikroskoop van Amici, en zal derhalve gelegenheid hebben, in de laatste afdeeling van dit werk, de uitkomsten van het daarmede in het werk gesteld onderzoek mede te deelen.

kan ik niet nalaten hier bij te voegen, dat, hoewel ik zoo-
 veel mogelijk getracht heb deze gelijkmatigheid der verlich-
 ting te bereiken, de onbestendigheid des hemels zulks ech-
 ter hoogst moeilijk maakt, zoodat ik dan ook daaraan groot-
 tendeels de onregelmatigheden toeschrijf, die, in weerwil
 van alle genomen voorzorgen, toch nog in de uitkomsten
 merkbaar zijn. Kunstlicht kan, om vroeger vermelde reden-
 nen, bij dergelijke waarnemingen, niet worden gebezigd.

| | | NEGATIEVE GEZIGTSINDRUKKEN. | |
|---------------------|---------------|--|---|
| | | Doormeter van het kleinste nog zichtbare beeld van | |
| | | Ronde voorwerpen. | |
| | | Draadvormige voorwerpen. | |
| Lenzen- stelsel. | Ocu- lair. | | |
| | | Vergroo- ting. | |
| N°. 1. | 1. | 50. | 2,415 <i>mm</i> = $\frac{4}{14}$ millim. |
| " " | 2. | 90. | 1,640 " " $\frac{1}{10}$ " " |
| " " | 3. | 117. | 1,440 " " $\frac{1}{10}$ " " |
| " " | 4. | 154. | 0,492 " " $\frac{1}{20}$ " " |
| " " | 5. | 277. | 0,421 " " $\frac{1}{24}$ " " |
| " " | 1. | 562. | 0,400 " " $\frac{1}{25}$ " " |
| " " | 2. | 906. | 0,582 " " $\frac{1}{17}$ " " |
| " " | 3. | 571. | 0,547 " " $\frac{1}{18}$ " " |
| " " | 4. | 484. | 0,552 " " $\frac{1}{18}$ " " |
| " " | 5. | 608. | 0,480 " " $\frac{1}{21}$ " " |
| " " | 1. | 574. | 0,246 " " $\frac{1}{41}$ " " |
| " " | 2. | 675. | 0,261 " " $\frac{1}{38}$ " " |
| " " | 3. | 877. | 0,249 " " $\frac{1}{41}$ " " |
| " " | 4. | 1122. | 0,536 " " $\frac{1}{18}$ " " |
| " " | 5. | 1850. | 0,555 " " $\frac{1}{18}$ " " |
| | | | 0,194 <i>mm</i> = $\frac{1}{515}$ millim. |
| | | | 0,049 " " $\frac{1}{2050}$ " " |
| | | | 0,056 " " $\frac{1}{1780}$ " " |
| | | | 0,027 " " $\frac{1}{3700}$ " " |
| | | | 0,065 " " $\frac{1}{1540}$ " " |
| | | | 0,059 " " $\frac{1}{1700}$ " " |

Reeds de oppervlakkigste inzage dezer uitkomsten leert dadelijk, dat het eigenlijk optisch vermogen van een mikroskoop nagenoeg alleen in de objectiefstelsels berust, en dat de versterking der vergrooting, door middel der oculairen, dit vermogen weinig of niet vermeedert. Het blijkt echter tevens, dat sterkere oculairen bij de zwakkere objectiefstelsels nog eenig voordeel aanbrengeu, doch dat daarentegen bij het sterkste der objectiefstelsels het optisch vermogen reeds met het zwakste der oculairen en eene 574 malige vergrooting deszelfs toppunt bereikt heeft, zoodat men bij eene vermeerdering der vergrooting, door aanwending van sterker oculairen, niet alleen niets wint, maar de zichtbaarheid der voorwerpen zelfs afneemt.

Deze tafel levert dus het beste bewijs voor het reeds meermalen aangemerkte, dat namelijk, wel verre dat het optisch vermogen van een mikroskoop van gelijke beteekenis zoude zijn met deszelfs vergrootend vermogen, het eerste integendeel van het laatste bijna geheel onafhankelijk is.

Bij de onderlinge vergelijking der uitkomsten, verkregen met ronde en met lange voorwerpen, blijkt, dat de verhouding hunner zichtbaarheid nagenoeg dezelfde is, als bij de waarneming met het bloote oog, namelijk ongeveer als 1:10.

276. Daar de waarneembaarheid van positieve gezichtsindrukken, gelijk boven is gebleken, grootendeels alleen afhangt van de intensiteit van het licht, hetwelk van de voorwerpen uitstraalt, zoo hebben ook bepalingen van de grenzen hunner zichtbaarheid, voor zoo ver de grootte der voorwerpen daarbij in aanmerking genomen wordt, minder waarde. Echter moge de mededeeling der volgende waarnemingen hier eene plaats vinden. Zij zijn verrigt bij het licht van eene donkere betrokken lucht en regenachtig weder.

| POSITIEVE GEZIGTSINDRUKKEN. | | | | | |
|---|---------------------|-------------------|---|--|--|
| Doormeter van het nog zichtbare beeld eener | | | | | |
| | | | Ronde opening. | Spleet. | |
| Lenzen- stelsel. | Ocu- lair. | Vergroo- ting. | | | |
| N ^o . 1. | N ^o . 1. | 50. | 0,502 <i>mm</i> = $\frac{1}{199}$ millim. | 0,0552 <i>mm</i> = $\frac{1}{181}$ millim. | |
| 2. | 2. | 154. | 0,150 " " $\frac{1}{666}$ " " | 0,0177 " " $\frac{1}{565}$ " " | |
| 3. | 3. | 206. | 0,105 " " $\frac{1}{952}$ " " | | |
| 4. | 4. | 574. | 0,098 " " $\frac{1}{1020}$ " " | | |

Men ziet, dat, in weerwil der hoogst ongunstige omstandigheden, waarbij slechts een zeer zwak licht door de opening viel, de positieve gezichtsindrukken veel waarneembaarder zijn dan negatieve, even als zulks bij het zien met het bloote oog reeds is opgemerkt. Dat bovendien deze cijfers bij lange na niet de uiterste grenzen van zichtbaarheid uitdrukken, volgt uit de vergelijking met de door het bloote

oog in het werk gestelde waarnemingen, waaruit blijkt, dat eene opening, waardoor zonlicht valt, 11 maal kleiner kan zijn, dan zulk eene, die naar eene donkere betrokken lucht is toegekeerd. Indien nu, hetgeen waarschijnlijk is, deze zelfde verhouding ook bij de mikroskopische waarneming plaats grijpt, dan zoude, bij eene 574 malige vergrooting, nog eene ronde opening van minder dan $\frac{1}{110000}$ millim., bij doorvallend zonlicht, kunnen gezien worden.

Inderdaad is het mij niet gelukt ronde positieve lichtbeeldjes te vormen, die zoo verkleind waren, dat bij doorvallend zonlicht de zichtbaarheidsgrenzen bereikt werden, en dit is ook de oorzaak, dat in de laatste kolom de zichtbaarheidsgrenzen eener spleet, bij zwak doorvallend licht, voor de beide sterkere vergrootingen, zijn oningevuld gebleven. Uit de vergelijking met de cijfers in de vorige kolom volgt echter, dat eene spleet 8—9 maal zichtbaarder is dan eene ronde opening, zoodat men dus veilig mag aannemen, dat bij de 574 malige vergrooting het beeld eener spleet van $\frac{1}{80000}$ millim. bij het zwakke licht, dat hier is aangewend, nog zichtbaar zoude wezen; en indien wij hier wederom stellen, dat bij het doorlaten van zonlicht de waarneembaarheid 11 maal grooter wordt, dan zoude daarbij eene spleet van minder dan $\frac{1}{880000}$ millim. nog kunnen worden herkend.

277. Ter bepaling van de *onderscheidbaarheid der gezichtsindrukken door het mikroskoop* heb ik dezelfde middelen aangewend, als vroeger voor het bloote oog, t. w. een draadnet, en twee ronde openingen in een zwart gemaakt plaatje. Het licht was, gelijk vroeger, dat eener wit bewolkte lucht. De verkregen uitkomsten zijn de volgende:

| ONDSCHIEDBAARHEID DER MAZEN IN EEN DRAADNET. | | | |
|---|--------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Doormeter der beelden van de nog even onderscheidbare Draden. | | | |
| | | Tusschenruimten. | |
| N ^o . | Vergrouting. | Draden. | Tusschenruimten. |
| N ^o . 1. | 50. | 0,970 mm = $\frac{1}{1030}$ millim. | 1,552 mm = $\frac{1}{653}$ millim. |
| " " | 90. | 0,921 " " | 1,455 " " |
| " " | 117. | 0,918 " " | 1,430 " " |
| " " | 154. | 0,549 " " | 0,551 " " |
| " " | 277. | 0,529 " " | 0,520 " " |
| " " | 569. | 0,556 " " | 0,551 " " |
| " " | 206. | 0,295 " " | 0,465 " " |
| " " | 571. | 0,288 " " | 0,455 " " |
| " " | 484. | 0,501 " " | 0,476 " " |
| " " | 574. | 0,287 " " | 0,414 " " |
| " " | 675. | 0,274 " " | 0,455 " " |
| " " | 877. | 0,267 " " | 0,422 " " |
| N ^o . 1. | 1. | | |
| " " | 2. | | |
| " " | 3. | | |
| " " | 4. | | |
| " " | 5. | | |
| " " | 1. | | |
| " " | 2. | | |
| " " | 3. | | |
| " " | 4. | | |
| " " | 5. | | |

Deze tafel toont aan, dat, even als ten opzichte van de zichtbaarheids grenzen is aangewezen, het ook ten aanzien der onderscheidbaarheids grenzen geldt, dat de versterking der vergrooting door middel der oculairen slechts weinig voordeel aanbrengt.

Iets grooter schijnt het nut van sterker oculairen te zijn ter onderscheiding van twee positieve gezichtsindrukken, gelijk uit de volgende tafel schijnt te blijken.

| ONDSCHIEDBAARHEID VAN TWEE RONDE OPENINGEN. | | | | | |
|---|---------------|-------------------|---|------------------------|-----------------|
| Lenzen- stelsel. | Ocu- lair. | Vergroo- ting. | Doormeter der beelden van de nog even zichtbare Openingen. | | Tuschenruimten. |
| | | | | | |
| N°. 1. | 1. | 50. | 1,175 | $\frac{1}{27}$ mm = | 2,550 |
| " " | 2. | 90. | 0,895 | $\frac{1}{31}$ millim. | 1,790 |
| " " | 5. | 117. | 0,855 | $\frac{1}{37}$ " | 1,670 |
| " 2. | 1. | 154. | 0,544 | $\frac{1}{29}$ " | 0,688 |
| " " | 2. | 277. | 0,519 | $\frac{1}{31}$ " | 0,658 |
| " " | 5. | 562. | 0,294 | $\frac{1}{40}$ " | 0,588 |
| " " | 2. | 906. | 0,501 | $\frac{1}{33}$ " | 0,601 |
| " 5. | 1. | 206. | 0,298 | $\frac{1}{33}$ " | 0,597 |
| " " | 2. | 571. | 0,295 | $\frac{1}{34}$ " | 0,585 |
| " " | 5. | 484. | 0,510 | $\frac{1}{31}$ " | 0,620 |
| " 4. | 1. | 574. | 0,294 | $\frac{1}{34}$ " | 0,587 |
| " " | 2. | 675. | 0,299 | $\frac{1}{34}$ " | 0,585 |
| " " | 5. | 877. | 0,299 | $\frac{1}{35}$ " | 0,585 |

Echter bieden de hier opgeteekende uitkomsten verscheidene onregelmatigheden aan, die gemakkelijk verklaard worden door den grooten invloed, welke de allergeingste verandering in het doervallend licht moet hebben, doch om welke reden zij tevens te onzeker zijn, om er eenig stellig besluit uit af te leiden. Alleenlijk is het duidelijk, dat, even als bij het zien met het bloote oog, zoo ook bij de mikros-

kopische waarneming, twee positieve gezichtsindrukken moeilijker onderscheiden worden, dan indien vele positieve en negatieve gezichtsindrukken elkander afwisselen. Het zal straks evenwel blijken, dat hier eenig voordeel aan de zijde der mikroskopische waarneming is.

278. Eindelijk is het ook de *herkenbaarheid van den vorm* der lichamen door het mikroskoop, welke in aanmerking komt. Ter bepaling der grenzen hiervan zijn de volgende waarnemingen in het werk gesteld.

| | | HERKENBAARHEID VAN DEN VIERKANTEN VORM. | | | | Verhouding tusschen de zichtbaarheid en de herkenbaarheid van den vorm. | |
|------------------|----------------|---|---------------|--|------------------------------------|---|---------|
| N ^o . | Lenzenstelsel. | Oculair. | Vergroo-ting. | Doormeter van het nog als vierkant herkenbare beeld. | $\frac{\text{mm}}{\text{millim.}}$ | | |
| " | " | 1. | 30. | 7,000 | $\frac{1}{15}$ | " | 1:2,89. |
| " | " | 2. | 90. | 4,648 | $\frac{1}{17}$ | " | 1:5,25. |
| " | " | 3. | 117. | 4,165 | $\frac{1}{17}$ | " | 1:2,84. |
| " | " | 4. | 134. | 1,870 | $\frac{1}{35}$ | " | 1:5,80. |
| " | " | 5. | 277. | 1,532 | $\frac{1}{32}$ | " | 1:5,21. |
| " | " | 1. | 562. | 1,280 | $\frac{1}{58}$ | " | 1:5,20. |
| " | " | 2. | 206. | 1,520 | $\frac{1}{58}$ | " | 1:4,52. |
| " | " | 3. | 571. | 1,035 | $\frac{1}{50}$ | " | 1:5,05. |
| " | " | 4. | 484. | 0,909 | $\frac{1}{50}$ | " | 1:2,74. |
| " | " | 5. | 608. | 0,893 | $\frac{1}{50}$ | " | 1:1,87. |
| " | " | 1. | 574. | 0,981 | $\frac{1}{50}$ | " | 1:4,00. |
| " | " | 2. | 675. | 0,800 | $\frac{1}{50}$ | " | 1:5,06. |
| " | " | 3. | 877. | 0,765 | $\frac{1}{50}$ | " | 1:5,07. |
| " | " | 4. | 1122. | 0,728 | $\frac{1}{50}$ | " | 1:2,05. |
| " | " | 5. | 1850. | 0,750 | $\frac{1}{53}$ | " | 1:2,28. |

Deze cijfers wijzen aan, dat de herkenbaarheid van den vorm niet geheel dezelfde regelen volgt, als de enkele zichtbaarheid der voorwerpen. Terwijl namelijk de grenzen dezer laatste weinig of niets worden uitgebreid, bij de versterking der vergrooting door middel der oculairen, is het hier daarentegen duidelijk, dat, voor het bepaalde doel, om over de gedaante der lichamen te oordeelen, zulk eene versterking werkelijk nuttig is. Van daar de groote verschillen tusschen de verhoudingscijfers, in de laatste kolom bevat, waarbij men, op weinige uitzonderingen na, zal opmerken, dat de grenzen der herkenbaarheid van den vorm het meest nabij komen aan die der zichtbaarheid, naar gelang een sterker oculair is gebezigd. Dat echter ook hier een zekere grens bestaat, welke niet met voordeel wordt overgeschreden, bewijst de daadzaak, dat, bij eene 1850 malige vergrooting (met oculair N°. 3), het beeld, waarvan de vorm nog herkenbaar was, grooter moest wezen dan bij eene 1120 malige (met oculair N°. 4). Deze laatste vergrooting is dus de sterkste, welke, bij het mikroskoop, dat voor dit onderzoek gediend heeft, immer, onder eenige omstandigheid, nog met vrucht kan worden aangewend, terwijl men in verreweg de meeste gevallen, waar het alleen op zien en onderscheiden aankomt, met veel geringere vergrootingen volstaan kan.

279. In het voorgaande zijn al de gronden bevat, die noodig zijn tot eene vergelijking van het eigenlijk optisch vermogen van het gebruikte mikroskoop met dat van het bloote oog. Het spreekt van zelf, dat men bij deze vergelijking moet uitgaan van denzelfden algemeenen duidelijkheidsafstand, voor welken de vergrootingen berekend zijn, te weten 25 cen-

timeters. Onder elk der groepen van met het bloote oog in het werk gestelde en vroeger (bl. 85 en verv.) medegedeelde waarnemingen, is er telkens eene, welke op dien afstand is verrigt, en het is deze, welke tot grondslag is gelegd der berekeningen, waarvan de uitkomsten in de bijgevoegde tafel zijn bevat.

Deze is op de volgende wijze zamengesteld. Het cijfer der werkelijke versterking van het optisch vermogen is verkregen: door den doormeter van het bij eene zekere vergroo-ting nog zichtbare beeld te deelen in den doormeter van het beeld, dat met het bloote oog, op genoemden afstand, nog kan gezien worden; terwijl het cijfer van het verlies, of, zooals in eenige weinige gevallen plaats heeft, dat van de winst, niets anders uitdrukt, dan de verhouding tusschen de werkelijke versterking en de aangewende vergroo-ting, en verkregen is, door het cijfer der eerste af te trekken van het laatste (of omgekeerd), en het overschot, uitdrukkende de volstreckte waarde van het verlies of van de winst, te deelen door het vergrootingscijfer, om de betrekkelijke waarde te vinden. Duidelijkheidshalve voeg ik hier als voorbeeld de berekening van de eerste getallen in de tafel bij.

Het kleinste nog, op 25 centim. oogafstand, zichtbare ronde voorwerp heeft eenen doormeter van 50,5 *mm*. Bij eene 50 malige vergroo-ting kan nog een zoodanig ligchaampje gezien worden van 2,415 *mm*. De werkelijke versterking van het optisch vermogen is dus $= \frac{50,5}{2,415} = 20,9$, en het betrekkelijk verlies $= \frac{50 - 20,9}{50} = 0,58$ van het vergroo-tingscijfer.

Uit de kolommen der tafel blijkt: hoe, op ééne uitzonde-

ring na, er bij het zien door het mikroskoop, in verhouding tot het zien met het bloote oog, altijd een meer of minder aanmerkelijk verlies plaatst heeft. Dit toont aan, hoe ver het mikroskoop nog is van de optische volkomenheid van het oog te hebben bereikt. Verders leeren deze cijfers, dat de versterking van het optisch vermogen van het oog, door gelijke combinatiën van objectieven en oculairen, geenszins onder verschillende omstandigheden altijd gelijk blijft, zoodat men b. v. die voor de zichtbaarheid van negatieve gezichtsindrukken kennende, daaruit tot die voor de overige gevallen zoude kunnen besluiten. Integendeel is het duidelijk dat de drie deelen, waarin men het optisch vermogen splitsen kan, t. w. het *zichtbaar makend vermogen*, het *onderscheidbaar makend vermogen*, en het *den vorm herkenbaar makend vermogen* geenszins gelijken tred houden, ja zelfs bestaat er een klaarblijkelijk verschil tusschen de versterking van het onderscheidbaar makend vermogen voor de mazen in een draadnet en dat voor twee ronde openingen.

Gedeeltelijk hangen deze verschillen af van den aard van het hier gebezigde werktuig. Zoo blijkt b. v. dat, waar het de enkele zichtbaarheid geldt, de objectiefstelsels, voor zoo ver hun aandeel in het optisch vermogen betreft, aldus op elkander in rangorde moeten volgen: 5, 2, 1, 4. Bij het eerste is het verlies het geringst, bij het laatste het grootst. Rangschikken wij dezelve naar hun onderscheidbaar makend vermogen, dan volgen zij als 1, 2, 5, 4. Dit verschil is in het wezen der zaak hetzelfde, als hetgeen reeds vroeger (Dl. I § 209 en verv.) is aangewezen te bestaan tusschen het doordringend en het begrenzend vermogen, welke ook geenszins noodzakelijk gelijken tred behoeven te houden. De enkele zichtbaarheid van de voorwerpen hangt af van het eerste, hunne

onderscheidbaarheid van het laatste. Onder de gebruikte objectiefstelsels bezit dus N°. 5 het grootste doordringend, N°. 4 het grootste begrenzend vermogen.

De doorlopende verschillen echter, welke tusschen geheele kolommen worden opgemerkt, kunnen niet aan den aard van het werktuig worden toegeschreven, maar ontstaan uit algemeene, ook voor andere werktuigen geldige, oorzaken. Zonder bij de geringere verschillen stil te staan, die niet stellig als onafhankelijk van de bij deze waarnemingen onvermijdelijke fouten kunnen beschouwd worden, vestig ik de aandacht inzonderheid op de uitkomsten betreffende het onderscheidbaar maken van twee ronde openingen in een overigens donker gezichtsveld. Hier vindt de op den eersten blik zonderling schijnende omstandigheid plaats, dat er in verscheidene gevallen, namelijk bij de combinatiën der drie zwakste objectiefstelsels met het zwakste oculair, niet alleen geen verlies, maar zelfs eene overwinst boven het vergrootingscijfer wordt opgemerkt. De verklaring hiervan is echter zeer eenvoudig, en het verschijnsel sluit zich aan de den sterrekundigen welbekende daadzaak, dat de irradiatie der sterren, door eenen kijker gezien, merkkelijk geringer is dan bij hunne beschouwing met het bloote oog, terwijl ook reeds Plateau (1) heeft aangetoond, dat door vergrootglazen in het algemeen de irradiatie verminderd wordt. Daar nu twee zoodanige openingen des te gemakkelijker zullen kunnen onderscheiden worden, hoe grooter de ruimte is tusschen de twee beelden op het netvlies, welke geen lichtindruk ondervindt, zoo is het blijkbaar, dat alleen aan deze, door het mikroskoop te weeg gebragte, vermindering der irradi-

(1) Poggend. *Ann. Ergänzungsband*, I. s. 433.

tie, de gunstige hier opgemerkte verhouding moet worden toegeschreven. Intusschen blijft, in weerwil dezer gunstige verhouding, het onderscheiden van twee positieve gezigtsindrukken nog altijd moeilijker, dan het onderscheiden van elkander afwisselende positieve en negatieve gezigtsindrukken, die onderling weinig in uitgebreidheid verschillen, gelijk uit de tafels op bl. 95 en 94 blijkt.

Herleiden wij de kleinste nog door het mikroskoop waarneembare tusschenruimten tot den daaraan beantwoordenden gezigtshock, dan verkrijgen wij de volgende uitkomsten:

- Voor eene donkere ruimte in een stelsel van elkander afwisselende draden en tusschenruimten. 0'',2;
 Voor eene heldere tusschenruimte in een zoodanig stelsel. 0'',5.
 Voor de donkere ruimte tusschen twee lichtbeelden. . 0'',4.

Struve bevond, dat met den refractor te Dorpat, bij eene 1000 malige vergrooting, en onder begunstigende omstandigheden, nog eene dubbelster als zoodanig kan herkend worden, welker sterren op 0'',5 afstand van elkander staan. Men ziet dus, dat de grenzen van het onderscheidend vermogen dezer beide elkander na verwante werktuigen, tamelijk gelijk zijn. (1)

(1) Nadat de vorige bladen reeds waren afgedrukt, heb ik het nieuwe mikroskoop van Amici ontvangen, waarvan op bl. 85 in de aantekening gewag is gemaakt. Daar ik reden heb om te gelooven, dat dit mikroskoop door geen, onder de thans bestaande, in optisch vermogen overtroffen wordt, zoo meen ik hier nog kortelijk de uitkomsten te moeten mededeelen van het onderzoek met een der sterkste daarbij behoorende objectiefstelsels in het werk gesteld; een meer volledig verslag over het geheele werktuig voor de laatste afdeeling besparende.

De brandpuntsafstand der aequivalente lens van dit objectiefstelsel bedraagt 2,67 millim., en de vergrooting, die het boven door No. 1 aangeduide oculair daarmede geeft, is 558 maal, terwijl die van het sterkste objectiefstelsel van het oudere Amici'sche mikroskoop daarmede, bij gelijke buislengte, slechts 374 maal bedraagt. In de volgende tafeltjes is dit oculair door D aangeduid, terwijl van de drie bij het mikroskoop behoo-

280. De tot hiertoe medegedeelde uitkomsten betreffen alleen de grenzen van het optisch vermogen van het onderzochte mikroskoop, onder zekere bepaalde gunstige omstan-

rende oculairen slechts de beide eerste gebezigd zijn, daar het blijkt, dat het toppunt van het optisch vermogen eigenlijk reeds met N^o. 1 bereikt is.

| Ocu- lair. | Ver- groo- ting. | Doormeter der kleinste nog zichtbare beeldjes van voorwerpen op eenen verlichten achtergrond. | |
|---------------|------------------------|---|---|
| | | Ronde voorwerpen. | Draadvormige voorwerpen. |
| D. | 558. | 0,222 <i>mmm</i> = $\frac{1}{4500}$ millim. | 0,0250 <i>mmm</i> = $\frac{1}{40000}$ millim. |
| Am. 1. | 650. | 0,209 » » $\frac{1}{4750}$ » | 0,0242 » » $\frac{1}{41300}$ » |
| Am. 2. | 1008. | 0,215 » » $\frac{1}{4650}$ » | 0,0246 » » $\frac{1}{40700}$ » |

| Ocu- lair. | Ver- groo- ting. | Doormeter der kleinste nog onderscheidbare beeldjes der draden en tusschenruimten in metaalgaas. | |
|---------------|------------------------|--|---|
| | | Draden. | Tusschenruimten. |
| D. | 558. | 0,180 <i>mmm</i> = $\frac{1}{5555}$ millim. | 0,275 <i>mmm</i> = $\frac{1}{3636}$ millim. |
| Am. 1. | 650. | 0,167 » » $\frac{1}{6000}$ » | 0,264 » » $\frac{1}{3788}$ » |
| Am. 2. | 1008. | 0,171 » » $\frac{1}{5850}$ » | 0,270 » » $\frac{1}{3704}$ » |

Vergelijkt men deze uitkomsten met die, welke boven zijn medegedeeld, dan bevindt men, dat tusschen het optisch vermogen van het oude en dat van het nieuwe Amicische mikroskoop de volgende verhoudingen bestaan :

Voor het zichtbaar maken van ronde voorwerpen als 1:1,106.

» » » » » draadvormige » » 1:1,116.

Voor het onderscheidbaar maken der draden in metaalgaas als 1:1,565.

Het is hierbij in het oog vallend, dat de verbetering van het onderscheidbaar makend vermogen veel aanzienlijker is, dan die van het enkel zichtbaar makend vermogen, hetgeen een nieuw bewijs oplevert, dat de verbetering hier beide onderdeelen van het optisch vermogen geenszins altijd gelijken tred houdt.

Tevens vloeit uit de laatste uitkomsten nog eene, voor de theorie van het licht en van het zien, niet geheel onbelangrijke gevolgtrekking voort. Frauenhofer (Gilbert's *Annalen* XIV s. 366) heeft namelijk beweerd, dat een mikroskopisch voorwerp, waarvan de doormeter gelijk of kleiner dan eene lichtgolfengte is, en hetwelk uit twee deelen bestaat, niet meer als uit twee deelen bestaande zoude kunnen herkend worden.

De gemiddelde golfengte van wit licht, of van alle stralen gezamenlijk, bedraagt volgens Frauenhofer 0,00001898 Par. duim = 0,514 *mmm*.

digheden. De boven medegedeelde waarnemingen namelijk zijn allen verrigt aan zulke voorwerpen, die óf zelve als lichtgevende kunnen beschouwd worden, óf geheel ondoorschijnend zijn, en in het laatste geval werd steeds zulk eene verlichting aangewend, als, blijkens de ondervinding, het meest geschikt is, om negatieve gezichtsindrukken waarneembaar te maken. Wij zouden echter zeer ten onregte uit deze uitkomsten besluiten tot de grenzen der zichtbaarheid van mikroskopische voorwerpen in het algemeen, vooral omdat het meerendeel dier voorwerpen, wel verre van ondoorschijnend te zijn, integendeel zeer doorschijnend is, zoodat slechts een gedeelte van hun beeld op het netvlies eenen negatieven gezichtsindruk te weeg brengt, terwijl een ander gedeelte volstrekt niet wordt waargenomen, dewijl het daaraan beantwoordende gedeelte des voorwerps de stralen onveranderd doorlaat. Vroeger (Dl. I § 97 en 98) is opgemerkt, dat de betrekkelijke grootte van dit zichtbare en van dit onzichtbare gedeelte afhangt: 1° van den vorm van het voorwerp, en 2° van het verschil tusschen deszelfs brekend vermogen, en dat der omringende middenstof. Het zal niet ongepast zijn dit hier door de mededeeling van eenige waarnemingen op te helderen, waaruit tevens eenigermate

dus iets meer dan $\frac{1}{2000}$ millim. Bij de vroegere uitkomsten nu was wel reeds gebleken, dat tusschenruimten van geringeren doormeter, namelijk van $\frac{1}{2415}$ millim., nog waarneembaar zijn. Intusschen was hier het verschil niet groot genoeg, om het stellige besluit te wettigen, dat de op theoretische gronden steunende meening van Fraunhofer onjuist is, te meer dewijl de golflengte der blauwe stralen, 0,0001464 Par. duim = 0,396 *mm* (ongeveer $\frac{1}{2500}$ millim.) nog altijd iets kleiner dan deze, toen nog als waarneembaar erkende, tusschenruimte is. Thans echter, nu het gelukt is tusschenruimten waarneembaar te maken, welke doormeter weinig meer bedraagt dan eene halve lichtgolflengte, moet elke twijfel dienaangaande ophouden, en blijkt het, dat althans hierin geen noodzakelijke grond gelegen is, waarop de verdere volmaking der mikroskopen, als op eenen onoverkoombaren hinderpaal, stuiten moet.

blijken kan, welke de kleinste organische ligchaampjes zijn, die nog door het mikroskoop kunnen herkend worden. Ik heb hiertoe bij voorkeur gebruik gemaakt van gewoon glas, omdat deszelfs brekingsindex dat der meeste organische weefsels niet zeer veel kan te boven gaan, hetgeen daaruit blijkt, dat de meeste gedroogde dierlijke en plantaardige weefsels schier geheel onzichtbaar worden in canadabalsem, waarvan de brekingsaanwijzer is 1,552, dat is ongeveer gelijk aan dien van de meest gebruikelijke soorten van glas.

Dat er intusschen onder de organische weefsels zelve nog veel verschil in dit opzigt moet bestaan, spreekt van zelf, doch zooveel mag men in elk geval besluiten, dat, indien het beeld van een glazen voorwerp, van zekeren vorm, en onder zekere omstandigheden geplaatst, ophoudt zichtbaar te zijn, dit dan nog des te meer geldig is van eenig doorschijnend organisch ligchaam van gelijke grootte en vorm, en in gelijke omstandigheden geplaatst.

Ten einde hier de cijfers niet noodeloos te vermenigvuldigen, teeken ik alleen de uitkomsten aan, verkregen met N°. 2 en 4 der objectiefstelsels, en N°. 1 der oculairen. Bij de laatste combinatie heeft, gelijk wij zagen, het optisch vermogen, voor zoover het de zichtbaarheid betreft, deszelfs toppunt bereikt.

De gebruikte voorwerpen waren:

- a. een glazen bolletje.
- b. een rond glazen blaasje, voorzien van eene opening om er het vocht in te laten dringen; de dikte van de glaswand bedroeg $\frac{1}{11}$ van den geheelen doormeter;
- c. een glazen draad, zonder holte;
- d. een glazen haarbuisje, waarvan de wand $\frac{1}{2}$ des doormeters innam;

e. een vierkant glazen plaatje, welks middellijn de dikte 15,7 maal overtrof;

f. een vierkant plaatje mica, minder doorschijnend dan e, ten gevolge van eenige barstjes en vlekjes, doch 57 maal dunner dan breed.

| | Vergroo- ting. | Doormeter der kleinste zichtbare beeldjes van de voorwerpen in: | |
|------------------|-------------------|---|--|
| | | Lucht. | Water. |
| a. Glasbolletje. | 154. | 0,354 <i>mm</i> = $\frac{1}{2805}$ millim. | 0,638 <i>mm</i> = $\frac{1}{1570}$ millim. |
| " " | 574. | " " | " " |
| b. Glasblaasje. | 154. | 1,125 " = $\frac{1}{890}$ " | 1,521 " = $\frac{1}{650}$ " |
| " " | 574. | 0,323 " = $\frac{1}{310}$ " | 0,878 " = $\frac{1}{1140}$ " |
| c. Glasdraad. | 154. | 0,102 " = $\frac{1}{980}$ " | 0,168 " = $\frac{1}{595}$ " |
| " " | 574. | 0,032 " = $\frac{1}{310}$ " | 0,097 " = $\frac{1}{1020}$ " |
| d. Glasbuisje. | 154. | 0,203 " = $\frac{1}{490}$ " | 0,332 " = $\frac{1}{300}$ " |
| " " | 574. | 0,149 " = $\frac{1}{670}$ " | 0,239 " = $\frac{1}{418}$ " |
| e. Glasplaatje. | 154. | 5,000 " = $\frac{1}{33}$ " | 4,072 " = $\frac{1}{245}$ " |
| " " | 574. | 2,144 " = $\frac{1}{46}$ " | 2,970 " = $\frac{1}{34}$ " |
| f. Mica-plaatje. | 154. | 1,820 " = $\frac{1}{55}$ " | 2,265 " = $\frac{1}{44}$ " |
| " " | 574. | 0,988 " = $\frac{1}{101}$ " | 1,412 " = $\frac{1}{70}$ " |

Ten einde de vergelijking van de zichtbaarheid van doorschijnende voorwerpen, met die van geheel ondoorschijnende,

den lezer gemakkelijker te maken, voeg ik hierbij, dat, blijkens de tafel op bl. 87, de doormeter der kleinste zichtbare beeldjes der laatsten bedragen:

| | Vergrooting. | |
|-------------------|--------------|--|
| Ronde voorwerpen. | 154. | 0,492 <i>mm</i> = $\frac{1}{2040}$ millim. |
| „ „ | 374. | 0,246 „ „ $\frac{1}{4070}$ „ |
| Lange voorwerpen. | 154. | 0,049 „ „ $\frac{1}{20500}$ „ |
| „ „ | 374. | 0,027 „ „ $\frac{1}{37000}$ „ |

Uit deze waarnemingen vloeijen verscheidene niet onbelangrijke gevolgtrekkingen voort.

1° Vooreerst blijkt het, dat een volkomen doorschijnend bolvormig ligchaampje, hetwelk niet hol is, in de lucht geplaatst, slechts weinig in zichtbaarheid onderdoet voor zulk een, dat geheel ondoorschijnend is. Zelfs onder water zijn nog zeer kleine ligchaampjes van dien vorm waarneembaar, zoodat wij hieruit besluiten mogen, dat, b. v. vetbolletjes van $\frac{1}{2000}$ millim. doormeter nog door het mikroskoop zichtbaar zouden zijn. Het verlies in zichtbaarheid, in verhouding tot een geheel ondoorschijnend ligchaam is hier minder dan 0,5.

2° Zoodra echter het ronde ligchaampje hol is, dan vermindert de zichtbaarheid in zeer sterke mate. Een door water omgeven organisch celletje, waarvan de wand, in verhouding tot den doormeter, dezelfde dikte bezit als het hier gebezigde glasblaasje (*e*), zoude (voorondersteld, dat de brekingsaanwijzer dezelfde is) ophouden waarneembaar te zijn, zoodra deszelfs doormeter minder dan $\frac{1}{1140}$ millim. bedraagt. Ware het een geheel ondoorschijnend ligchaampje, dan zoude het nog ongeveer 5,6 maal kleiner kunnen wezen.

3° Bij draadvormige doorschijnende ligchamen is het verlies in zichtbaarheid grooter dan bij ronde. Uit de onder *c* medegedeelde uitkomsten mag men afleiden, dat een orga-

nische vezel van minder dan $\frac{1}{10200}$ millim. dikte niet meer onder water kan herkend worden, dat is terwijl hare dikte nog 3,7 maal de uiterste grens der zichtbaarheid van ondoorschijnende draadvormige lichamen overtreft.

4° Een organisch buisje in water zoude, blijkens *d*, reeds ophouden zichtbaar te zijn bij eenen doormeter van $\frac{1}{3800}$ millim., dus terwijl hetzelfde nog 10 maal dikker is dan een ondoorschijnende draad zoude behoeven te wezen, tenzij de betrekkelijke dikte van den wand grooter is, dan in het vooronderstelde geval.

5° Nog aanzienlijker is de vermindering der zichtbaarheid bij plaatvormige doorschijnende lichamen, gelijk volgt uit *e*. Wanneer men aanneemt, dat de zichtbaarheidsgrenzen van ronde en van vierkante lichamen dezelfde zijn, dan blijkt, dat b. v. een doorschijnend kristalplaatje, bij hetwelk de dikte en de doormeter tot elkander in de aangegeven verhouding (1 : 15,7) staan, indien het omgevende vocht water is, ruim 12 maal grooter moet wezen, dan voor de zichtbaarheid van een ondoorschijnend plaatje zoude vereischt worden. Van daar dan ook, dat verreweg de meeste kristallen, op het oogenblik dat zij waarneembaar worden, reeds tamelijk groot zijn, zoodat men hunnen vorm schier op hetzelfde oogenblik herkent, waarop zij het eerst zichtbaar worden. (1) Indien zij tot diegene behooren, welke bij hun eerste verschijnen plaatvormig zijn, dan kunnen deze plaatjes echter zeer dun wezen, want het nog herkenbare beeldje van het glasplaatje,

(1) Men kan hier vergelijken wat ik over dit onderwerp gezegd heb in mijn opstel: *Over de wijze van ontstaan, den oorspronkelijken vorm en de opvolgende veranderingen der door praecipitatie voortgebragte organische en anorganische vaste stoffen, inzonderheid over de verschijnselen bij de vorming van kristallen.* Tijdschr. v. Nat. Gesch. en Phys. 1843.

onder water, bezit (bij de 574 malige vergrooting) eene dikte van niet meer dan $\frac{1}{5300}$ millim., en van hetzelfde, in de lucht, van $\frac{1}{7400}$ millim.

6° Een organisch vlies is doorgaans niet zoo volkomen doorschijnend als een glas- of kristalplaatje, maar deszelfs waarneembaarheid wordt bevorderd door kleine aanhangende moleculen, oneffenheden, plooijen enzv. Hieraan beantwoorden eenigermate de onder *f* opgeteekende uitkomsten. Het micaplaatje was 3,6 maal dunner dan het glasplaatje (*e*), maar, ten gevolge van deszelfs onvolkomene doorschijnendheid, konden nog beelden van het eerste waargenomen worden, die eenen ruim 2 maal geringeren doormeter bezaten dan die van het laatste, terwijl hunne dunte 7,7 maal geringer was, namelijk slechts $\frac{1}{40400}$ millim., bij het in water gedompelde plaatje, en $\frac{1}{57570}$ millim., wanneer dit zich in de lucht bevond.

Overigens zal ik wel ter naauwernood behoeven te herinneren, dat al de hier medegedeelde cijfers slechts als voorbeelden en als benaderingswaarden kunnen worden aangemerkt, maar dat zij geene volstreckte maat der zichtbaarheid aangeven, daar deze voor elk mikroskoop en voor elk voorwerp telkens weder eene andere is.

281. Eindelijk moet ik hier nog eene opmerking bijvoegen, welke zich aansluit aan eene dergelijke, welke bij de waarneming met het bloote oog kan gemaakt worden (z. Dl. I § 91), t. w. dat de allerkleinste zichtbare voorwerpen of beeldjes niet meer volkomen scherp, maar eenigzins diffuus worden waargenomen, of, met andere woorden, dat een door het mikroskoop gezien voorwerp, hetwelk zoo klein is, dat het ophoudt waarneembaar te zijn, zoodra het zich op

len, welke hem gedurende eenig onderzoek kunnen voorkomen, noch de beschrijving van alle de werktuigen, die zijn uitgedacht, om voor sommige bijzondere onderzoekingen te dienen. Ook de meest uitvoerige beschrijving der aan te wenden handelwijzen moet altijd onvolledig blijven, omdat men met geen mogelijkheid al de verschillende omstandigheden kan vooruitzien, die zich bij mikroskopische nasporingen van allerlei aard kunnen voordoen; en ook hij, die bij zijn mikroskoop al de toestellen bezit, welke ooit vervaardigd zijn, om bij sommige onderzoekingen te dienen, en deze gemakkelijker te maken, zal telkens bevinden, dat zij voor alle voorkomende gevallen nog onvoldoende zijn. Inderdaad, zoo ergens, dan geldt hier het bekende gezegde van Franklin, dat een natuuronderzoeker met de boor moet kunnen zagen, en met de zaag kunnen boren. Ik stel mij dan ook bij het nederschrijven van hetgeen volgen zal, liefst eenen zoodanigen voor, wiens mikroskoop eene hoogst eenvoudige inrigting heeft, en waarbij zich slechts het allernoodigste bevindt van den tot het onderzoek vereischten toestel. Eene meer volledige beschrijving van onderscheiden werktuigen, tevens met aanwijzing van hun gebruik tot het bepaalde doel, waartoe hunne uitvinders hen bestemd hebben, zal men in de laatste afdeeling aantreffen. Hier is het inzonderheid mijn oogmerk aan te toonen, hoe dezelve ontbeerlijk kunnen worden gemaakt. Het vernuft des lezers zelve moge het ontbrekende aanvullen.

285. In de eerste plaats komen in aanmerking: de gesteldheid en inrigting van het vertrek, dat tot het vervaardigen van praeparaten en tot het doen van mikroskopische waarnemingen geschikt is. Eigenlijk kan elk vertrek, hetwelk

een venster heeft, dat op de buitenlucht uitziet, daartoe gebezigd worden, doch indien men de keus heeft tusschen onderscheiden vertrekken, of bij het daarstellen van een bijzonder aan mikroskopische onderzoekingen gewijd observatorium, dan kunnen de volgende grondstellingen worden in het oog gehouden, waarvan de redenen gedeeltelijk reeds vroeger (z. § 198 en 266) ontvouwd zijn.

Het verkieslijkst is, dat het vertrek aan twee zijden een of meer vensters bezit, die naar het Noorden en naar het Zuiden gekeerd zijn. Is zulks slechts aan ééne zijde het geval, dan verdient de laatste rigting de voorkeur, terwijl dan door gepast aangebragte schermen gezorgd wordt voor het buitensluiten van het zonlicht, daar waar hetzelfde hinderlijk zoude kunnen wezen.

De beste kleur voor de wanden is wit, die voor de tafels, welke bestemd zijn om op te arbeiden, zwart.

Verders zij het vertrek zoodanig gelegen, dat de muren en de bodem zoo weinig mogelijk de dreuning ondervinden van voorbijrijdende rijtuigen. Men vermijde dus zoodanig een, dat uitziet op eene druk bezochte straat, en kieze er liever een, welks vensters naar enen tuin gekeerd zijn.

Om dezelfde reden, namelijk om alle dreuning te voorkomen, is het wenschelijk, dat de tafels, welke voor het dragen der mikroskopen bestemd zijn, hetzij aan de muur zijn vastgehecht, of met de poten op afzonderlijke voetstukken staan, die geene gemeenschap hebben met de overige vloer, gelijk zulks in fig. 5 bij *pppp* is voorgesteld. Dit is inzonderheid een vereischte in een vertrek, dat tot mikroskopische demonstratiën moet dienen.

Ten einde het bij mikroskopische onderzoekingen vaak zeer hinderlijke in de lucht zwevende stof zooveel mogelijk te

len, welke hem gedurende eenig onderzoek kunnen voorkomen, noch de beschrijving van alle de werktuigen, die zijn uitgedacht, om voor sommige bijzondere onderzoekingen te dienen. Ook de meest uitvoerige beschrijving der aan te wenden handelwijzen moet altijd onvolledig blijven, omdat men met geen mogelijkheid al de verschillende omstandigheden kan vooruitzien, die zich bij mikroskopische nasporingen van allerlei aard kunnen voordoen; en ook hij, die bij zijn mikroskoop al de toestellen bezit, welke ooit vervaardigd zijn, om bij sommige onderzoekingen te dienen, en deze gemakkelijker te maken, zal telkens bevinden, dat zij voor alle voorkomende gevallen nog onvoldoende zijn. Inderdaad, zoo ergens, dan geldt hier het bekende gezegde van Franklin, dat een natuuronderzoeker met de boor moet kunnen zagen, en met de zaag kunnen boren. Ik stel mij dan ook bij het nederschrijven van hetgeen volgen zal, liefst eenen zoodanigen voor, wiens mikroskoop eene hoogst eenvoudige inrigting heeft, en waarbij zich slechts het allernoodigste bevindt van den tot het onderzoek vereischten toestel. Eene meer volledige beschrijving van onderscheiden werktuigen, tevens met aanwijzing van hun gebruik tot het bepaalde doel, waartoe hunne uitvinders hen bestemd hebben, zal men in de laatste afdeeling aantreffen. Hier is het inzonderheid mijn oogmerk aan te toonen, hoe dezelve ontbeerlijk kunnen worden gemaakt. Het vernuft des lezers zelven moge het ontbrekende aanvullen.

285. In de eerste plaats komen in aanmerking: de gesteldheid en inrigting van het vertrek, dat tot het vervaardigen van praeparaten en tot het doen van mikroskopische waarnemingen geschikt is. Eigenlijk kan elk vertrek, hetwelk

een venster heeft, dat op de buitenlucht uitziet, daartoe gebezigd worden, doch indien men de keus heeft tusschen onderscheiden vertrekken, of bij het daarstellen van een bijzonder aan mikroskopische onderzoekingen gewijd observatorium, dan kunnen de volgende grondstellingen worden in het oog gehouden, waarvan de redenen gedeeltelijk reeds vroeger (z. § 198 en 266) ontvouwd zijn.

Het verkieslijkst is, dat het vertrek aan twee zijden een of meer vensters bezit, die naar het Noorden en naar het Zuiden gekeerd zijn. Is zulks slechts aan ééne zijde het geval, dan verdient de laatste rigting de voorkeur, terwijl dan door gepast aangebrachte schermen gezorgd wordt voor het buitensluiten van het zonlicht, daar waar hetzelfde hinderlijk zoude kunnen wezen.

De beste kleur voor de wanden is wit, die voor de tafels, welke bestemd zijn om op te arbeiden, zwart.

Verders zij het vertrek zoodanig gelegen, dat de muren en de bodem zoo weinig mogelijk de dreuning ondervinden van voorbijrijdende rijtuigen. Men vermijde dus zoodanig een, dat uitziet op eene druk bezochte straat, en kieze er liever een, welks vensters naar eenen tuin gekeerd zijn.

Om dezelfde reden, namelijk om alle dreuning te voorkomen, is het wenschelijk, dat de tafels, welke voor het dragen der mikroskopen bestemd zijn, hetzij aan de muur zijn vastgehecht, of met de poten op afzonderlijke voetstukken staan, die geene gemeenschap hebben met de overige vloer, gelijk zulks in fig. 5 bij *pppp* is voorgesteld. Dit is inzonderheid een vereischte in een vertrek, dat tot mikroskopische demonstratiën moet dienen.

Ten einde het bij mikroskopische onderzoekingen vaak zeer hinderlijke in de lucht zwevende stof zooveel mogelijk te

voorkomen, behoort de zoldering met doek bekleed, en de vloer niet met een tapijt bedekt te zijn, maar uit goed aaneensluitende planken zamengesteld, en met eene donkere kleur geverwd, omdat het daarbij gemakkelijker is eenig klein bij toeval op den grond gevallen voorwerp terug te vinden.

Voor de verwarming des winters zouden daar, waar de gelegenheid zulks veroorlooft, door het vertrek geleide pijpen, hetzij met verwarmde lucht of met water gevuld, terwijl de eigenlijke stookplaats zich daar buiten bevindt, de voorkeur verdienen, omdat bij de verwarming op de gewone wijze, door kagchels of haarden, altijd vele asch- en kooldeeltjes in den dampkring van het vertrek zweven.

Wat de grootte van het vertrek, het getal der tafels enzv. aanbelangt, zoo hangt dit natuurlijk geheel af van de bestemming der inrigting, hetzij tot afzonderlijk gebruik voor een enkel persoon of tot openlijke demonstratiën. Daar in het laatste geval ook van tijd tot tijd van het beeldmikroskoop moet worden gebruikt gemaakt, zoo behoort de wand vier of vijf meters van het tegenoverliggend venster verwijderd te zijn, opdat het scherm op eenen behoorlijken afstand kan geplaatst worden, terwijl natuurlijk ook de breedte van het vertrek aan het verlichte veld op het scherm moet beantwoorden. Voor een bijzonder persoon daarentegen is het kleinste vertrekje, waar eene tafel, een stoel en een klein kastje, tot berging der noodige zaken, kan staan, volkomen toereikend.

Nuttig is het zich eene kleine tafel aan te schaffen, welke opzettelijk is ingerigt voor de vervaardiging van praeparaten. Die, waarvan ik mij sedert eenige jaren met voordeel bedien (z. fig. 5), is op de volgende wijze zamengesteld. Zij is langwerpig vierkant, en de breedte van haar blad be-

draagt 0,8 met. in de rigting *ab*, en 0,6 met. in de andere *ac*. Op 0,45 met. afstand van het bovenste blad bevindt zich een tweede *d*, hetwelk aan de vier poten is vastgehecht, en op welks midden een vierkante spiegel *e* van 0,20 met. middellijn is geplaatst, die, even als een gewone mikroskoopspiegel, zich in eenen beugel beweegt, en naar alle rigtingen kan gekeerd worden. In het midden van het bovenste blad, vlak boven den spiegel, is eene vierkante opening gemaakt, van 0,15 met. doormeter. In deze opening kan, rustende op eene sponning, een bakje van gelijke grootte geplaatst worden, van 5 centim. diepte, welks zijwanden van blik zijn vervaardigd, terwijl de bodem uit dik spiegelglas bestaat. Dit bakje dient om zulke ontledingen te verrigten, welke het best onder water geschieden, terwijl de van onderen geplaatste spiegel het noodige doorvallend licht verschaft. Voor andere gevallen kan, in de plaats van het bakje, een stuk dik spiegelglas of een houten plaatje, dat, even als het geheele tafelblad, dof zwart geverwd is, in de opening gelegd worden, zoodanig, dat de oppervlakte gelijk met die van het blad komt. Ter zijde der opening kunnen dan verschillende loupendragers geplaatst worden, hetzij in daarvoor bestemde openingen, of, zoo als *g*, rustende op genoegzaam zware met lood gevulde voetstukken. Ook kan hier gevoeglijk een regtkeerend of ander zamengesteld mikroskoop worden aangebragt, door namelijk een koperen stam *h* met dwarsarm *i* in de tafel, ter zijde der vierkante opening, te plaatsen, indiervoege dat dezelve om eene spil kan draaijen, en den dwarsarm te voorzien van eenen ring *k* of eene korte buis, waarin de buis van het mikroskoop *m* op en neder kan geschoven worden, hetgeen hier volkomen toereikend is, daar men in elk geval deze inrigting slechts

voor geringe vergrootingen zal aanwenden. Eindelijk is deze tafel voorzien van een paar laden *U*, welke gedeeltelijk in hokjes zijn afgedeeld, geschikt voor de opname van eenige fleschjes, die gevuld zijn met de meest gebruikelijke reagentia.

284. Gaan wij thans over tot de voor het verrigten van ontledingen bestemde werktuigen, waarbij wij echter hier geene melding maken van de zoodanige, welke ook voor grovere dissectiën gebezigd worden, waarmede de lezer voorondersteld wordt genoegzaam vertrouwd te zijn.

Als snijdende werktuigen worden vereischt:

1° Twee of drie kleine scalpellen van verschillende grootte en vorm. Die, waarvan ik mij bedienen, zijn, in hunne ware grootte voorgesteld in fig. 4, en behoeven geen nadere verklaring.

2° Van veel nut is een gebogen lancetvormig mesje, in fig. 5 afgebeeld, hetwelk aan de holle zijde (A) geheel plat, en aan de bolle zijde (B) in het midden dikker is. Bij C is het op den kant gezien voorgesteld.

3° Een scheermes met eene breede en dunne kling. Daar dit een der meest gebruikelijke werktuigen is, zoo zal men weldoen er meer dan een voor handen te houden, ten einde het, gedurende een onderzoek, door het gebruik stomp geworden mes met een ander te kunnen verwisselen.

4° Dubbelmessen. Het dubbelmes van Valentin is afgebeeld in fig. 6, bij A van ter zijde, bij B op den kant gezien. Het bestaat uit twee dubbelsnijdende met de platte zijden naar elkander toegekeerde klingen, die, op de wijze der bladen van een schuifpincet, door middel van het stiftje *a*, dat in de sleuf *c* op en neder kan geschoven worden, tot elkander kunnen gebragt worden, terwijl een ander

stiftje *b*, hetwelk in het eene blad bevestigd is, en in eene daaraan beantwoordende opening in het andere blad glijdt, dient om de beide klingen in gelijke stelling te bewaren.

Het door Gerber aanbevolen dubbelmes is voorgesteld in fig. 7. In de hoofdzaak komt het met het vorige overeen. Alleen is de vorm der klingen eene andere, en wordt het laatstgenoemde stiftje gemist.

Bij de dubbelmessen, welke ik alhier heb doen vervaardigen, heb ik de voorkeur gegeven aan eene eenigzins andere inrigting. Zij is afgebeeld in fig. 8. De beide bladen zijn gewone scalpelklingen, in dier voege met elkander vereenigd, dat hunne scherpe kanten (zie de doorsnede in *d*) altijd iets nader bij elkander staan, dan de ruggen der scalpellen. Dit is een belangrijk punt, waarop bij de vervaardiging van een dubbelmes wel moet gelet worden, dewijl, indien de onderlinge afstand op alle punten gelijk is, het, bij het verrigten eener doorsnede, afgescheiden lapje tusschen de klingen beklemd raakt. Om dezelfde reden, moet ook de ruimte tusschen de klingen aan de spits grooter zijn dan aan het tegenovergestelde einde, gelijk zulks in B is aangeduid.

Beide de klingen zijn bij *c* buitenwaarts uitgebogen, terwijl hunne toenadering door eene schroef *a* geschiedt. Eene der klingen is vast met het heft verbonden, doch de andere, korter dan de vorige, is met deze door middel eener schroef *b* vereenigd. Wordt de schroef *a* verwijderd, dan kan derhalve de kortere kling terzijde geslagen worden, en heeft men gelegenheid, om de klingen behoorlijk te reinigen of te slijpen, zoo dit noodig mogt geworden zijn.

Nog twee andere inrigtingen van dergelijken aard, maar eenigzins anderen vorm en bestemming, zijn voorgesteld in fig. 9 en fig. 10. Het eerste kan een dubbellancet, het

andere een dubbelbijtel genoemd worden. Behalve in den vorm der klingen, verschillen deze van het dubbelmes nog daarin, dat de spitsen allengs tot elkander naderen. Eene nadere beschrijving wordt door de figuren overbodig gemaakt.

Al deze afbeeldingen zijn op de helft der ware grootte geteekend.

Wat het gebruik dezer dubbelmessen enzv. betreft, zoo zullen wij daaromtrent en omtrent de gevallen, waarin zij van werkelijk nut zijn, later de noodige aanwijzingen geven.

5° Een of twee fijne schaaftjes. Deze zijn voor vele fijnere ontleding, zooals van insecten, mollusken enzv. volstrekt onmisbare werktuigen. Eene schaar heeft het groote voordeel boven een mes, van de weefsels door te snijden, zonder dezelve uit te rekken, of van plaats te doen veranderen. In stede eener gewone schaar, kan men ook met vrucht den door Strauss Durckheim (1) beschreven *mikrotoom* (2) aanwenden, welke veroorlooft met meerder gemak en zekerheid in alle rigtingen te knippen, dan met eene gewone schaar het geval is, dewijl de houding der hand altijd min of meer bepaald wordt door die der vingers, welke door de oogen gestoken zijn, zoodat de knippende beweging dus, met genoegzame juistheid en vastheid, alleen in een beperkt getal rigtingen kan geschieden.

Dit werktuigje (fig. 11 halve grootte) is in de hoofdzaak gelijk aan een gewoon dissectiepincet, doch waarvan de bladen in twee kleine schaarklingen eindigen. Ter regeling hunner beweging dient eene schroef *a*, welke in het eene

(1) *Traité pratique et theorique d'anatomie comparative*. 1842. I. p. 152.

(2) Onder den naam van mikrotoom zijn nog andere werktuigen beschreven, die, als minder van onmiddelijk nut voor het onderzoek zijnde, eerst later ter sprake zullen gebragt worden.

blad van het pincet is bevestigd, en door eene opening in de andere gaat, waar zich eene moer *b* bevindt, die op de schroef past, zoodat men hiermede, vóór men eene snede doet, de onderlinge afstand der armen, dat is de ruimte der beweging, naar willekeur grooter en kleiner kan maken. Ten einde ook de binnenwaartsche beweging, des verkiezende, te kunnen beperken, is eene tweede moer *c* aan de schroef tusschen de beide armen aangebragt. Eindelijk, daar het moeilijk zijn zoude de schaar te slijpen, indien de beide armen, zooals bij een gewoon pincet, aan elkander vast gesoldeerd waren, zoo is hier de vereeniging door eene schroef (bij *d*) daargesteld, welke veroorlooft de armen van elkander te verwijderen.

Met gelijk voordeel kan men zich van de schaar bedienen, welke in fig. 12 (halve grootte) is afgebeeld, waarvan de beide armen door eene stalen veer *d*, bij *c* op de eene arm bevestigd, terwijl haar ander uiteinde vrij over den tegenovergestelden arm glijdt, van elkander verwijderd worden gehouden. De schroef *a* en de beide moeren *c* en *d* beantwoorden geheel aan de gelijknamige deelen in het vorige werktuig. Van *f* tot *g* moeten de armen op de wijze eener vijl zijn ingesneden, om het uitglijden tusschen de vingers te verhinderen.

Beide deze werktuigen worden op de wijze eener schrijfpennen in de hand gehouden.

6° Tot de voor zeer vele mikroskopische onderzoekingen volstrekt onontbeerlijke werktuigen behooren *naalden*. Met een paar gewone naainaalden, in houten of beenen heftjes bevestigd, kan men reeds vele der belangrijkste ontledingen onder het mikroskoop verrigten. Zes- of achthoekige heften verdienen hier de voorkeur boven ronde, omdat zij minder

tusschen de vingeren rollen. De naalden moeten niet te lang zijn, omdat dit de bewegingen onzekerder maakt; de beste lengte is van 3—6 centimeters (z. fig. 15); voor sommige gevallen is het nuttig eene naald te bezigen die aan de spits omgebogen is (fig. 14). In andere gevallen komen naalden te pas, die in eene kleine tweesnijdende spitse kling (fig. 15), of die in eene kleine scalpelvormige uitbreiding eindigen (fig. 16).

Eindelijk worden nog, ter vervaardiging van praeparaten van harde lichamen, gevorderd:

7° eene fijne zaag, van eene uurwerkveer vervaardigd, alsmede

8° eene of meer vijlen van matige fijnheid.

285. Het zal niet ongepast zijn hier ook iets te zeggen over het scherpen of aanzetten der messen. Het spreekt van zelf, dat men, wanneer deze gedurende het gebruik te zeer geleden hebben, genoodzaakt is hen naar den instrumentmaker te zenden, terwijl het slijpen of scherpen der scharen en zagen wel altijd het werk van dezen zijn zal; doch wanneer alleen de draad van een mes bot geworden is, dan moet men zelf in staat zijn om dezen weder aan te scherpen. Hoe gemakkelijk dit nu oogenschijnlijk is, zoo zijn er echter weinigen, die zich hierop goed verstaan. Verreweg de meesten slijpen hunne messen niet vlak maar bol, zoodat de draad wel scherp is, maar tevens sterk wigvormig, waardoor het geheele voordeel eener dunne platte kling, hetgeen inzonderheid bij het vervaardigen van doorsneden van zeer veel belang is, verloren gaat.

De oorzaak hiervan is tweeledig: vooreerst het niet behoorlijk vasthouden van het mes gedurende het slijpen, zoodanig dat rug en draad te gelijker tijd met de slijpvlakte in aanraking zijn; en ten tweede het gebruik van de zoo-

genaamde oliesteenen, welker oppervlakte wel aanvankelijk geheel plat is, maar gedurende het gebruik allengs meer en meer wordt uitgehold. Het is duidelijk, dat een mes, op zulk eene holle vlakke geslepen, altijd bol moet zijn.

Men ontgaat dit bezwaar, door als slijpoppervlakte een stuk spiegelglas te bezigen, hetwelk weinig uitslijt, en, zoo dit het geval is, spoedig door een ander stuk kan vervangen worden. Als slijpstof dient dan fijn geslibd poeder van amaril.

Om zich deze fijn geslibde amaril te verschaffen, brengt men eene hoeveelheid ruwe amaril in een tamelijk hoog cylinderglas, giet er water op, roert het mengsel behoorlijk dooreen, en laat het vervolgens gedurende eenige oogenblikken staan, zoodat de grovere deelen zich afzetten, waarna men het bovendrijvend vocht afgiet, en afzonderlijk laat bezinken. Het bezonkene wordt daarna gedroogd en in eene goed sluitende doos voor invallend stof bewaard. Natuurlijk kan men, door deze bewerking met het overblijvende nog een of tweemaal te herhalen, zich amarilpoeder van verschillende fijnheid verschaffen.

Een weinig van het fijnste aldus verkregen amarilpoeder wordt dan met eenige druppelen boomolie over de oppervlakte van het spiegelglas uitgebreid, en nu het mes, met langzamerhand toenemende drukking, en terwijl rug en draad gelijktijdig met de slijpvlaakte in aanraking worden gehouden, in bogtige kringen heen en weder gevoerd.

Om aan den draad van een mes de grootste fijnheid en scherpte te geven, is het vervolgens noodig hetzelfde nog op eenen strijkriem aan te zetten, en, wanneer het niet al te bot is geworden, kan men hiermede alleen reeds volstaan. Het is bekend, dat men van dezen vele soorten heeft. Losse riemen, die met het eene uiteinde aan de muur bevestigd

worden, terwijl het andere in de hand wordt gehouden, als ook de zoodanigen, die door schroeven, of op eenige andere wijze, worden gespannen gehouden, zijn af te keuren, omdat zij gedurende het strijken zich benedenwaarts buigen en gevolglijk de kling altijd bol maken. Veel beter is daarom een riem van zacht leder op eene houten onderlaag bevestigd. Op zulk eenen riem wordt dan een mengsel ingesmeerd van eenige vetachtige stof met een fijn scherp poeder, zoo als b. v. geslibde colcothar. Als bijzonder hiervoor geschikt kan ik echter het voor korten tijd ingevoerde zoogenaamde *diamantstof* aanbevelen. Inderdaad verkrijgen de messen hiermede eene uiterst scherpe snede.

Bij het heen en weder strijken op den riem, zij men bedacht het mes niet alleen zeer vlak en op alle punten gelijktijdig daarmede in aanraking te houden, maar ook bij het omdraaijen steeds de rugzijde naar den riem te keeren. Eindelijk moet de beweging, bij het aanzetten op den riem, in de rigting eener diagonaal geschieden.

286. Om de kleine voorwerpen, die niet meer met de vingers kunnen vastgehouden worden, aan te vatten, bezigt men pincetten of tangetjes. Gewoonlijk is zulk een van koper vervaardigd en in twee fijne punten uitlopend tangetje bij elk mikroskoop gevoegd, en vereischt dus hier geene beschrijving. Voor het verrigten van ontleding verdient echter doorgaans een klein stalen pincet de voorkeur, waarvan de punten aan de binnenzijde even als eene vijl zijn ingesneden.

Dikwerf is het ook noodig, gedurende de ontleding van eenig dier, sommigen deelen uitgespannen te houden. Voor grootere dieren bezigt men daarvoor de bekende haken. Voor kleinere dieren, zoo als b. v. insekten, als ook voor tedere

organen, gelijk het oog, kunnen hier zeer gevoelig fijne spelden genomen worden, die men aan de spits haakvormig ombuigt. Vaak is reeds het gewigt van zulk eene speld voldoende, om de verlangde spanning te weeg te brengen, en is dit niet het geval, dan kan men om de knop der speld eenen draad binden, en aan het andere uiteinde van dezen een gewigtje bevestigen (z. fig. 19), dat vrijelijk hangende over den rand van het bakje, waarin zich het voorwerp bevindt, het deel naar zich toetrekt. Om dan vervolgens, zoo noodig, de rigting waarin de trekking plaats heeft, nog te wijzigen, kan men stukjes theelood of iets dergelijks op den draad in het bakje leggen, of wel dezen door een daaronder geplaatst ligchaampje ondersteunen.

Ook een haakje, gelijk men bij sommige oogoperatiën bezigt (z. fig. 17), kan in eenige gevallen met vrucht gebruikt worden.

287. Alle voorwerpen vorderen eene onderlaag, waarop zij geplaatst worden, hetzij om onmiddelijk onder het mikroskoop te worden gebracht, hetzij om aan dezelve de vooraf vereischte bewerkingen te verrigten. Uit de groote verscheidenheid van voorwerpen en bewerkingen volgt reeds, dat deze onderlaag niet altijd dezelfde moet zijn, maar telkens gewijzigd worden overeenkomstig het doel, hetgeen men zich voorstelt.

Van het algemeenst gebruik zijn echter glazen plaatjes, waarvan men derhalve altijd eenen tamelijken voorraad moet voorhanden hebben. Zij behooren uit goed niet al te dun spiegelglas te bestaan, glad geslepen kanten en eene geschikte lengte en breedte te bezitten. Die, waarvan ik mij gewoonlijk bedien, zijn 20 millim. breed, en 70 millim. lang; in sommige gevallen is het echter noodig er breedere te hebben.

Wanneer men zich bepaalt tot het doen van waarnemingen aan telkens versche voorwerpen, dan kan men zich een voldoende aantal van deze glasplaatjes door elken glazenmaker laten vervaardigen; doch, indien men tevens eene verzameling wil aanleggen van mikroskopische preparaten, en men dus het vooruitzicht heeft vele honderden of duizenden van dezelve te zullen behoeven, dan is het wenschelijk, dat men zelf tot hunne vervaardiging in staat zij. Ik meen derhalve den lezer geen ondienst te doen met hier de beschrijving eener glassnijplank bij te voegen, waarvan ik mij reeds sedert verscheiden jaren tot dit oogmerk bedien. Zij is overigens zeer eenvoudig, en kan door elken timmerman vervaardigd worden.

Fig. 48 *abcd* is een plankje van goed droog eikenhout, 0,5 meter lang, 0,2 met. breed, en 1 centim. dik. In deszelfs midden bevindt zich eene lat *ef*, waarin eene sleuf gezaagd is, welke moet dienen om de beweging van den diamant te leiden, en dus wijd genoeg moet wezen, om het platte stalen stuk, waarin deze gewoonlijk gevat is, op te nemen; de randen dezer sleuf behooren volkomen regt en vlak te zijn. Alleen bij *e* en *f* rust deze lat op de oppervlakte van het plankje, het overige van *m* tot *n* is hiervan genoegzaam verwijderd, om het dikste glas, dat men verlangt te snijden, door te laten. Op eenen afstand van het midden der sleuf, welke gelijk is aan de breedte der verlangde glasplaatjes, is eene tweede kortere lat *gh* aangebragt, welke evenwijdig loopt met de vorige. Verders bevinden zich aan de andere zijde de beide eenen regten hoek vormende latjes *iq* en *io*; terwijl aan het eerste nog een dunner latje *sp* bevestigd is, hetwelk, even als het gedeelte *mn*, de oppervlakte der plank niet raakt, doch aan deszelfs uiteinde *p* niet ondersteund is,

hetgeen wegens de kortheid hier niet wordt vereischt, en, zoo als dadelijk blijken zal, bij het gebruik hinderlijk zoude wezen. De afstand van het latje *io*, van den naar voren gekeerden rand van *sp*, moet ongeveer 2 millim. geringer wezen, dan die van *gh* tot het midden der sleuf bij *mn*, terwijl de afstand van *io* tot aan deze gelijk is aan de verlangde lengte der voorwerpplaatjes.

Deze aldus ingerigte snijplank dient nu, om, met behulp van eenen goeden glazenmakers-diamant, de voorwerpplaatjes en dekplaatjes te vervaardigen. Men neemt daartoe zulke stukken spiegelglas, welke als afval van spiegels gemakkelijk voor weinig geld bij elken spiegelabrikant verkrijgbaar zijn. Is er geen regte kant aan het glas, dan maakt men dien er vooraf aan, waarbij de plank als liniaal kan gebezigd worden. Vervolgens brengt men de glasplaat onder de lat *ef*, zoodat de regtgesneden kant tegen de lat *gh* stuit, en trekt nu, den diamant in de sleuf houdende, eene groeve op het glas. De aldus gevormde reep afbrekende, gaat men op dezelfde wijze voort, waarbij derhalve altijd repen van volkomen gelijke breedte worden verkregen. Verlangt men bredere voorwerpplaatjes, dan wordt de diamant niet in de sleuf, maar aan de voorzijde van *ef* gehouden. Nadat nu de repen aan hun eene uiteinde behoorlijk regthoekig zijn gemaakt, worden zij achtereenvolgens in kleinere stukjes gesneden, door hen evenwijdig met het latje *iq* te leggen, zoodat hun uiteinde tegen *io* stuit. Voorwerpplaatjes van de gevorderde lengte verkrijgt men dan, door den diamant bij *m* in de sleuf te brengen, terwijl voor het snijden der dekplaatjes de diamant langs *sp* gevoerd wordt. Telkens wanneer eene snede verrigt is, wordt de glasreep naar het vrije gedeelte *v* gebragt, en

het stuk op den rand van de plank, tusschen o en r , afgebroken.

Het matslijpen der kanten geschiedt het snelst op eenen ronden slijpsteen, door een rad in beweging gebragt. Echter kan men, zulk eenen toestel niet bezittende, zich ook zeer goed van een stuk dik spiegelglas en amarilpoeder met water bedienen, op het einde van het slijpen het amarilpoeder van het glas afspoelende, en nu dit laatste alleen als slijpoppervlakte gebruikende.

288. Vroeger (Dl. I § 160) is gebleken, dat het nuttig is dekplaatjes van verschillende dikte te bezitten. Wanneer men spiegelglas bezigt, dan kan men zich eene reeks van dekplaatjes verschaffen van 5 en meer millim. dikte af, tot $\frac{2}{5}$ millim. toe; doch hoewel deze voor de meeste voorwerpen, en bij objectiefstelsels van niet al te korten brandpuntsafstand, zeer goed aanwendbaar zijn, zoo moet men echter ook een aantal nog dunnere dekplaatjes hebben. Men kan bij de vervaardigers van mikroskopen tegenwoordig zulke dekplaatjes verkrijgen, welke niet meer dan $\frac{1}{5}$ millim. dik zijn, en deze zijn volkomen bruikbaar en goed, doch, daar elk plaatje afzonderlijk geslepen moet worden, nog altijd te duur, om dezelve bij het vervaardigen van een aanzienlijk getal praeparaten, die bewaard moeten worden, aan te wenden.

In dit geval kan men, in plaats van glas, *mica* bezigen. Deze zelfstandigheid komt in den handel in dikke stukken voor; doorgaans is zij als zoodanig min of meer roodachtig of geelachtig gekleurd, doch deze kleuring wordt in de dunne plaatjes, die men tot dekking der voorwerpen behoeft, geheel onmerkbaar. Het best zal men doen er zich eenen tamelijken voorraad, in den ruwen vorm, van aan te schaffen, en het splijten tot dunne platen zelf te verrigten.

Deze splijting moet onder gedestilleerd water geschieden, waarbij men zich van het platte heft van een scalpel kan bedienen, om de platen van een te scheiden, zonder hunne oppervlakte te beschadigen. Zij worden vervolgens op eene plaats gedroogd, waar zij voor stof beveiligd zijn, en tusschen bladen papier bewaard. Voor het gebruik tot dekplaatjes, die gemakkelijk met eene schaar kunnen geknipt worden, bezigt men dan alleen de heldere gedeelten, welke zooveel mogelijk vrij van barstjes en andere oneffenheden zijn.

Indien het voorwerp uiterst digt bij het mikroskoop moet worden gebracht, of zoo teder is, dat de allergeeringste drukking van een glas- of micaplaatje hetzelfde zoude beschadigen, dan kan men zijne toevlugt nemen tot *glasvlies*, hetwelk bereid wordt, door eene glazen buis voor de glasblazerslamp aan het eene einde toe te smelten, en daarop, het gesloten einde sterk verhit zijnde, met eenige kracht in het open uiteinde te blazen; hierdoor wordt dan eene groote glasblaas gevormd, waarvan de wand zoo dun kan zijn, dat zij naauwlijks $\frac{1}{1000}$ millim. dikte bezit. In dunheid en helderheid laat dit glasvlies derhalve niets te wenschen over; het heeft echter het nadeel van niet volkomen vlak, maar altijd eenigzins gebogen te zijn. Uithoofde van deszelfs groote tederheid plooit het zich echter om de voorwerpen, en daarom slechts kleine stukjes bezigt, zoo hindert de gebogen oppervlakte niet in belangrijke mate. Voor het bewaren van voorwerpen is het evenwel geheel ongeschikt, daar het hier toe veel te broos is. Dit is een nadeel hetwelk altijd aan zeer dunne glazen dekplaatjes verbonden is, en daarom vermoedt v. Mohl (1), dat het volgens de methode van Schönbein doorschijnend gemaakt papier bijzonder voor de

(1) *Mikrographie*, s. 164. Noot.

vervaardiging van mikroskopische dekplaatjes geschikt zoude zijn. Daar deze methode echter nog niet volledig bekend is, zoo kan ik hierover geen oordeel vellen; echter komt het mij onwaarschijnlijk voor, dat dit glaspapier de ondoordringbaarheid en het weerstand biedend vermogen aan de werking van scheikundige agentia zal hebben, die aan glas eigen zijn, zoodat in elk geval deszelfs nuttige aanwending zeer beperkt zal blijven, terwijl de voornaamste deugd, waardoor het boven glas uitmunt, de buigzaamheid namelijk, ook reeds door de mica in hooge mate bezeten wordt.

289. Bij zeer vele onderzoekingen worden bakjes gevorderd, hetzij om er de voorwerpen in te ontleiden, hetzij om hen, omgeven van het een of ander vocht, onder het mikroskoop te brengen. Voor het eerste geval kunnen aarden borden of schoteltjes, en, voor nog kleinere voorwerpen, horologieglazen met goed gevolg worden gebruikt. Om de laatste vast te doen staan, plaatst men hen in eene daarvoor geschikte opening van een houten of kurken plaatje, waarbij men ten overvloede de randen der opening met een weinig was kan bestrijken. Voor de allerkleinste voorwerpen heeft men dikke glasplaatjes vervaardigd, met eene of meer komvormige daarin geslepen holten. In deze liggen echten de voorwerpen nimmer in een plat vlak, zooals voor een zuiver beeld in het gezigtveld vereischt wordt, en men heeft daarom in lateren tijd teregt de voorkeur gegeven aan glazen ringen (fig. 24) of aan glasplaatjes, die van eene ronde opening voorzien en door middel van een caoutchoucovernis, op voorwerpplaatjes bevestigd zijn (fig. 25). Beide, vooral die der laatste soort, zijn als een zeer nuttig bijvoegsel tot een mikroskoop te beschouwen. Men kan hen ook zelf vervaardigen, de ringen namelijk door

afsnijding van glazen buizen op de draaibank en gladslijping der kanten op de vroeger vermelde wijze, en de doorboorde glasplaatjes, door een koperen buisje van de gevorderde wijfde aan eenen drillboortoestel te bevestigen, onder aanwending van amarilpoeder en water.

Op eene der drie volgende wijzen kan men zich echter met minder moeite zeer bruikbare bakjes verschaffen.

1° *Caoutchoubakjes*. In den handel komen tegenwoordig caoutchoucplaten van verschillende dikte voor. De dunste zijn ongeveer een millimeter dik, en uit dezen kan men platen van elke willekeurige dikte zamenstellen, daar de oppervlakten, vooral na eene ligte verwarming, gemakkelijk aan elkander vastkleven. In een vierkant stukje van gepaste grootte eener zoodanige plaat wordt dan eene opening gemaakt, waartoe men zich van eene schaar kan bedienen, of een schijfvormig stuk met eenen hamer en eenen daarvoor geschikten ringvormigen bijtel uitslaan. Ter bevestiging van den caoutchouc-ring op eene glasplaat dient dan de volgende lijm.

In 15 deelen terpenhijnolie wordt 1 deel fijn gesneden *gutta percha* gebragt, en daarin, bij eene zachte warmte, onder gestadig omroeren, opgelost. De oplossing wordt door een doek gegoten, ter afscheiding van eenige onzuiverheden, die altijd in de ruwe *gutta percha* zijn ingemengd. Daarna wordt bij de gezuiverde oplossing gevoegd 1 deel schellak, en dit mede, onder aanwending eener zachte warmte en gestadig omroeren, daarin opgelost. Men ga vervolgens met de verwarming zoolang voort, tot dat een droppel, op eene koude oppervlakte gebragt, nagenoeg hard wordt. De lijm is alsdan voor het bedoelde gebruik geschikt; moet dezelve later weder gesmolten worden, dan voege men er vóór de verwarming een weinig terpenhijnolie bij.

Om met deze lijm den caoutchouc ring op het glas te doen vastkleven, ga men op de volgende wijze te werk.

De ring wordt op de tafel gelegd, en boven op denzelfven het glasplaatje, zoodat dit aan beide zijden even ver vrij blijft, en de ring in het midden komt. Nu strijkt men met een penseel de warme lijm op het glas, ter plaatse waar de onderliggende ring doorschijnt, zorg dragende de lijm slechts in eene dunne laag uit te breiden, daar anders het overtolige later aan de randen zoude uitvloeijen. Hierop neemt men den ring van onder het glasplaatje weg, en legt hem op de daarvoor bestemde en met lijm bestreken plek, verwarmt het glasplaatje even, door het boven vuur te houden, en legt het dan, met den ring benedenwaarts gekeerd, op een koud stuk spiegelglas, tot dat de lijm bekoeld, en hard geworden is.

2° *Gutta-perchabakjes.* De gutta percha welke, even als het caoutchouc, aan bijna alle scheikundige agentia weerstand biedt, heeft bovendien de eigenschap van in warm water week en kneedbaar te worden, zoodat men daaraan in dien toestand alle verlangde vormen kan mededeelen, terwijl zij, koud wordende, weder de vroegere vastheid terug erlangt.

Voor ons oogmerk wordt het daarstellen van vlakke platen van onderscheiden dikte gevorderd. Deze platen verschaft men zich, door een stuk gutta percha in warm water te leggen, tot een bal te kneden, en dezen, nog warm zijnde, op eene houten plank met eene rol tot eene plaat uit te breiden, geheel op dezelfde wijze als de banketbakkers bij het vervaardigen van taartenkorst te werk gaan. Indien de plaat nog te dik is, dan brengt men haar weder in warm water, en herhaalt de bewerking, zoolang tot de gevorderde dunte bereikt is. Op deze wijze kan men een aantal platen van

onderscheiden dikte bereiden, b. v. van $\frac{1}{10}$ millim. af tot 3 millim. en daarboven, al naar gelang der diepte, welke men aan de bakjes wenscht te geven. Deze platen worden vervolgens in vierkante stukjes geknipt, waarvan de breedte iets geringer is dan die der glasplaatjes, waarop zij zullen bevestigd worden. Ook hier kan de opening óf met eene schaar geknipt, óf met eenen bijtel en hamer geslagen worden, waartoe het plaatje gutta percha op eene kurkplaat gelegd wordt.

Ter bevestiging van den gutta-percha-ring op het glasplaatje dient dezelfde lijm, waarvan zooeven de bereiding is opgegeven, waarbij men op gelijke wijze als bij de caoutchoubakjes te werk gaat, alleen met dit verschil, dat men na de laatste verwarming, waardoor de gutta percha weder week wordt, met een koud stuk spiegelglas daarop eenige oogenblikken vrij sterk drukt, waardoor de oppervlakte geheel plat en glad wordt, zoodat een later daarop gelegd dekplaatje op alle punten daarmede in aanraking is. Het is hierdoor dat de van gutta-percha vervaardigde bakjes boven die van caoutchouc uitmunten, welker oppervlakte altijd, vooral aan de randen, eenigermate bolvormig is.

3° Ofschoon bakjes, van een dezer beide stoffen vervaardigd, schier voor alle doeleinden volkomen toereikend zijn, zoo zijn er echter gevallen, waarin *glazen bakjes* de voorkeur verdienen. Deze worden even gemakkelijk op de volgende wijze daargesteld.

Daartoe is het in de eerste plaats noodig, dat men eenige glasreepjes hebbe, welke eene gepaste grootte, loodregte kanten, en regthoekig afgesneden uiteinden bezitten, zoodat zij, de wanden van een vierkant uitmakende (z. fig. 26), behoorlijk aan elkander sluiten. Men trekke daartoe op een papier

eenige lijnen (z. fig. 27 *aa*), alle op dien afstand, welken men voor de breedte der glasreepjes de geschikste oordeelt, b. v. van 5 millim. Loodregt op deze lijnen worden andere (*bb*) getrokken, die aan de lengte der glasreepjes beantwoorden; deze moet natuurlijk tweederlei zijn, indien men nagenoeg vierkante bakjes verlangt. Daartoe rigte men de afstanden der lijnen zoodanig in, dat een kortere afstand telkens met eenen langeren afwisselt; deze voorzorg is niet overbodig, dewijl het meeste spiegelglas op het eene gedeelte dikker is, dan op het andere, en men dus, ten einde aan het bakje eene zooveel mogelijk gelijke oppervlakte te geven, tot deszelfs zamenstelling telkens die reepjes moet bezigen, welke zich het naast aan elkander bevinden.

Met behulp van zulk een gelinieerd papier, eene liniaal en eenen diamant, is het dan niet moeilijk dezelfde lijnen op het glas na te trekken. Echter drage men hierbij zorg voor het trekken der beide klassen van streepen de tegenovergestelde oppervlakten der glasplaat te bezigen, daar, indien men de dwarse streepen over de overlangsche heentrekt, men gevaar loopt, dat kleine glassplintertjes op de hoeken afspringen.

Heeft men nu zulk eene verdeelde glasplaat, dan kan men, met behulp van de boven genoemde gutta-perchalijm, in korten tijd een groot aantal bakjes uit de afgebroken glasreepjes zamenstellen. Daartoe worden de vier, het digst bij elkander behoorende, derhalve voor een zuiver vierkant bakje telkens twee lange en twee korte glasreepjes genomen; vervolgens brengt men op de eene oppervlakte, alsmede op de punten waar twee reepjes elkander moeten raken, een weinig van de lijm, en voegt dezelve dan op een voorwerpplaatje tot een vierhoek aan een. Om de verbreiding van de lijm volkomener te maken, wordt dan het geheel nog even verwarmd, en, zoo noodig, de

reepjes nog een weinig tegen elkander aandrukt. Na de bekoeling is het glashakje dan voor al zulke gevallen bruikbaar, waarbij geen alkohol, ether of vlugge olieën er in behoeven gebragt te worden, daar door deze de lijm zoude worden opgelost. Ook spreekt het van zelf, dat zij alleen bij de gewone temperatuur kunnen worden gebezigd. Overigens beware men zoowel deze glashakjes als de vroeger vermelde caoutchouc- en gutta-perchabakjes steeds met het hakje benedenwaarts gekeerd, om hen voor invallend stof te beschutten.

Grootere glazen bakjes, hetzij voor het ontleden van voorwerpen, of om de zoodanigen te bevatten, die eene zekere uitgebreidheid bezitten, en onder water moeten gezien worden, kunnen op eene dergelijke wijze worden vervaardigd, waartoe wel geene bijzondere aanwijzing zal noodig zijn. In de meeste gevallen zijn zulke bakjes echter alleen voor water bestemd, en het is daarom, uithoofde der meerdere stevigheid, verkieslijker hunne zijwanden uit blik te doen vervaardigen, en daarin eenen bodem van dik spiegelglas met stopverw, die met menie is aangemengd, te bevestigen. Zekerheidshalve kunnen dan de randen nog bovendien met gutta-perchalijm worden aangestroken.

290. Voor zeer vele ontledingen is het noodig, dat men het voorwerp vast kan stellen. Daartoe dienen *kurken platen*, waarop het voorwerp, door middel van spelden, wordt vastgestoken. Zijn de deelen van het voorwerp zeer fijn, en, zoo als gewoonlijk, wit gekleurd, dan is het raadzaam de oppervlakte der kurkplaat, hetzij met eene laag was te bedekken, welke vooraf met zwartsel is zamengesmolten, en daardoor gelijkmatig zwart gekleurd, of, nog beter,

volgens de methode van Strauss-Durckheim (1), hen met zwarte zijde te overtrekken.

Een groot deel dezer fijnere ontledingën, van insekten, ingewandswormen enzv., moet onder water geschieden, en derhalve behooren de kurkplaten voor zulke gevallen op eene loodplaat bevestigd te worden, hetgeen met gewoon pik geschieden kan.

In sommige gevallen zal men ook met vrucht van een ander, het eerst, voor zoo ver mij bekend is, door Strauss Durckheim (2) aanbevolen hulpmiddel gebruik maken, namelijk van een mengsel van gips met water, in de verhouding dat het na eenige minuten vast wordt. Grootere voorwerpen kunnen in zulk eene gipsbrei gelegd worden, zoodat zij er door hun gewigt, of door eene geringe drukking gedeeltelijk in zakken, en in de aldus gevormde holte, nadat het mengsel hard geworden is, vastliggen, even als een oester aan zijne schelp gehecht is. Voor kleinere voorwerpen, en dezulke die uitsteeksels of haren aan de oppervlakte hebben, is het voldoende een weinig van de brei op eene glasplaat te brengen, en het voorwerp er op te leggen. Verders kan de gips, daar waar zulks noodig is, op onderscheiden wijzen gekleurd worden; zwart b. v., door in plaats van water, inkt bij het mengsel te voegen, tenzij de ontleding onder water moet geschieden, in welk geval zwartsel beter is.

Rusconi (3) beveelt aan bij de ontleding van tedere embryones, deze op eene dergelijke wijze in vooraf gesmolten was te bevestigen.

(1) L. c. p. 133.

(2) L. c. p. 134.

(3) *Annal. d. se. nat.* 1841 Avril.

291. Als verders nog voor mikroskopische onderzoekingen vereischte hulpmiddelen noem ik hier nog:

Een aantal *glazen staafjes*, die men zich gemakkelijk verschaffen kan, hetzij door eene glasplaat tot reepen van 2 of 5 millimeters breedte, en 10—15 centim. lengte te snijden, en hunne uiteinden in de glasblazerslamp stomp te maken, of door thermometerbuizen van gelijke lengte daarmede aan weerszijden dicht te smelten. Deze staafjes zijn van een zeer veelvuldig gebruik, vooral tot het brengen van vochtdroppels op de voorwerpplaatjes. Zij verdienen hiertoe de voorkeur boven alle andere hulpmiddelen, uithoofde der gemakkelijheid waarmede zij gereinigd kunnen worden.

Voor bepaalde doeleinden zijn echter ook *pipetten* nuttig, zoo als tot het opnemen van een gedeelte van eenig vocht, waarin zich een of meer voorwerpen (kleine waterdieren, infusoriën enzv.) bevinden, welke men isoleren wil, of indien men de overmaat van eenig vocht, in een bakje of elders voorhanden, wil verwijderen.

Dikwerf echter zijn de hoeveelheden vocht, waarmede men arbeidt, te gering, dan dat hunne opname door eene gewone glazen pipet, zelfs van de grootste fijnheid, mogelijk is. Men kan alsdan een penseel gebruiken, en, het voorbeeld van Strauss Durckheim volgende, de buitenste haartjes (z. fig. 20) voor een gedeelte wegnippen, waardoor de punt fijner wordt, terwijl de hoeveelheid opgezogen water grooter is, dan indien men een penseel gebruikt, hetwelk over deszelfs geheel dunner is. Vóór het gebruik moet zulk een penseel altijd eerst nat gemaakt, en het overtollige water tusschen de vingers er uit geknepen worden.

Ook kan men zich tot hetzelfde doel bedienen van een stijf opgerold stukje zuigpapier, waarvan het uiteinde dan in

den droppel wordt gehouden, dien men verwijderen of verminderen wil.

292. Eene bewerking, die zeer veelvuldig voorkomt, inzonderheid bij mikrochemische onderzoekingen, is het doorspoelen van eenig voorwerp met water. Hiertoe kunnen de zoeven genoemde pipetten dienen; doch nog beter is het hiervoor een *droppelfleschje* te bezigen. Men kan zich zulk een droppelfleschje gemakkelijk vervaardigen, door eene dunne glazen buis met eene naauwe opening (eene thermometerbuis van matige wijdte b. v.), door middel eener doorboorde kurk in een klein fleschje te bevestigen, zoodanig dat het eene uiteinde der buis even onder de oppervlakte van de kurk in den hals van het fleschje uitkomt (z. fig. 5r). Indien zulk een fleschje, voor de helft of voor een derde met water gevuld zijnde, in de hand omgekeerd gehouden wordt, dan zal de lucht door de warmte der hand uitzetten, en het water uit de opening drijven. Natuurlijk kan men zulke droppelfleschjes, behalve voor water, ook nog voor andere vochten inrigten. Voor alcohol, ether, olieën, waterige oplossingen enzv., kan hier altijd de kurk gebruikt worden; doch voor zuren en alkaliën moet men eene stop vervaardigen, hetzij van caoutchouc, of van gutta-percha, welke laatste zelfstandigheid inzonderheid hiervoor zeer geschikt is, omdat zij zoo gemakkelijk, met behulp van warmte, alle verlangde vormen aanneemt.

De tot hertoe opgenoemde werktuigen en hulpmiddelen zijn voldoende tot verrigting van het groote meertal der mikroscopische onderzoekingen. De verder nog vereischte zullen vermeld worden bij de beschrijving der verschillende bewerkingen, die thans volgt.

295. Het doel van elke bewerking, welke men de voorwerpen bij mikroskopisch onderzoek doet ondergaan, is datgene zichtbaar te maken, wat zonder zulk eene bewerking onzichtbaar is. In verreweg de meeste gevallen is deze onzichtbaarheid alleen het gevolg van de ondoorschijnendheid der voorwerpen, terwijl deze op hare beurt veroorzaakt wordt door hunne te groote dikte. Talloze lichamen toch, en bepaaldelijk alle organische, zijn, in den eigenlijken zin des woords, niet ondoorschijnend, dat is ondoordringbaar voor de lichtstralen, maar de eenige oorzaak dier, in eenen zekeren zin, schijnbare ondoorschijnendheid ligt alleen daarin, dat de vorm der kleinste deeltjes, waaruit zij bestaan, eene zoodanige is, dat wanneer de lichtstralen uit eene andere middenstof in hen binnentreden, deze oogenblikkelijk in allerhande rigtingen gebroken en teruggekaatst worden, zoodat zij door eene laag van eenige dikte in hunnen verderen voortgang worden gestuit.

Het geheele geheim, om het inwendige fijnere maaksel der voorwerpen zichtbaar te maken, bestaat derhalve daarin: hen in lagen te verdeelen, die dun genoeg zijn, om, bij eene zekere middenstof, waarin zich het voorwerp bevindt, de lichtstralen door hetzelfde heen tot het oog des waarnemers te doen geraken.

Het is om die reden, dat het maken van dunne doorsneden eene der algemeenste bewerkingen is, die een mikroskopisch waarnemer te verrigten heeft, en dat het elken aanvanger niet genoeg kan worden aanbevolen zich hierin de noodige vaardigheid eigen te maken. Wel is waar heeft men verscheidene (later te beschrijven) werktuigen uitgedacht, die tot dit doel bestemd zijn, en alle hoofdzakelijk bestaan uit eenen door eene fijne schroef bewogen toestel,

waarin de voorwerpen bevestigd worden, welker vrij uiteinde dan even boven de oppervlakte eener doorboorde plaat gebragt zijnde, aldaar door middel van een scherp mes, dat over de plaat bewogen wordt, als een schijfje wordt afgesneden, waarvan de dikte geregeld wordt met behulp der schroef, waardoor het voorwerp hooger of lager kan worden gesteld. Doch, zonder te willen ontkennen, dat het met zulk een werktuig mogelijk is doorsneden te vervaardigen, die gelijkmatiger van dikte zijn, dan die welke uit de vrije hand zijn gemaakt, zoo is het niet te min zeker, dat hetzelfde voor eigenlijk onderzoek weinig of volstrekt geene waarde heeft. Deszelfs eigenlijke bestemming kan alleen zijn, om kabinetpraeparaten daar te stellen, die men dan, om hunne sierlijkheid van vorm en maaksel, aan zoogenaamde liefhebbers toont, b. v. doorsneden van plantenstengels en van andere dergelijke voorwerpen, waarvan het moeilijk is zich genoegzaam dunne doorsneden te verschaffen, die tevens in de geheele breedte van het voorwerp genomen zijn.

Voor wetenschappelijk onderzoek heeft integendeel het vervaardigen van doorsneden uit de vrije hand een bepaald voordeel, daarin bestaande, dat juist de gedeeltelijke klieving van eenig deel dikwerf gelegenheid geeft, om sommige bijzonderheden van deszelfs maaksel duidelijker waar te nemen, dan indien het in deszelfs geheel doorkliefd was. Zoo b. v. herkent men op zulk eene gedeeltelijke overlangsche doorsnede van eenen plantenstengel vaak met groote klaarheid, dat de stippels van vele gestippelde vaten, hoewel soms door verdunde plaatsen van het vlies ontstaande, ook dikwerf ware openingen zijn. Dit ziet men namelijk dan, wanneer door de snede een gedeelte van zulk een vat overlangs gekliefd is, en dit gedeelte zich aan den rand der

doorsnede bevindt. Op eene dergelijke wijze overtuigt men zich gemakkelijk van het bestaan eener holte in de kraakbeencellen, door de naar binnen springende diepten aan de oneffene randen der doorsnede, en zoo in talrijke andere gevallen.

294. Het algemeenst aanwendbare werktuig tot het vervaardigen van doorsneden is een scheermes. Dit dient namelijk voor alle zulke deelen, welke eenen matigen weerstand aan de snede bieden, zooals nagenoeg alle plantenorganen, kraakbeen, gedroogde of verharde dierlijke weefsels, vele van welke laatste echter ook in den verschen en weeken toestand het nemen van tamelijk dunne doorsneden met een scheermes veroorlooven, mits dit goed scherp zij.

Gewoonlijk houdt men het voorwerp, waarvan men eene doorsnede verlangt, met de snedevlakte bovenwaarts gekeerd, en snijdt dan naar zich toe. Is het een zacht organisch voorwerp van tamelijke grootte, dan wordt het tusschen den duim en den wijsvinger gehouden, terwijl men den middelsten vinger derzelfde hand zoodanig houdt, dat het scheermes bij het doen der snede hierover heen glijdt.

Somwijlen is het voorwerp echter te dun of te buigzaam, om er op die wijze doorsneden van te maken. Alsdan doet men beter met het op eene kurkplaat te leggen en nu benedenwaarts te snijden.

Bij voorwerpen, die uit hunnen aard vochtig zijn, is het raadzaam, vóór het verrigten der snede, het mes te bevochtigen, eensdeels omdat dan de gemaakte doorsnede gemakkelijker zonder kwetsing van het mes wordt afgenomen, anderendeels omdat het drooge mes, bij het doorklieven, de fijne zamenstellende deelen eer beschadigt, dan het vochtige.

295. Wanneer de lichamen eene tamelijke grootte bezitten, zoodat men hen gemakkelijk in de hand kan houden, behoeven zij op geenerlei andere wijze te worden bevestigd. Bij zeer kleine voorwerpen is men echter genoodzaakt zijne toevlugt te nemen tot onderscheiden bevestigingsmiddelen, die wederom overeenkomstig den aard van het te onderzoeken voorwerp moeten gewijzigd worden.

Van het algemeenste nut is hier echter eene gomoplossing, bestaande uit gelijke deelen zeer zuiver poeder van arabische gom en water. Een druppel dezer dikke oplossing wordt op een voorwerp-glaasje gebracht, en nu het voorwerp er ingelegd. Is dan de gomoplossing door de verdamping van het water hard geworden, dan is het voorwerp ook voor het nemen van doorsneden genoegzaam bevestigd.

Zijn de voorwerpen zeer klein, dan maakt men een mengsel van dezelve met de gomoplossing, en vervaardigt vervolgens doorsneden van dit verdroogde mengsel. Worden deze daarop in water gelegd, dan lost dit de gom op, en de kleine gedeeltelijk doorkliefde voorwerpen blijven over. Op die wijze kunnen doorsneden van amyllumkorrels, van pollenkorrels, en dergelijke kleine lichaampjes, zonder moeite vervaardigd worden.

In andere gevallen kan men met de gomoplossing nog de aanwending van het volgende hulpmiddel paren. Om b. v. doorsneden van haren, vischschubben, enzv. daar te stellen, vereenige men een aantal derzelve door middel der gomoplossing, d. i. de haren tot eenen bundel, de schubben tot eene laag van zekere dikte. Nu snijde men in eenen gewonen kurken stop eene sleuf, die wijd en diep genoeg is, om den gemaakten bundel of laag met gemak te bevatten. Deze daarin gebracht zijnde, bindt men eenen draad om de kurk, waardoor de randen der sleuf tot elkander geperst worden,

zoodat de voorwerpen stijf daartusschen besloten liggen. Vervolgens laat men het geheel droogen, en kan dan, de kurk en de daarin bevatte deelen gelijktijdig doorklievende, van deze doorsneden vervaardigen, welke in dunheid niets te wenschen overlaten. Het voordeel dezer handelwijze bestaat daarin, dat de kurk zelve eene groote snedevlakte aan het mes aanbiedt.

Eindelijk, indien van grootere dunne plaatvormige voorwerpen (bladeren, dierlijke vliezen enzv.) verticale doorsneden verlangd worden, dan plakke men hen met gom op eene plaat van kurk of van week hout, waarvan alsdan op de gewone wijze doorsneden kunnen worden vervaardigd, die, in water gelegd zich van de onderlaag afscheiden.

296. Bij dierlijke weefsels is dikwerf hunne zachtheid een groote hinderpaal voor de daarstelling van genoegzaam dunne en doorschijnende doorsneden. Men is dan ook reeds voorlang bedacht geweest op verschillende middelen, om zulke weefsels vaster en harder te maken, zoodat het doorklievende mes eenigen wederstand ontmoet.

Het oudste en, in de meeste gevallen, het beste dier middelen bestaat in zulke weefsels bij eene zachte warmte te laten droogen, en er dan in den gedroogden toestand doorsneden van te maken, welke vervolgens in eenen druppel water geplaatst, dit weldra opsorpen, zich uitzetten, en grootendeels weder geheel den vorigen vorm in het versche deel aannemen. Hierbij worden echter de volgende voorzorgen vereischt.

1° In de eerste plaats trachte men nimmer te groote gedeelten van eenig orgaan te droogen, eensdeels dewijl daardoor de drooging zeer vertraagd wordt, anderendeels omdat men gevaar loopt, dat, bij den warmtegraad, waaraan het weefsel moet worden blootgesteld, er in de dieper gelegen

deelen bederf ontstaat. Stukjes van 5 tot 8 millim. dikte zijn de meest gepaste, en leveren, ook na de inkrimping door het droogen, nog eene snedevlakte van genoegzame breedte.

2° De drooging moet verders bij eenen gepasten warmtegraad geschieden. Is deze te gering, dan geschiedt de drooging te langzaam, en het weefsel gaat in rotting over; is zij te hoog, dan coaguleert het daarin bevatte eiwit. In het algemeen kan men aannemen, dat de warmtegraad 50° C. niet te boven mag gaan.

3° Is er vet in het orgaan bevat, dan kieze men ter drooging zulk een gedeelte, dat daarvan zooveel mogelijk vrij is, want door de warmte smelt het vet, en doordringt het weefsel, nadat het water verdampt is, waardoor het later ongeschikt wordt, om zich weder behoorlijk in water uit te zetten, tenzij men de gemaakte doorsneden vooraf met ether laat uittrekken. Is het niet mogelijk een vetvrij gedeelte voor de drooging aan te wenden, dan moet men eene dunne laag bij eenen lageren warmtegraad droogen, dan waarbij het vet smelt, d. i. bij hoogstens 40° , daar 50° het smeltpunt van zuivere margarine is, en deze (in menschenvet) altijd met de reeds bij de gewone temperatuur vloeibare elaine vermengd voorkomt.

4° Als warmtebron kan men des zomers de zonnestralen aanwenden, terwijl des winters kunstwarmte gevorderd wordt. Daar echter bij het hangen in de lucht de voorwerpen altijd verontreinigd worden door het daarop vallend stof, zoo geef ik de voorkeur aan den in fig. 21 afgebeelden toestel, welke tevens eene gepaste regeling der verwarming veroorlooft. A stelt den geheelen toestel voor, terwijl bij B een gedeelte in doorsnede is afgebeeld. De letters beteekenen in beiden hetzelfde.

abcd is de doorsnede van eenen ronden bak, welke van

boven open is. Bij *ef* bevindt zich een tweede bodem, welke los ligt op eenen daarvoor bestemden rand. In de holte tusschen *ef* en *bc* is fijn zand bevat. Op den bodem *ef* rust het ronde voetstuk *gh*, hetwelk in deszelfs midden de stijl *ik* draagt. Aan deze is, op een derde van hare hoogte, de ronde bak *lm* bevestigd, welke met droog chlorcalcium gevuld wordt. De stijl *ik* is aan haar boveneinde voorzien van eene ronde plaat *op*, aan welker rand eenige haakjes zijn aangebragt, welke bestemd zijn, om de te droogen deelen, door middel van draden, op te hangen. Andere deelen, die op glasplaatjes geplaatst zijn, kunnen op de plaat zelve worden gelegd. Eene getubuleerde glazen klok overdekt het geheel, en rust op den tweeden bodem *ef*, terwijl zich in den hals der klok een thermometer *t* bevindt. De geheele toestel wordt gedragen door een gepast voetstuk, uit drie stijlen en eenen bak bestaande, terwijl voor de verwarming eene kleine Argandsche lamp dient. Alles is van stevig blik vervaardigd, met uitzondering van den bodem *bc*, welke uit geel koper bestaat (1).

297. Alhoewel nu de met eenige zorg verrigte drooging het meest algemeen aanwendbare middel is, om aan de weefsels eene voor het vervaardigen van doorsneden geschikte hardheid te geven, zoo heeft zij echter ook hare nadeelige zijden; bovendien is zij niet in alle gevallen toepasselijk. Hare nadeelen zijn: vooreerst, dat de eenmaal gedroogde deelen, later in water gelegd, niet weder volkomen tot het

(1) Deze zelfde toestel kan ook voor het uitbroeden van eijeren gebezigd worden. Daartoe wordt de stijl *ik* met den chlorcalciumbak enzv. verwijderd, en de eijeren in eene goede hoeveelheid boomwol gewikkeld in het opene gedeelte van den bak *abcd* gebragt, waarop vervolgens de deksel *C* geplaatst wordt, die bij *z* eene opening voor eenen thermometer heeft.

oorspronkelijk volume van het versche deel terugkeeren (1), en ten anderen, dat sommige elementaire deelen, zoo als de primitiefvezelen der pezen en der banden, door de drooging zoo sterk te zamen kleven, dat zij later, bij de doorweking met water, niet weder afzonderlijk te voorschijn komen. Ofschoon men nu erkennen moet, dat in den regel deze aaneenkleving geen plaats grijpt, daar vele der fijnste elementaire deelen, de primitiefvezelen der spieren, de primitiefbuizen der zenuwen enzv., door de drooging geene in het ooglopende verandering ondergaan, zoo is het echter wensche-lijk ook andere verhardingsmiddelen te gebruiken, ten einde de uitkomsten, met verschillende handelwijzen verkregen, onderling te kunnen vergelijken, en daaruit een meer zeker besluit op te maken.

Hier komen nu in de eerste plaats in aanmerking: alle zulke vochten, welke het vermogen bezitten om het eiwit te coaguleren, of daarmede onoplosbare verbindingen te vormen: alcohol, sublimaatoplossing, salpeterzuur, chromiumzuur. Natuurlijk is het geenszins onverschillig, welk dezer verschillende vochten men aanwendt. Hier moet men zich laten leiden, door de kennis aangaande de samenstelling van het weefsel, hetwelk men onderzoekt, en de algemeene inwerking der bedoelde vochten. Ook moet men niet vergeten, dat door hunne inwerking physische en chemische veranderingen in de weefsels ontstaan, en men dus altijd eenigzins op zijne hoede wezen moet, om geene kunstvoortbrengselen voor zamenstellende deelen gedurende den normalen toestand aan te zien.

(1) Voor de spieren vond ik de verhouding tusschen den gemiddelden doormeter der gedroogde en weder met water doorweekte primitiefbundels, en dien van dezelfde bundels in den verschen toestand, als 1:1,31. Zie mijne *Recherches micrométriques* p. 59.

Onder deze vochten is slappe *spiritus* van 10° tot 15° datgene, hetwelk de minste veranderingen te weeg brengt, en bepaaldelijk voor vele grootendeels uit vezelen bestaande organen, met voordeel kan gebruikt worden. Zulke weefsels worden er, wel is waar, niet eigenlijk hard door, maar vast genoeg, om, met behulp van een zeer scherp scheermes, er tamelijk dunne plaatjes van te snijden. Zoo b. v. de *uterus*, de *ovaria* enzv. Wil men eene meerdere verharding te weeg brengen, dan kan men eenen sterkeren *spiritus* aanwenden, doch dan krimpen de deelen altijd meer of min ineen.

Dit laatste is ook altijd het geval bij dierlijke weefsels, die in *sublimaatoplossing* vertoefd hebben. Bovendien maakt deze hen zoo ondoorschijnend, zelfs dan wanneer de oplossing zeer verdund is, dat men slechts zelden tot dit middel zijne toevlugt zal nemen. Slechts in één geval verdient het boven andere verkozen te worden, namelijk wanneer men de haarvaten met de daarin nog ongeschonden bevatte bloedschijfjes wil onderzoeken, dewijl sublimaatoplossing onder de mij bekende stoffen de eenige is, waardoor de laatste geene veranderingen ondergaan. Tot dit doel moet de oplossing echter niet meer dan $\frac{1}{100} - \frac{1}{50}$ sublimaat bevatten.

Het derde der genoemde vochten, *salpeterzuur*, kan in sommige gevallen met vrucht gebruikt worden. Voor de kristallens is het als het meest geschikte te beschouwen; doch vooraf moet dan het geconcentreerde zuur met 4—5 maal deszelfs gewigt water verdund, en de kristallens, alvorens daarvan doorsneden worden vervaardigd, met water uitgetrokken worden, ten einde het zuur weder te verwijderen, hetwelk, zonder deze voorzorg, de messen zoude aantasten.

Ook voor de ontleding van zeer kleine embryones is eene

bevochtiging met salpeterzuur verdund met 8 deelen water een nuttig hulpmiddel, waartoe hetzelfde het eerst door Rusconi (1) is aanbevolen.

Het *chromiumzuur*, waarop Jacobi en Hannover het eerst voor dergelijke doeleinden opmerkzaam gemaakt hebben (2), vindt in vele gevallen eene nuttige aanwending. In zeer verdunden toestand, zoodat deszelfs oplossing eene strooge gele kleur heeft, dient het voor het verharden van hersenen, ruggemerg enzv.; in iets meer geconcentreerden toestand is het in staat de eiwithoudende vochten, die in holten besloten zijn, zooals het glasvocht in het oog, tot coagulatie te brengen, zoodat het nu mogelijk is, de vliezen te ontdekken, welke zulke holten in vakken verdeelen. De eenige nadeelige bijwerking van dit middel bestaat in de gele kleur, die het aan alle daarmede doortrokken organen mededeelt. Ook neemt gelijktijdig met de verharding de ondoorschijnendheid toe.

Dit laatste gebrek is niet eigen aan twee vochten die door Purkinje, en later ook door Pappenheim (3) tot het verharden van dierlijke stoffen zijn aanbevolen, namelijk eene oplossing van *koolstofzure potasch* en *houtazijn*. Inderdaad bezitten beide het vermogen aan zachte dierlijke weefsels eene kraakbeenige hardheid te geven, en zouden als zoodanig zeer tot het bedoelde oogmerk geschikt zijn, indien de oorzaak van dit vast worden niet juist gelegen ware in eene chemische en physische verandering, welke de elementaire dee-

(1) *Annales des sciences naturelles*. 1841 Avril.

(2) Zie Hannover, *Die Chromsäure ein vorzügliches mittel bei mikroskopischen Untersuchungen*, Müller's Archiv. 1840 s. 549.

(3) Simon's *Beiträge zur physiologischen und pathologischen Chemie und Mikroskopie*. 1843. s. 499.

len door de inwerking der beide genoemde vochten ondergaan.

Bij de opzettelijk door mij in het werk gestelde proefnemingen, om de waarde dezer middelen te toetsen, is mij gebleken, dat eene verhouding van 1 deel koolstofzure potasch op 4 deelen water tot verharding der weefsels, zoodat er dunne doorsneden van kunnen genomen worden, over het algemeen meer dan toereikend is, doch dat, indien de hoeveelheid water minder dan het dubbele bedraagt (1 op 8), men zich niet meer met voordeel van deze oplossing kan bedienen. Onderzoekt men nu de inwerking dezer tamelijk geconcentreerde oplossing op de weefsels, dan bevindt men, dat vele elementaire deelen, namelijk die van het bindweefsel, van de pezen, de huid, de primitiefbuizen der zenuwen, de wanden der bloedvaten, enzv., daaronder weinig of niet geleden hebben. Daarentegen hebben zich alle de deelen, die grootendeels uit proteïneverbindingen bestaan, zoo als de primitiefvezelen der willekeurige en onwillekeurige spieren, de inhoud van nagenoeg alle cellen enzv., daardoor sterk uitgezet, zoo zelfs dat de vezelachtige deelen geheel verdwenen, en de celvliezen door de sterke uitzetting verdund, en moeilijk zichtbaar zijn geworden. De oorzaak van de door koolstofzure potasch bewerkte vastheid der organen moet derhalve juist in die opzwellings der proteïnehoudende elementaire deelen gezocht worden, en de graad van hardheid, welke een orgaan daardoor verkrijgt, houdt met het proteïnegehalte gelijken tred. Men ziet echter ligtelijk in, dat dit verre is van in alle gevallen gunstig te zijn, zoodat de koolstofzure potaschoplossing dus wel somtijds met vrucht kan worden aangewend, maar geenszins onvoorwaardelijk als algemeen verhardingsmiddel kan worden aanbevolen, dewijl men daarbij steeds, om eenige der elementairdeelen duidelijk te

zien, de nauwkeurige waarneming van andere zamenstellende deelen van hetzelfde orgaan moet opofferen. Het zal overigens niet noodig zijn, hier in bijzonderheden te treden nopens de gevallen, waar dit middel van werkelijk nut kan wezen, dewijl in de boven kortelijk geschetste inwerking op de voornaamste elementaire bestanddeelen van de zachte dierlijke weefsels, hiertoe reeds de noodige aanwijzing bevat is. Ik voeg hier slechts bij, dat eene doorsnede, welke vervaardigd is van een met koolstofzure potasch doortrokken deel, goed met water moet worden uitgespoeld, en ook hiermede bevochtigd onder het mikroskoop gebragt, dewijl het sterke lichtbrekend vermogen dezer oplossing anders de elementaire deelen te doorschijnend, en daardoor moeilijk zichtbaar maakt.

Het tweede der door Purkinje aanbevolen vochten, de *houtazijn* acht ik geheel ongeschikt voor verreweg de meeste onderzoekingen van dierlijke weefsels. Zij verkrijgen daarmede wel de noodige hardheid, en worden, na gedroogd te zijn (hetgeen bij het gebruik van koolstofzure potasch niet geschieden kan, omdat dit den waterdamp uit de lucht aantrekt), zelfs hoornachtig, doch dit heeft alleen plaats ten koste eener verandering in bijna al de elementaire deelen, bepaaldelijk der lijmgevende weefsels: bindweefsel, huid, pezen, banden; terwijl de wanden der cellen grootendeels verdwijnen, welk nadeel niet opgewogen wordt door het sterker te voorschijn treden der kernen. De oorzaak van het hard worden is dus, in eenen zekeren zin, hier het tegenovergestelde van die bij de inwerking van koolstofzure potasch. Terwijl door dit laatste eene opzwellling der proteïnehoudende bestanddeelen ontstaat, brengt houtazijn eene sterke uitzetting van alle tot de lijmgevende weefsels behorende deelen te weeg, zonder de proteïne-bestanddeelen geheel te ver-

schoonen, zoodat de door dit middel te weeg gebragte veranderingen inderdaad te groot zijn, om, na deszelfs aanwending, over de normale structuur van eenig orgaan te kunnen oordeelen.

298. Uit het gegeven overzicht der verschillende hulpmiddelen, welke tot het vervaardigen van doorsneden van zachte weefsels kunnen dienen, blijkt, dat noch het droogen, noch de behandeling met eenig verhardend vocht als voor alle gelegenheden geschikt kunnen worden beschouwd; dat integendeel elke dier handelwijzen hare eigene voor- en nadeelen heeft, zoodat men bij eenig onderzoek het best zal doen zich niet bij eene enkele te bepalen, maar, al naar gelang van den aard des voorwerps, de keuze in te rigten, of meer dan eene der genoemde in toepassing te brengen, en dan ten slotte de altijd gedeeltelijk bruikbare uitkomsten der verschillende waarnemingen onderling te vergelijken, om er een algemeen besluit uit af te leiden.

Het wenschlijkst ware echter een gepast middel te bezitten, ten einde van de geheel versche weefsels doorsneden van genoegzame dunheid te kunnen vervaardigen. Hiertoe nu hebben Gerber en Valentin hunne *dubbelmessen* bestemd, welke boven (§ 284) beschreven zijn, tevens met de daaraan door mij aangebragte wijzigingen. Inderdaad is het dubbelmessen een in sommige gevallen zeer bruikbaar werktuig. Men zoude zich echter bedriegen, indien men waande, dat het overal en altijd aanwendbaar is. Zoodra de deelen zeer zacht zijn, b. v. hersenen en ruggemerg, is het mij nimmer gelukt daarmede doorsneden daar te stellen, die (zonder drukking) eene voldoende doorschijnendheid bezaten. Daarentegen is het bij tamelijk vaste, vooral vezelachtige organen (b. v. den uterus) geheel op zijne plaats.

Om het *dubbelmes* behoorlijk te gebruiken worden eenige voorzorgen vereischt. Na de beide klingen, door middel der schroef, op dien afstand gebragt te hebben, welken men oordeelt de geschikste te zijn, dompele men hen in water, zoodat hunne binnenvlakten geheel nat zijn. Daarop beginne men de snede met het achterste naar de hand toe gekeerde gedeelte van het dubbelmes, omdat aldaar de tusschenruimte tusschen de beide klingen het geringst is, en hale nu het mes, eene enkele snede doende, onder zachte drukking, naar zich toe, dat is, zonder op en neder te snijden, dewijl daardoor het reeds tusschen de messen bekleemde gedeelte zoude verscheurd worden. Vervolgens verwijdere men de beide klingen van elkander door het losdraaijen der schroef, en spoele de aan een van hen beiden gehecht blijvende lap met eenig water daarvan af.

Het *dubbellancet* (z. bl. 115) wordt met vrucht gebruikt, om doorsneden te vervaardigen nabij de oppervlakte van eenig orgaan, waar het dubbelmes geen wederstand genoeg zoude ontmoeten. Echter kan het ook in de meeste andere gevallen worden gebezigd, en is vooral aanwendbaar daar waar de deelen onderling los zamenhangen, zoodat zij door de snijdende beweging van het mes ligtelijk uit hunne plaats zouden verwijderd worden. Met het dubbellancet namelijk worden de doorsneden gestoken, en niet gesneden.

De *dubbelbijtel* eindelijk (zie bl. 114) dient vooral tot het daarstellen van doorsneden van hardere weefsels, zoo als van kraakbeen, van de meeste plantenorganen enzv. Bij het gebruik van dit werktuig wordt het voorwerp, waarvan men eene doorsnede verlangt, op eene kurkplaat gelegd, en nu de dubbelbijtel, onder het verrigten eener hobbelende beweging, er door heen gedrukt.

Even als ten aanzien van het dubbelmes gezegd is, geldt het ook voor het dubbellancet en den dubbelbijtel, dat namelijk vóór het gebruik de bladen met water moeten bevochtigd worden.

299. Het spreekt van zelf, dat deze verschillende soorten van werktuigen alleen daar kunnen worden gebruikt, waar het orgaan eene zekere dikte heeft, zoodat dit bij het doorklieven genoegzamen weerstand biedt. Tot het nemen eener oppervlakkige doorsnede, — iets dat zeer dikwerf juist het gewichtigste is, omdat men dan klaar het punt ziet, waarvan men eene doorsnede verlangt, — zijn deze werktuigen geheel onbruikbaar.

Indien een gewoon scalpel of scheermes hier, uithoofde der weekheid van het weefsel niet kan gebruikt worden, dan kan men zich met voordeel bedienen van een *lancet*, of nog beter van het in fig. 5 afgebeelde en bl. 112 beschreven mesje. Men steekt de spits hiervan, na het vooraf met water nat gemaakt te hebben, even onder de oppervlakte, en schuift haar in gelijke rigting met deze voorwaarts, terwijl, indien de afgescheiden lap daarbij niet van zelf reeds loslaat, men dit met eene schaar te hulp komt. Inderdaad komen de gelegenheden, waarbij deze handelwijze met vrucht kan worden aangewend, in de fijnere anatomie der dierlijke organen zeer veelvuldig voor, en acht ik een dergelijk mesje, voor onderzoekingen van dien aard, veel onmisbaarder dan het dubbelmes, waarvan het gebruik altijd tot eenige weinige gevallen zal beperkt blijven.

300. Onder de tot het vervaardigen van doorsneden aangewende werktuigen, noem ik hier nog volledigheidshalve de

schaaf, waarvan het gebruik door Pappenheim (1) is aanbevolen. Natuurlijk zijn alleen zulke deelen, die uit hunnen aard hoornachtig of door kunst verhard zijn, voor deze handelwijze geschikt; terwijl hare voordeelen daarin bestaan, dat men eensdeels zeer groote, anderendeels eene reeks van elkander opvolgende doorsneden, binnen korten tijd, daarmede kan verkrijgen. Intusschen zullen de gelegenheden, waar zij inderdaad boven andere werktuigen de voorkeur verdient, zich zelden aanbieden, te minder, daar, gelijk Pappenheim zelf erkent, de aldus daargestelde doorsneden ongeschikt zijn voor de waarneming der fijnste details, iets, dat toch, in verreweg de meeste gevallen van mikroskopisch onderzoek, als de hoofdvoorwaarde moet beschouwd worden.

501. Even als vele zachte voorwerpen om den geringen wederstand, die zij aan het mes aanbieden, eigene voorzorgen en hulpmiddelen tot het vervaardigen van doorsneden vorderen, zoo zijn er andere voorwerpen: beenderen, tanden, koralen, schelpen, fossilien, enzv., die, uithoofde hunner hardheid en daarmede gepaard gaande broosheid, moeilijk tot genoegzame dunheid kunnen worden gebragt. Hier moet men weder tot geheel andere middelen zijne toevlugt nemen. Deze zijn tweederlei.

Indien, gelijk bij tanden en beenderen (schelpen en koralen, als een te gering gehalte aan organische bestanddeelen bevattende, zijn hiervoor ongeschikt) het wefsel voor een aanzienlijk gedeelte uit organische deelen bestaat, die, na de verwijdering der zoogenaamde anorganische stoffen, nog in hunnen zamenhang overblijven, dan kan men zulke voorwerpen

(1) Simon's *Beiträge* 1843. s. 493.

door salpeterzuur of zoutzuur daarvan bevrijden; men zal echter wel doen met niet al te geconcentreerde zuren aan te wenden, dewijl door eene te snelle en krachtige werking ligtelijk het verband der zamenstellende deelen verbroken wordt. Indien de hierbij plaats hebbende gasontwikkeling na eenige uren heeft opgehouden, dan moet het zuur afgegoten, en door water vervangen worden, hetwelk men eenige malen ververscht. Deze voorzorg is noodig, omdat zonder haar de salpeterzure kalk of het chlorcalcium, beide deliquescerende zouten, de drooging aan de lucht onmogelijk maken. Is het voorwerp door herhaalde uitwassching met water daarvan bevrijd, dan kan het op de gewone wijze gedroogd, en de doorsneden met een scheermes of scalpel vervaardigd worden.

De andere handelwijze heeft ten doel, om door slijping genoegzaam dunne en doorschijnende plaatjes daar te stellen. Hiertoe maakt men eerst, met behulp eener vijl van matige fijnheid, de oppervlakte van het voorwerp plat, en vervolgens zaagt men met eene fijne zaag daarvan een plaatje af van zekere dikte. Hoe dunner dit is, des te minder tijd behoeft naderhand op het slijpen te worden doorgebracht, doch men is in dit opzigt afhankelijk van den aard der stof, waaruit het ligchaam bestaat. Beenderen en wortels van tanden kan men tot plaatjes zagen, die weinig dikker dan schrijfpapier zijn; bij tandkroonen, koraleen, schellen enzv. is men daarentegen genoodzaakt veel dikkere plaatjes af te zagen, dewijl zij anders onder de bewerking afbrokkelen.

Het slijpen geschiedt het best op eene plaat spiegelglas met water en amaril, daarbij aanvangende met de grovere, en hiermede eerst aan de eene, en vervolgens aan de andere oppervlakte voortgaande, tot dat het plaatje de vereischte dunheid heeft erlangd; dan neemt men, na de glasplaat af-

gespoeld te hebben, de fijnere door slibbing (z. bl. 117) verkregen amaril, steeds zorg dragende genoegzaam water op de glasoppervlakte te houden, en eindigt met het plaatje nog eenigen tijd op de, nu mat geworden, glasplaat alleen te slijpen, zonder amaril, ten einde de kleine door deze gemaakte krasjes geheel te verwijderen.

In de meeste gevallen, bepaaldelijk bij het vervaardigen van tand- en beenpraeparaten, zal men zich het best bevin- den bij het slijpen uit de vrije hand, dat is zonder het plaatje ergens op te bevestigen, maar het alleen met de spits van den wijsvinger over de slijpoppervlakte voerende. Dit levert namelijk het voordeel op, van gedurende de be- werking over de dikte van het plaatje te kunnen oordeelen, en het van tijd tot tijd onder het mikroskoop te kunnen brengen, ten einde te zien, of het de gevorderde doorschij- nendheid reeds verkregen heeft, dan wel of men nog met slijpen moet voortgaan. Bovendien heeft men het dan in zijne magt, indien een gedeelte van het plaatje dikker dan het overige is, dit door eenige meerdere drukking daar ter plaatse te verhelpen. Om den vinger te beschutten, kan men een linnen lapje daarom heen slaan, of nog beter eenen ou- den zeemlederen handschoen aantrekken. Is het plaatje ech- ter al te klein, of de zelfstandigheid, waaruit het bestaat, zeer broos, gelijk b. v. die der schelpen van weekdieren, dan is men wel verplicht het plaatje met zegellak op een handvat- sel van gepasten vorm vast te kleven. Na de slijping wordt dan het plaatje van het lak losgemaakt door middel van alkohol.

Van fossiliën, waar de incrusterende stof hoofdzakelijk uit koolstofzuren kalk bestaat, kunnen op eene dergelijke wijze, zonder veel moeite, dunne plaatjes vervaardigd wor-

den. Is echter de incrusterende zelfstandigheid kiezelzuur, dan vordert het daarstellen van doorschijnende plaatjes zoo-veel tijd en moeite, dat men beter doet, om deze bewerking, indien daartoe de gelegenheid bestaat, aan eenen diamantslijper op te dragen. V. Mohl (1) geeft den raad, om, in zulk een geval, op eene draaibank eene dunne koperen schijf te spannen, en daarmede met behulp van amaril eene dunne laag van het voorwerp af te snijden, deze vervolgens op eene glasschijf te bevestigen, met fijne amaril te slijpen en eindelijk te polijsten. Ik zelf heb hieromtrent geene eigene ervaring.

302. Eene hoofdvoorwaarde, waarvan het welslagen van elk anatomisch onderzoek meer of min afhangt, is, dat de voorwerpen, welke men wil waarnemen, behoorlijk van de naburige en omringende geïsoleerd worden. Eigenlijk bestaat hierin de geheele praktische anatomie. Het is uit den aard der zaak niet mogelijk algemeene voorschriften te geven, hoe zulks geschieden kan, daar de handelwijzen hier telkens verschillen moeten naar gelang van het voorwerp, hetwelk men onderzoekt, en ook grootendeels alleen door eigen oefening kunnen worden aangeleerd. Schoon derhalve de fijnere anatomie van kleine dieren, insekten, weekdieren, entozoa, infusoria enzv., geheel op het gebied van het mikroskopisch onderzoek ligt, zoo gedooft de meer algemeene strekking van dit werk niet hier in bijzonderheden te treden nopens de onderscheiden wijzen, waarop moet worden te werk gegaan, ten einde hunne organen voor onderzoek behoorlijk bloot te leggen. Het zij genoeg hier te herinneren aan het

(1) *Mikrographis* s. 259.

vroeger (§ 290) gezegde, nopens de wijze, waarop zulke voorwerpen bevestigd worden, ten einde beide handen voor het gebruik van de mesjes, naalden, scharen enzv. vrij te houden, terwijl ik alleen doe opmerken, dat de ontleding in zulk een geval altijd onder water moet geschieden, omdat de deelen zich dan gemakkelijker laten uitspreiden, en waarbij men zich, al naar gelang der omstandigheden, van het bloote oog, de loupe, het enkelvoudig of het regtkeerend mikroskoop kan bedienen. Wil men vervolgens eenig afgezonderd deel sterker vergroot zien, en het daartoe onder het zamengesteld mikroskoop brengen, dan legt of houdt men een voorwerpplaatje onder de oppervlakte van het water, en brengt er nu het voorwerp op, hetwelk dan zonder moeite in die stelling kan gebragt worden, welke voor mikroskopisch onderzoek het geschikst is, welke stelling het behoudt, ook nadat het voorwerpplaatje met het daarop liggend voorwerp uit het water genomen, en het overtollige vocht verwijderd is. Het is op dezelfde wijze, dat dunne dierlijke vliezen, doorsneden van tedere weefsels enzv., op de voorwerpplaatjes moeten worden gebragt, dewijl zonder dit hulpmiddel het zelden gelukt hen zonder kwetsing behoorlijk uit te spreiden.

505. Bij zeer vele mikroskopische onderzoekingen, en wel bepaaldelijk bij die van dierlijke weefsels heeft men tweederlei doel, namelijk vooreerst het maaksel van het weefsel in zijn geheel, dat is den onderlingen samenhang der hetzelfde samenstellende elementaire deelen waar te nemen, en ten tweede ook het maaksel dier elementaire deelen zelve te onderzoeken. Het eerste doel wordt bereikt door *of*, indien, gelijk bij vliezige deelen plaats heeft, de doorschijnendheid groot genoeg is, er een klein gedeelte van onmiddellijk onder

het mikroskoop te brengen, *of*, waar zulks niet het geval is, er dunne doorsneden van te vervaardigen. Doch om de zamenstellende elementaire deelen goed te zien, daartoe is dit algemeene onderzoek in den regel niet toereikend, dewijl deze te dicht opeen gepakt liggen, dan dat zij met genoegzame duidelijkheid kunnen onderscheiden worden. Zoo b. v. zal men op de dwarse en overlansche doorsneden van spieren, van zenuwen enzv., zeer goed kunnen waarnemen, hoe de algemeene loop der primitiefbundels en der primitiefbuizen is, hoe de vezels van het bindweefsel de bundels omgeven, hoe, indien de bloedvaten opgespoten zijn, deze zich tusschen deze deelen verspreiden; doch om de fijnere structuur der primitiefbundels in de spieren, en der primitiefbuizen in de zenuwen na te gaan, daartoe is het volstrekt noodig hen afgezonderd en geheel op zich zelve liggende te zien. In zulke gevallen moet het weefsel worden uitgeplozen. Hiertoe legt men een zeer klein gedeelte van hetzelfde op een voorwerpplaatje, bevochtigt het met eenig water, en verrigt nu de uitpluizing met een paar naalden, hetzij met het bloote oog, *of*, waar zulks noodig mogt zijn, — b. v. ter isolering van de Malpighische ligchaampjes der nieren, der gangliencellen in de zenuwknoopen, enzv. — onder de loupe.

304. Intusschen moet men hierbij wel in het oog houden, dat het water, schoon van de verschillende vochten het meest algemeen aanwendbare zijnde, toch niet uitsluitend en in alle gevallen de voorkeur verdient. Reeds vroeger (§ 258) heb ik doen opmerken, hoe het maaksel van vele voorwerpen slechts dan kan erkend worden, wanneer zij in sterker brekende middenstoffen geplaatst zijn; maar inzonderheid heb ik hier het oog op den invloed, dien het water uitoefent

op den vorm van sommige tedere door vliezen begrensde organische voorwerpen, ten gevolge der plaats grijpende endosmose, en herinner daarom hier aan den mede reeds vroeger (bl. 150) gegeven regel, van de organische voorwerpen zooveel mogelijk in dien toestand onder het mikroskoop te brengen, waarin zij zich tijdens het leven bevonden. Daarna de vochten, waardoor de deelen omspoeld worden, of die in hen bevat zijn, altijd uit waterige oplossingen (van eiwit, suiker, gom enzv.) bestaan, maar nimmer uit zuiver water, zoo zal ook het gebruik van dergelijke oplossingen dikwerf de voorkeur boven enkel water verdienen. Echter heeft de ondervinding reeds met voldoende zekerheid het meerendeel der gevallen leeren kennen, waarin zulk eene inwerking van het water op de elementaire deelen te vreezen is, en andere, waarin geen spoor van verandering daardoor ontstaat. Zoo kan men, bij schier alle onderzoekingen van planteweefsels, gerustelijk zuiver water ter bevochtiging aanwenden; alleenlijk bij zeer jeugdige in de eerste ontwikkelingstijdperken verkeerende deelen is het veiliger eene zeer verdunde (1 op 50 deelen water) suiker- of gomoplossing te bezigen. Onder de dierlijke weefsels heeft water geenen bespeurbaren invloed op alle echte vezelweefsels, dat is, spier-, pees-, band-, bindweefsel enzv.; verders niet op de platte bandvormige vezelen der kristallens, noch op de cellen van het kraakbeen, ofschoon de tusschenliggende stof hetzelfde met kracht inzuigt, en daardoor wordt uitgezet, gelijk op eene in het oog vallende wijze plaats grijpt bij doorsneden van de kraakbeenige ringen der luchtpijp. Dat hardere weefsels, zoo als van beenderen, tanden, schubben, haren, vederen enzv., door de toevoeging van water geenerlei verandering ondergaan, zal ter naauwernood behoeven vermeld te worden.

Tot de elementaire deelen, waarop water eenen schadelijken, den vorm meer of min verstorenden, invloed uitoefent, kunnen in het algemeen alle de zoodanige worden gerekend te behooren, welke bestaan uit een zeer teder vliesje als hulsel met eenen daarin beslotenen inhoud, die organische stoffen in tamelijk geconcentreerden toestand opgelost bevat; dus in het algemeen alle jeugdige dunwandige cellen en buizen. Hier moet men echter nog onderscheid maken. De inwerking van het water is gering op alle epitheliumcellen, pigmentcellen, de levercellen, de haarvaten, mits deze niet tot de allerfijnste behooren; daarentegen belangrijker op de primitiefbuizen der zenuwen, vooral op die van het ruggemerg en der hersenen; terwijl eindelijk de bloedligchaampjes en de bestanddeelen van het netvlies schier onmiddellijk na de bevochtiging met water daardoor eenen van den vroegeren geheel verschillenden vorm aannemen, zoodat de eersten alleen drijvende in bloedwei, en de laatsten alleen bevochtigd met het glasvocht uit hetzelfde oog, zonder verandering ondergaan te hebben, kunnen onderzocht worden.

305. Wanneer nu een voorwerp zoodanig is toebereid, dat het voor de mikroskopische waarneming geschikt is, dan moet het bedekt worden met een dekplaatje. (Zie omtrent hunne vervaardiging § 287 en 288).

Het doel dezer bedekking is tweeledig: *vooreerst*, om de verdamping van het vocht, en het beslaan van het objectief daardoor, te verhinderen; *ten tweede*, om de oppervlakte van het voorwerp in een plat vlak te brengen.

Bij de keus van het dekplaatje moet men zich door de volgende omstandigheden laten leiden: *vooreerst*, door den afstand van het objectief van het voorwerp; het spreekt van

zelf, dat bij aanwending der sterkste objectieven alleen zeer dunne dekplaatjes in aanmerking kunnen komen, doch *ten tweede* moet acht gegeven worden op den invloed, welken de dikte van het dekplaatje op den gang der stralen en den correctietoestand der aberratiën uitoefent (z. Dl. I bl. 208), terwijl eindelijk *ten derde* de graad van het weerstandbiedend vermogen aan drukking in aanmerking komt, welken het voorwerp bezit. Sommige voorwerpen namelijk kunnen slechts eene hoogst geringe drukking verdragen, zoodat alleen de dunste plaatjes mica of glasvlies voor hunne bedekking geschikt zijn, terwijl daarentegen vele andere hierdoor niet alleen geen nadeel ondervinden, maar zelfs eenen zekeren graad van drukking vorderen, om hunne zamenstellende deelen behoorlijk zichtbaar te maken.

Waar de eenvoudige bedekking met een tamelijk dik dekplaatje hiervoor niet voldoende is, moet de drukking door werktuiglijke middelen vermeerderd worden, en het is hier, dat het drukwerktuig of *compressorium*, waarvan talrijke wijzigingen bestaan, welker beschrijving voor de laatste afdeling bespaard blijft, in aanwending kan worden gebragt. Echter kan hij, die zulk een werktuig niet bezit, het voor de meeste gevallen, waar eene trapsgewijs toenemende drukking gevorderd wordt, ontbeerlijk maken, door een gewoon voorwerpplaatje ter bedekking te bezigen, en tusschen de beide glasplaatjes in, aan weerszijden van het voorwerp, en op eenigen afstand daarvan, eene kleine hoeveelheid van eenige weke zelfstandigheid te plaatsen, b. v. van een mengsel van was met een weinig terpenhijnolie zamengesmolten. Door eene gelijkmatige drukking tusschen den duim en den wijsvinger der beide handen, kan dan geheel aan de bedoeling, waartoe een *compressorium* bestemd is, worden beantwoord,

terwijl deze eenvoudige inrigting een voordeel bezit, dat aan de meeste compressoria ontbreekt, van namelijk dadelijk omgekeerd te kunnen worden, zoodat men de uitwerking der drukking op de tegenovergestelde zijde van het voorwerp kan onderzoeken, iets dat in vele gevallen van werkelijk belang is. Bovendien kunnen de op gelijke wijze toebereide plaatjes den dienst vervullen van eenen *mikroskopischen roller*, door hen langzaam over elkander te doen glijden, zoodat het daartusschen bevatte vocht en de hierin drijvende deeltjes, b. v. bloedschijfjes, kristallen enzv., in beweging worden gebragt, en hierbij kunnen verschillende kanten aan het oog des waarnemers aanbieden.

Wat overigens de gevallen betreft, waarin drukking nuttig is te achten, zoo laten zich bezwaarlijk daaromtrent algemeene regelen geven, evenmin als omtrent den graad van drukking, waaraan de voorwerpen, zonder nadeel voor het onderzoek, kunnen worden onderworpen. Eigen oordeel moet hier doorgaans beslissen. Men moet hier vooral de verschillende doeleinden in het oog houden, welke men door de drukking wenscht te bereiken. Deze kunnen in drie klassen verdeeld worden.

In de *eerste* plaats kan drukking worden aangewend, om de doorschijnendheid van eenig voorwerp te bevorderen, dewijl het daardoor tot eene dunnere laag wordt zamengeperst. Daar nu hierbij noodwendig de vorm der deelen eene verandering ondergaat, zoo moet men als regel stellen, dat men tot dit middel alleen dan zijne toevlugt behoort te nemen, wanneer andere meer veilige middelen niet kunnen worden toegepast. Zoo b. v. is drukking onontbeerlijk voor het onderzoek van de eerste tijdperken der embryogenie bij planten en dieren, omdat hier de kleinheid en de zachtheid

der deelen het verrigten van doorsneden onmogelijk maken, en de ondoorschijnendheid, ten gevolge der vele op elkander liggende lagen, te groot is, dan dat men hen in hunnen onderlingen samenhang kan waarnemen. Hier zorge men alleen geene meerdere drukking aan te wenden, dan voor de zigbaarmaking volstrekt vereischt wordt. Ook bij het onderzoek van de hersenen en van het ruggemerg kan drukking bezwaarlijk ontbeerd worden; intusschen zijn de uitkomsten van zulke waarnemingen altijd eenigzins te mistrouwen, dewijl kunstmatige aanzwellingen der buizen, en uittreding van den daarin bevatten inhoud, die kleine bolletjes en schijnbare blaasjes vormt, hiervan de noodzakelijke gevolgen zijn.

Van eene *tweede* nuttige aanwending der drukking, namelijk om door haren werktuiglijken invloed op de lichamen, vaste voorwerpen van holle te onderscheiden, is reeds vroeger melding gemaakt (bl. 55). Ook kan men daardoor gemakkelijk ontdekken, of een klein het licht sterk brekend rondachtig lichaampje, hetwelk men ontwaart, een vetbolletje, een amyllumkorreltje of wel een uit anorganische stof, b. v. koolstofzure kalk, bestaand lichaampje is. Verders worden, door drukking en gelijktijdige heen en weder schuiving der glasplaatjes, plooiën voortgebracht in de vliezen, die zich daartusschen bevinden, en hun bestaan hierdoor, zoo dit twijfelachtig mogt zijn, gekenmerkt.

Eindelijk ten *derde* levert een matige graad van drukking het meest gepaste hulpmiddel op, om zeer beweeglijke voorwerpen, bepaaldelijk kleine diertjes, gelijk de infusoriën, in hunne bewegingen te beperken.

506. Inderdaad is het laatstgenoemde hulpmiddel bij het

naauwkeurig onderzoek van kleine dieren volstrekt onmisbaar, en door eenige oefening leert men weldra de mate van drukking kennen, welke zij zonder schade kunnen verdragen, en die tevens voor de waarneming voldoende is. Zijn de diertjes zeer teder, gelijk de infusoriën, dan moeten tusschen het voorwerpplaatje en het dekplaatje eenige dunne vezelen van papier, confervendraden, of iets dergelijks gebragt worden, ten einde de drukking te matigen.

Om iets grootere dieren, b. v. vele der in het water levende larven, tot rust te brengen, kan men ook nog op eene andere wijze te werk gaan. Men brengt hen in een der vroeger (bl. 125) beschreven kleine bakjes, met zooveel water als noodig is, om dit geheel te vullen, en legt er vervolgens een dekplaatje op. De weinige in het water voorhanden lucht is dan na eenigen tijd door het diertje verbruikt, en het gevolg hiervan is, dat het, door gebrek aan lucht, allengs asphyctisch wordt, zijne bewegingen meer en meer vertraagd worden, deze eindelijk geheel ophouden, en het diertje sterft; doch reeds eenigen tijd, vóór dat de dood intreedt, zijn de bewegingen langzaam genoeg geworden, om de waarneming, niet alleen van de deelen, maar ook van sommige hunner verrigtingen, mogelijk te maken.

307. Om andere in beweging zijnde voorwerpen behoorlijk te zien, worden wederom andere middelen gevorderd. Ik bedoel hier inzonderheid de beweging der sappen in levende organische voorwerpen: de rotatie van het celsap en de cyclose bij de planten, alsmede den bloedsomloop of de beweging van het voedingsvocht bij de dieren.

De waarneming der eerste soort van beweging, de rotatie van het celvocht namelijk, is zeer gemakkelijk; zij wordt

gezien, zoodra eene ongekwetste plantencel (die der tederde wortelvezelen van *Hydrocharis Morsus ranae*, de haren der antherae van *Tradescantia virginica*, de brandharen van *Urtica urens* en van *U. dioica*, de cellen der verschillende soorten van *Chara* en van *Nitella*, en in talloze andere gevallen), waarin dit verschijnsel, door de in strooming zijnde kleine ligchaampjes, zichtbaar is, met water bevochtigd, onder het mikroskoop wordt gebragt. Alleenlijk zorgen men de cellen door het dekplaatje niet te drukken, waarom het noodig is eenig dun voorwerp tusschen dit en het voorwerpplaatje te brengen.

Om de cyclose behoorlijk waar te nemen, worden eenige voorzorgsmaatregelen gevorderd. Wel is waar ziet men haar zonder veel moeite in de afgebroken doorschijnende deelen van verscheidene melksap-voerende planten, zoo als in de schutblaadjes van *Ficus elastica*, de jeugdige kelkblaadjes van *Chelidonium majus* enzv.; doch deze waarnemingen zijn altijd onzeker, omdat hier, behalve de eigen beweging van het melksap, ook nog deszelfs uitvloeijing uit de gebroken vaten plaats heeft. De cyclose kan daarom alleen met genoegzame zekerheid aan de met de levende plant nog onmiddelijk zamenhangende organen onderzocht worden, en daartoe moet deze in eenen bloempot staan, welke dan ter zijde van het mikroskoop wordt gesteld, zoodanig dat het deel, hetwelk door deszelfs dunheid eene voor het doel toereikende doorschijnendheid belooft, zonder aan hetzelfde eene te gedwongen rigting te geven, op de voorwerptafel van het mikroskoop kan worden gebragt. Ter bevordering der doorschijnendheid heeft men vroeger het regtstreeksche zonlicht ter verlichting aanprezen; dat dit deze aanbeveling intusschen niet verdient, maar integendeel tot menigvuldige il-

lusiën aanleiding geeft, is reeds gezegd (z. Dl. I § 198). Ook is gewoon helder daglicht, bij het gebruik van een mikroskoop, hetwelk voorzien is van een objectief met eenen grooten openingshoek, voldoende; terwijl men de doorschijnendheid nog bevorderen kan door het deel, dat men onderzoekt, van onderen en van boven door water te doen omringen. Het best bedient men zich hierbij van een ondiep, doch tamelijk groot glasbakje, hetwelk met water geheel gevuld, en, nadat het plantendeel hierin gelegd is, voor een gedeelte met een glasplaatje van passende grootte bedekt wordt, waarbij men zorg draagt de luchtbelllen, die aan de oppervlakte van het voorwerp kleven, te verwijderen.

508. Tot waarneming van den bloedsomloop bij dieren, kunnen verschillende handelwijzen worden gevolgd, welke alle ten doel hebben de spierbewegingen van het dier te verhinderen, en het orgaan, waarin men den omloop wenscht te zien, in het gezichtsveld van het mikroskoop te brengen. Natuurlijk kiest men bij voorkeur zulke organen, welke uit hunnen aard eene genoegzame doorschijnendheid bezitten, terwijl de keuze der middelen, om het dier in rust te houden, afhangt van deszelfs gedaante, spierkracht enzv.

Wil men b. v. den bloedsomloop waarnemen in den staart eener kikvorschlarve, dan is het reeds volkomen toereikend, indien men het diertje, na het met eenen lepel uit het water genomen te hebben, op een klein stukje (ongeveer 20 millim. lang, en 6 millim. breed) fijn zuigpapier legt, en dit nu om het ligchaam van het diertje heenslaat, waarbij het door deszelfs vochtigheid van zelf vastkleeft. Verrigt men dit op een voorwerpplaatje, dan heeft men verders niets te doen, dan een dun glas- of micaplaatje op den staart te

leggen, en indien men hierbij zorg gedragen heeft het lichaam van het diertje door de omwikkeling met het papier niet te zeer te drukken, dan kan men gedurende eenen geruimen tijd den bloedsomloop geheel ongestoord waarnemen.

Zeer kleine visschen liggen dikwerf lang genoeg stil, om alle bevestiging noodeloos te maken; terwijl men, zoo dit niet het geval mogt wezen, zijne toevlugt kan nemen tot eene dergelijke inwikkeling in zuigpapier, of, bij grooteren, in eenen katoenen of linnen lap, met vrijlating van den staart of de vinnen, om hierin den omloop te kunnen zien.

Tot de waarneming van dit verschijnsel bij den kikvorsch worden eenige meerdere voorzorgen gevorderd, welk dier echter de beste gelegenheid aanbiedt, om den bloedsomloop in onderscheiden organen te onderzoeken. Het middel hiertoe, waarvan ik mij sedert vele jaren met het beste gevolg bedien, is eene kurkplaat van omstreeks 15 centim. lang en 9 centim. breed, waarin drie openingen geboord zijn (z. fig. 29), twee ronde, *a* en *b*, die elk ruim 1 centim. doormeter hebben, en eene langwerpige *c*, van 2 centim. lengte en 1 centim. breedte. De betrekkelijke plaatsing dezer openingen wordt genoegzaam in de figuur aangeduid. Zij dienen om er het deel over uit te spannen, waarin men den bloedsomloop wil waarnemen; *a* voor de tong; *b* voor het zwemvlies van een der achterpooten, of voor de longen; *c* voor de in de buikholte gelegen organen.

Om de bewegingen van het dier te beletten, kunnen drieërlei middelen worden gebezigd:

1° Men bindt om het voorste lid van elken poot eenen draad, en strikt deze draden, na het dier in de gevorderde stelling op de kurkplaat gebragt te hebben, aan de tegenovergestelde zijde van deze te zamen. Het dier ligt dan onbe-

weeglijk bevestigd. Wil men echter den omloop in het zwemvlies zien, dan moet natuurlijk de draad niet om de poot zelve, waartoe het zwemvlies behoort, maar om een der vingeren vastgeknoopt worden. Een eenvoudiger en minder omslag vorderend, doch niet geheel van wreedheid vrij te pleiten middel, bestaat daarin, dat men, in plaats van de genoemde bevestiging door draden, de pooten met sterke spelden op de kurkplaat vast steekt.

2° De inwikkeling in eenen linnen of katoenen lap van tamelijke grootte. Deze handelwijze is inzonderheid bruikbaar bij het onderzoek van den bloedsomloop in de tong, waartoe zij het eerst door Waller (1) is aanbevolen (z. fig. 50). Zij kan echter ook voor de waarneming daarvan in het zwemvlies dienen, mits aan de vingeren van de poot nog bovendien een draad geknoopt is, die dan met eene speld op de kurkplaat kan worden vastgestoken.

3° De etherisatie. Dit hulpmiddel, waardoor de spierbewegingen verlamd worden, zonder dat de bloedsomloop eenige waarneembare storing ondergaat, is, waar het kan toegepast worden, het doelmatigst van allen. De eenvoudigste wijze van deszelfs aanwending bij den kikvorsch, bestaat in een lapje, dat met ether doortrokken is, gedurende eenige minuten tegen den neus van het dier, dat men in de andere hand houdt, gedrukt te houden. Ook zelfs wanneer de etherisatie zoo lang is voortgezet, dat het dier het vermogen van gevoel en beweging niet weder terug erlangt, en geheel schijn dood is, gaan de zamentrekkingen van het hart en de geheele functie van het bloedvatenstelsel, voor zoover den omloop betreft, nog uren lang onveranderd voort, en niets is gemakke-

(1) *Philos. Magaz.* 1846. Oct. p. 271.

lijker, dan, wanneer het dier in dezen toestand verkeert, deszelfs onderscheiden organen bloot te leggen, en hen met voorzigtigheid uit de borst- en buikholte naar buiten te brengen, zoodat zij over een der openingen in de kurkplaat komen te liggen. Alleen bij de tong kan van dit middel geen gebruik worden gemaakt, omdat de ether alle vliezen, waarmede deszelfs damp in aanraking komt, troebel en ondoorschijnend maakt.

Heeft men nu op eene der drie genoemde wijzen het dier tot rust, en het deel, dat voor de waarneming van den bloedsomloop bestemd is, boven een der openingen in de kurkplaat gebragt, dan moet het door uitbreiding doorschijnend worden gemaakt. Dit geschiedt door spelden, waarmede de randen bevestigd, en in tegenovergestelde rigtingen getrokken worden.

Heeft men b. v. de tong (z. fig. 50) met eene pincet uit de mondholte naar buiten gebragt, dan steekt men hare spits op den tegenoverliggenden rand der opening vast. Vervolgens worden aan weerszijden van het deel nog twee spelden gestoken, om de randen te bevestigen, zoodanig, dat hierdoor de tong veel breeder, doch te gelijker tijd veel dunner wordt. Ten einde genoegzame ruimte over te laten voor het objectief van het mikroskoop, steke men alle de spelden in eene met de knoppen buitenwaarts gekeerde rigting. Ook is het noodig, zoowel tot bevordering der doorschijnendheid, als ter verhinderen van de verdrooging, waardoor de omloop zoude ophouden, het deel met eene gezame hoeveelheid water te bevochtigen, waarop men dan, ten einde eene plattere oppervlakte te verkrijgen, een stukje mica of een klein glasplaatje legt.

De uitspreiding van de longen, van het zwemvlies, en van

het darmscheil geschiedt op eene geheel overeenkomstige wijze. Bij de lever en de nieren gelukt dezelve echter niet zonder kwetsing van het orgaan. Echter kan men hier bij opvallend licht, en, bij doorvallend licht, aan de altijd eenigzins meer doorschijnende randen, den bloedsomloop nog tamelijk wel waarnemen, hoewel, zooals van zelf spreekt, veel minder duidelijk, dan in de vliezige deelen.

Deze beschrijving der handelwijzen, om den bloedsomloop bij den kikvorsch te onderzoeken, zal, naar ik vertrouw, voldoende zijn, om den lezer in staat te stellen, hetzelfde verschijnsel ook bij andere dieren, zelfs kleine zoogdieren, waar te nemen. De etherisatie is hier een algemeen toepasselijk hulpmiddel. Alleenlijk wijzige men den toestel naar de gedaante en de grootte van het dier.

Voor de waarneming der beweging van het voedingsvocht bij de insekten, en de overige klassen van ongewervelde dieren, welke eenen bloedsomloop, of eene daarmede gelijk te stellen functie bezitten, komt het hoofdzakelijk aan op eene gepaste keuze van het voorwerp, en op de doorschijnendheid van deszelfs deelen. Eene optelling van de hiervoor bijzonder geschikte dieren, zoude aan de bedoeling van dit werk vreemd zijn, en ik verwijs derhalve hieromtrent den lezer naar de geschriften, die bepaaldelijk over dit onderwerp handelen. (1)

509. Al de bovengenoemde bewegingen van eene vloeistof in de holten van het levend organisme, hetzij plant of dier,

(1) Voor de klasse der insekten kan men de in 1844 door de Belgische Academie bekroonde Verhandeling van Dr. C. Verloren raadplegen (*Mémoires couronnés* T. XIX), alwaar, p. 20-28, eene lijst gevonden wordt van niet minder dan 90 soorten van insekten, bij welke de verschijnselen van den bloedsomloop zijn waargenomen.

worden alleen daardoor voor het oog zichtbaar, omdat er zich kleine ligchaampjes in de vloeistof bevinden, welke gelijktijdig met den stroom worden voortgedreven. Gaat deze strooming zeer snel, dan volgen de gezichtsindrukken, door elk ligchaampje te weeg gebracht, elkander zeer spoedig op, en wel te spoedig, om elk voor zich afzonderlijk waarneembaar te zijn, dewijl gemiddeld (verg. Dl. I. § 100) iedere gezichtsindruk $\frac{1}{3}$ seconde voortduurt, en dus twee gezichtsindrukken, die door eene geringere tijdruimte van elkander zijn afgescheiden, tot éénen indruk zamensmelten. Van daar dat, zoowel bij de cyclose in de planten, als bij den bloedsomloop der dieren, zoolang de strooming in volle kracht is, de door het vocht medegesleepte ligchaampjes bezwaarlijk afzonderlijk onderkend worden.

Hetzelfde geldt van de trilbeweging. Dit verschijnsel, hetwelk men in talloze gevallen waarneemt, (aan de randen van de epitheliumlaag der meeste slijmvliezen, aan de oppervlakte der vangarmen van vele polypen, aan de branchiën der weekdieren, bij verreweg de meeste der, tot de groote uit zeer heterogene deelen zamengestelde klasse der infusoriën, behoorende dieren enzv.), vertoont zich inderdaad geenszins als datgene, wat het werkelijk is, namelijk als eene op- en nedergolvende beweging van dunne haartjes, maar veeleer als eene strooming in eene bepaalde rigting langs de randen van het voorwerp, zonder dat van de haar veroorzakende haartjes enig spoor gezien wordt, zoolang de beweging hare oorspronkelijke snelheid behoudt.

Men heeft tweederlei middelen voorgeslagen, om zulke snelle bewegingen van mikroskopische voorwerpen tot schijnbaren stilstand te brengen. Het eerste bestaat in de verlichting der voorwerpen door het licht der elektrische vonk; het andere in het plaatsen van eene snel ronddraaijende schijf,

welke van eene opening voorzien is, tusschen het voorwerp en de lichtbron, zoodat het gezigtveld tijdelijk verlicht en duister is.

Zoo als meer bij den tegenwoordigen snellen voortgang der natuurkundige wetenschappen plaats grijpt, zijn de hiertoe betrekkelijke voorstellen schier gelijktijdig van meer dan ééne zijde gedaan.

De verlichting door de elektrische vonk is namelijk door Pritchard (1) in Engeland, en de draaijende schijf door Doppler (2) in Duitschland aanbevolen, terwijl hier te lande Dr. A. van Beek (3) zich reeds vóór verscheidene jaren met de toepassing van beide deze middelen heeft onledig gehouden, en mij, ruim twee jaren geleden, deelgenoot gemaakt heeft van eenige in het werk gestelde waarnemingen, ten einde hunne doelmatigheid te toetsen.

Het is uit de proeven van Wheatstone bekend, dat de duur van de elektrische vonk minder dan het millioenste deel eener seconde bedraagt, derhalve zoo kort, dat, indien een daardoor verlicht ligchaam, hetwelk in beweging is, binnen die hoogst geringe tijdruimte niet merkbaar van plaats verandert, hetzelfde zich als in volkomen stilstand zal vertoonen. Ook is het genoeg bekend, dat zulks bij snel ronddraaijende lichamen, welke door de elektrische vonk verlicht worden, werkelijk wordt

(1) *Microscopical Illustrations*, third edition. 1845. p. 137. Het schijnt echter uit de door hem gebezigde woorden; »It has been ingeniously suggested, etc.», te blijken dat het denkbeeld door hem aan eenen anderen ontleend is.

(2) *Zwei Abhandlungen aus dem Gebiete der Optik*. 1845. 2. *Über ein Mittel, periodische Bewegungen von ungemeiner Schnelligkeit noch wahrnehmbar zu machen und zu bestimmen.*

(3) *Tijdschrift voor de Wis- en Natuurkundige wetenschappen*, uitgegeven door de eerste klasse van het Koninklijk Nederlandsch Instituut, Dl. I bl. 157.

waargenomen. Voor de toepassing op het zien van in snelle beweging zijnde mikroskopische voorwerpen heeft Pritchard gebruik gemaakt van de vonken verkregen door het electromagnetisme van een rad, hetwelk in kwikzilver dompelde. Dr. v. Beek gaf de voorkeur aan vonken voortgebracht door eene groote Leidsche flesch, in verband met den algemeenen ontlader, en zoodanig gesteld, dat de vonken met tusschentijden van ongeveer drie seconden, elkander opvolgden. Het voorwerp, hetwelk voor deze waarnemingen gebruikt werd, was een gedeelte der tong van eenen kikvorsch, aan welker randen de trilbeweging der cilien van het slijmvlies zeer goed gezien wordt. Deze proeven werden des avonds genomen, en hierbij bleek het al spoedig, dat de plotselinge overgang van een volkomen duister gezigtsveld tot zulk een, dat gedurende een uiterst kort tijdbestek door de elektrische vonk helder verlicht werd, het oog zoodanig verblindde, dat elke eenigzins naauwkeurige waarneming onmogelijk was. Ten einde dit bezwaar uit den weg te ruimen werd eene kaars iets ter zijde van het objectief geplaatst, in dier voege, dat het gezigtsveld voortdurend, ofschoon zwak verlicht bleef, hetgeen bovendien het voordeel opleverde, dat men het oog gevestigd kon houden op de plek van het gezigtsveld, waar de trilbeweging plaats had. Wat de uitkomst aanbelangt, zoo kan ik slechts de woorden van Dr. v. Beek bevestigen, » dat het namelijk door dit middel gelukt, de trilbeweging schijnbaar geheel te vernietigen”, maar tevens, » dat het ons nimmer gelukt is eenige haartjes te zien aan den rand van het als voorwerp gebezigde slijmvlies”. Intuschen is het werkelijk bestaan dezer haartjes aan geen den minsten twijfel onderhevig, zoodat, naar mijne meening, uit de in het werk gestelde waarnemingen alleenlijk voortvloeit,

dat de hier aangewende verlichtingswijze, hoe vernuftig het denkbeeld, dat tot dezelve aanleiding gaf, ook op zich zelf wezen moge, als geheel ongeschikt moet beschouwd worden, om daarbij eenige naauwkeurige waarneming te verrigten, daar de ontvangen indruk te kort duurt, om behoorlijk tot het bewustzijn te geraken, en geduid te worden; en hoewel men het getal dezer indrukken zoo zeer verveelvoudigen kan als men verkiest, zoo wint men daardoor weinig of liever niets, omdat de in beweging zijnde voorwerpen, dat is hier de trilhaartjes, zich telkens in eenen anderen toestand en rigting bevinden, op het oogenblik dat het veld verlicht wordt. Het is dus geenszins eene herhaling van denzelfden gezichtsindruk, maar telkens een geheel nieuwe; zoodat vroegere indrukken slechts strekken kunnen, om de volgende te verwarren, maar niet om hunne duiding gemakkelijker te maken.

De aanwending van het tweede der genoemde middelen berust op het bekende, vroeger reeds op andere gevallen door Faradaj, Plateau, Stampfer en anderen, toegepaste beginsel, dat, wanneer men een in periodische beweging verkeerend ligchaam, door de opening van eene snel draaijende schijf beschouwt, en de snelheid van omdraaijing dezer schijf gelijk is aan, of een veelvoud is van die der waargenomen beweging, alsdan het oog het voorwerp altijd juist op dezelfde plaats en in dezelfde rigting moet zien, zoo dikwijls de opening het oog voorbijgaat. Indien dan de indrukken elkander telkens binnen eenen tijd opvolgen, die korter is dan die, binnen welken elke afzonderlijke indruk verdwijnt, dat is (z. Dl. I § 100) binnen eenen korteren tijd, dan ongeveer $\frac{1}{5}$ van eene seconde, dan zullen alle de opvolgende indrukken ineen smelten, en het voorwerp schijnbaar in rust zijn.

Doppler heeft hiertoe de *Sirène* van Cagniard la Tour aanbevolen, inzonderheid omdat dit werktuig door waarneming van den toon, dien hetzelfde voortbrengt, gelegenheid geeft, om de snelheid der omdraaijing te bepalen. Indien men, namelijk de mate van snelheid kent, welke in de draaijende schijf vereischt wordt, om de beweging in schijnbaren stilstand te veranderen, dan is het duidelijk, dat men te gelijker tijd de mate van snelheid der beweging van het voorwerp kent, en inderdaad zoude het bezitten van een zoodanig hulpmiddel, waardoor tijdruimten kunnen gemeten worden, die op geene andere wijze meetbaar zijn, geenszins onbelangrijk wezen. Intusschen schijnt Doppler zelf zijne handelwijze niet in toepassing gebragt te hebben.

Bij de waarnemingen ten dien aanzien door Dr. v. Beek met mij in het werk gesteld, werd eene schijf gebezigd, waaraan door een raderwerk eene zeer snelle draaijende beweging kon worden medegedeeld. Deze schijf werd gesteld tusschen de lichtbron en de voorwerptafel van een horizontaal gesteld mikroskoop. Het gebezigde voorwerp was wederom een gedeelte der tong van eenen kikvorsch, doch, in weerwil van alle aangewende pogingen, gelukte het ons niet de trilhaartjes zoodanig tot rust te brengen, dat zij onderscheidenlijk konden gezien worden, hetzij dan dat de snelheid der trilbeweging zelve te ongelijk is, om de snelheid der omdraaijing van de schijf met juistheid daaraan te doen beantwoorden, hetzij dat eenige andere ons onbekende omstandigheid de oorzaak geweest is van deze ontkennende uitkomst. Mogelijk zullen anderen in het vervolg gelukkiger zijn, en bij herhaling dezer proefnemingen de omstandigheden leeren kennen, welke vereischt worden, om de uitkomst

beter met de op goede gronden steunende theorie te doen overeenstemmen.

Gelukkig echter is het al of niet slagen der zoo even genoemde handelwijzen voor het mikroskopisch onderzoek van organische bewegingen als tamelijk onverschillig te beschouwen, in zoo verre namelijk als het er op aan komt het al of niet bestaan der zich bewegende deelen te ontdekken. Allengs toch vermindert de snelheid van alle zoodanige bewegingen; de bloedligchaampjes worden al trager en trager voortgedreven; de slingeringen der kleine haartjes volgen elkander van lieverlede langzamer op; en zoo wordt een waarnemer, dien het niet geheel aan geduld ontbreekt, altijd in de gelegenheid gesteld zich van derzelve werkelijk bestaan te overtuigen, zonder dat hij genoodzaakt is zijne toevlugt te nemen tot, wel is waar, zeer vernuftige, maar hoogst omslagtige en daardoor weinig praktische hulpmiddelen.

510. Een voor de mikroskopische anatomie der dierlijke organen volstrekt onmisbaar hulpmiddel is het opspuiten der fijnste vaten met gekleurde stoffen. Inderdaad is het niet mogelijk zich, op eenige andere wijze, van de verdeeling, van den loop, ja zelfs van het bestaan der hoogst tedere haarvaten te overtuigen, daar men hen na den dood slechts zelden met bloed gevuld aantreft, en, zelfs indien dit het geval is, de doorschijnendheid der bloedschijfjes zelve te groot is, om hunne aanwezigheid anders dan ter plaatse, waar zij, of het hen bevattende vat, goed geïsoleerd zijn, duidelijk te ontdekken. Hij, die zich veel moeite gegeven heeft om de samenstelling van eenig orgaan grondig te onderzoeken, maar zonder opspuiting der bloedvaten, zal erkennen, indien hij later zijn onderzoek aan goed geïnjecteerde prae-

paraten herhaalt, dat hij tot daartoe zich een hoogst onvolledig en gebrekkig denkbeeld van deszelfs maaksel heeft gevormd. Niet alleen toch leert eene injectie den loop der vaten kennen, maar, daar de loop dier vaten altijd in een naauw verband staat tot de overige deelen, zoo wordt het maaksel en de zamenhang van dezen er tevens door opgehelder; het geheele beeld wordt aanschouwelijker, plastischer, waartoe niet weinig bijdraagt de sterke tegenstelling tusschen de kleuren der voor de opspuiting gebezigde stoffen met het overige weefsel. Werkelijk laten dan ook welgelukte injectiën nimmer na, op hem, die dezelve voor het eerst door het mikroskoop beschouwt, eenen levendigen indruk te maken, te weeg gebragt, zoowel door de sierlijkheid, die aan alle haarvaatnetten, hoe afwisselend overigens in vorm en verdeling, eigen is, als door de gemakkelijheid waarmede in dit geval het mikroskopische beeld geduid en begrepen wordt, zoodat zelfs de minst geoefende zich hier spoedig te huis bevindt, en zich eene klare voorstelling van het geziene vormt, iets dat van de meeste andere mikroskopische waarnemingen geenszins kan gezegd worden.

Eene aanwijzing tot het daarstellen van zulke praeparaten mag dan ook hier ter plaatse niet worden gemist. Echter zal ik, ten einde niet te zeer op het gebied der algemeene praktische ontleedkunde te treden, hier kort zijn, en mij alleen bepalen tot mededeeling van datgene, welks doeltreffendheid ik door eigen ondervinding bevestigen kan (1).

(1) Voor eene meer omstandige beschrijving der werktuigen, die tot het verrigten van opspuitingen gebezigd worden, verwijs ik den lezer vooral naar het reeds genoemde werk van Strauss-Durckheim, I. p. 112, alsmede naar de *Handleiding tot de praktische beoefening der vergelijkende anatomie en physiologie*, naar het Engelsch van Alfred Tulk

511. Het meest algemeen gebezigd werktuig, tot het ver-
rigten van opspuitingen, is de *sprit*. Dat deze goed en zui-
ver bewerkt moet wezen, zoodat de zuiger er gemakkelijk
in op en neder kan bewogen worden, en tevens behoorlijk
sluitend is, spreekt van zelf. Hare grootte rigt zich naar
de grootte van het voorwerp, welks bloedvatenstelsel moet
worden opgespoten, want, ofschoon men met eene grootere
sprit ook eene geringe hoeveelheid der injectiestof kan in-
spuiten, en met eene kleinere, door herhaalde vulling, het
gemis eener grootere vergoeden, zoo is het echter verkies-
lijk er twee of meer te hebben van onderscheiden grootte,
omdat het moeilijk is met eene wijde sprit, waar der-
halve ook de oppervlakte van den zuiger zeer groot is, de
drukking zoo zacht en geregeld te doen plaats hebben, dat
de bloedvaten van zeer kleine dieren of organen daardoor
niet barsten, terwijl, aan de andere zijde, de injectie van
grootere voorwerpen dikwerf niet goed gelukt, indien zij,
door de herhaalde vulling der sprit, telkens wordt afbro-
ken. Voor de meeste hier voorkomende gevallen is echter
eene sprit, welke $\frac{1}{2}$ liter water bevatten kan, volkomen toe-
reikend, terwijl de kleinste eenen inhoud van ongeveer $\frac{1}{10}$
liter kan bezitten.

Bij elke injectiesprit behoort een zeker aantal spritbuis-
jes of canulen, van verschillende wijdde, beantwoordende aan
de wijdde der vaten, waarin zij moeten worden gebragt. Men
kan zich zulke buisjes verschaffen tot eenen zoo geringen
doormeter, dat er naauwlijks een hoofdhaar door gestoken
kan worden. Zulke fijne buisjes raken echter zeer ligt ver-

stopt, en komen slechts in weinige gevallen te pas; de meest bruikbare zijn dezulke, waar de doormeter der opening van $\frac{1}{5}$ tot 5 millim. bedraagt. Soms treft men spuiten aan, waar de verbinding der spuit met het spuitbuisje door eene schroef geschiedt. Dit is echter overbodig en lastig; eene enkele inschuiving is geheel toereikend, mits het mondstuk der spuit goed in de opening van het spuitbuisje past.

Behalve de gewone injectiespuit zijn er nog verscheidene andere toestellen beschreven, die voor opspuitingen moeten dienen. Ik kan over hunne doelmatigheid niet oordeelen, daar ik dezelve niet door ervaring ken. Echter komt het mij voor, dat de spuit niet alleen allen in eenvoudigheid van aanwending overtreft, maar zelfs ook in zekerheid, dewijl de drukking, die de hand op den zuiger uitoefent, geheel geregeld kan worden naar den graad van wederstand, welken men ondervindt, en de meerdere of mindere tederheid van het op te spuiten voorwerp.

Echter kan in sommige gevallen, bepaaldelijk bij het doen van injectiën van kleine en tedere dieren, weekdieren, enzv., waar geene onderbinding der vaten mogelijk is, met vrucht gebruikt worden gemaakt van eene glazen pipette, waarvan het eene uiteinde tot een fijn omgebogen buisje is uitgetrokken. Dit gedeelte moet kegelvormig toeloopend zijn, opdat het, in het vat gestoken zijnde, te gelijker tijd de opening afsluit. Gemakkelijker is evenwel de volgende inrigting, die men zelf kan daarstellen (1). Zij bestaat (z. fig. 28, halve grootte) uit eene gewone glazen pipet *ab* van tamelijke

(1) Eene dergelijke, slechts meer zamengestelde inrigting is beschreven door Strauss-Durckheim, l. c. p. 120, en overgenomen door Tulk en Henfrey, l. c. bl. 20.

grootte, — zooals men dezelve bij elken handelaar in glaswaren voor scheikundig gebruik koopen kan, — en uit eene buis van caoutchouc *cd* (1), welker ander uiteinde om het dikkere gedeelte van een, voor de glasblazerlamp fijn uitgetrokken en onder eenen stompen hoek omgebogen, glasbuisje *ef*, door middel van eenen draad bevestigd is. Bij het gebruik wordt de pipet in het gekleurde vocht gebragt, en nadat dit opgezogen is, in het open uiteinde der caoutchoucbuis gestoken, waarin zij, daar zij kegelvormig toeloopt, van zelf genoegzaam sluit.

Nog beter beantwoordt aan dit laatste doel de door Rusconi (2) aanbevolen handelwijze, daarin bestaande, dat men de schacht eener veder van eene kraai, patrijs of nog kleineren vogel neemt, en hierin eene naald brengt, waardoor het geheel eene soort van troiquart wordt. Men haalt bij het gebruik het vaatje, waardoor men de injectie wil bewerkstelligen, met eene pincet naar zich toe, en steekt er de punt der naald in. Vervolgens brengt men de schacht in de gemaakte opening en verwijdert de naald. In het open einde der penneschacht, wordt dan het dunne mondstuk van een injectiespuitje geschoven, hetwelk vooraf met de gekleurde stof gevuld is.

512. Het goed gelukken eener injectie hangt voor een zeer groot gedeelte af van de stof, welke ingespoten wordt.

(1) Caoutchoucbuizen voor deze en dergelijke oogmerken kan men gemakkelijk zelf vervaardigen uit eene van eene caoutchoucplaat geknipte strook, die men om eene glazen buis rolt, en waarvan de randen met eene oplossing van gutta-percha in terpentijnolie aaneengekleefd worden.

(2) *Annal. des sc. natur.* 2^{de} ser. Zoöl. XVII. p. 111. Rusconi bezigt hierbij, voor de injectie der watervaten van reptiliën, een zilveren spuitje met gouden mondstuk. Een koperen voldoet intusschen even goed.

Voor grovere injectiën, waar het slechts aankomt op het zichtbaar maken van de grootere, nog met het bloote oog waarneembare vaten, levert dit weinig bezwaar op; voor fijne, tot mikroskopische onderzoekingen bestemde injectiën is daarentegen het vinden van in alle opzichten voldoende injectiestoffen inderdaad zeer moeilijk, en de keus zal hier wel altijd beperkt blijven. Zulk eene injectiestof moet voldoen aan de volgende voorwaarden:

1° Zij moet zonder moeite in de fijnste vaatjes dringen, zonder dat deze daardoor te sterk worden uitgezet of scheuren.

2° Zij moet, in weerwil eener groote vloeibaarheid, de wanden der haarvaten niet doordringen.

3° Zij behoort eene gepaste kleur te bezitten, welke veroorlooft elk vaatje scherp en duidelijk, hetzij bij doorvallend, hetzij bij opvallend licht, te onderscheiden.

4° Deze kleur moet overal gelijkmatig zijn, dat is de gezegde kleurstof behoort op alle punten een zamenhangend geheel te vormen, zonder spoor van korreligheid, ook zelfs in de allerfijnste vaatjes.

Elke injectiestof bestaat uit eene vloeistof, als voermiddel van een deze kleurend bestanddeel (1). Velerlei stoffen zijn als voermiddel aanbevolen en gebruikt. Gesmolten was, vet, sperma-ceti, cacaoboter, en andere dergelijke alleen bij eene hoogere temperatuur vloeibare zelfstandigheden, kunnen slechts voor grovere opspuitingen in aanmerking komen.

(1) Ik ga het kwikzilver hier met stilzwijgen voorbij, als voor mikroskopische injectiën geheel ongeschikt zijnde, daar het door deszelfs zwaarte de fijne vateu veel te sterk uitzet, verscheurt, en dan zich allerlei wegen baant in het weefsel der organen zelve. Ook voor de injectie der watervaten kan het ontbeerd worden, en vervangen door andere minder zware vochten, gelijk dan ook Rusconi, Breschet en anderen reeds getoond hebben. (Verg. *Annal. d. sc. natur.* 2^{de} ser. Zoöl. XVII. p. 115).

Voor fijne injectien hebben sommigen terpenhijnverniss zeer geroemd, doch, in weerwil van herhaaldelijk daarmede in het werk gestelde proeven, zijn zulke vernissinjectiën noch aan mij, noch aan mijnen ambtgenoot Schroeder van der Kolk immer goed gelukt, terwijl bovendien het terpenhijnverniss de nadeelige eigenschap bezit van slechts zeer langzaam droog en hard genoeg te worden, om geen gevaar te loopen dat de stof uit de doorgesneden vaten uitvloeit, en de oppervlakte der praeparaten verontreinigt.

Het beste voermiddel is eene waterige lijnoplossing, eensdeels dewijl water en waterige oplossingen in het algemeen in de fijne vaatjes, wier wanden steeds met bloed, dat is met een zeer waterhoudend vocht, in aanraking zijn, veel minder tegenstand te overwinnen hebben, dan alle olie- en vetachtige stoffen; anderendeels, dewijl de lijm bij de bekoeling stolt, en men dus bij het vervaardigen van doorsneden of op eenige andere wijs daargestelde praeparaten, het uitvloeijen der injectiestof uit de doorgesneden vaten weinig of niet te vreezen heeft.

Ter bereiding der lijnoplossing is gewone witte, dat is licht geel gekleurde lijm geheel voldoende. Hare hoeveelheid in verhouding tot het gebezigde water moet zoodanig wezen, dat de oplossing bij bekoeling eene niet te stijve gelei vormt, waarvan men zich kan overtuigen door eenen druppel op een koud ligchaam te brengen. Eenig verschil maakt hieromtrent de zomer- of winter-temperatuur; ook bestaat er ten opzichte van het stollingsvermogen eenig onderscheid, al naar gelang van de gebruikte soort van lijm. In het algemeen kan men echter aannemen, dat 1 deel lijm op 8 tot 10 deelen water eene gepaste verhouding oplevert. Het is echter geenszins noodig al het tot het mengsel vereischte water,

dadelijk tot de oplossing te bezigen, maar men kan vooraf eene meer geconcentreerde lijmoplossing vervaardigen, onder welken naam in het vervolg zulk eene verstaan wordt, welke op 4 deelen water 1 deel lijm bevat.

Bij de oplossing moet men zorg dragen slechts eenen matigen warmtegraad aan te wenden, en vooral de koking te vermijden, daar hierdoor het stollingsvermogen vermindert. Is al de lijm opgelost, hetgeen men door roeren bevorderen kan, dan wordt de oplossing door eenen doek gegoten, ten einde de daarin zwevende onreinheden af te scheiden.

315. Het aantal der kleurende zelfstandigheden, welke voor injectiën zijn aanbevolen, is zeer groot, doch hoe ruim de keus ook zij, zoo zijn er slechts zeer weinige, die alle vereischen eener goede voor dit bepaalde doel geschikte kleurstof in zich vereenigen.

Zulke kleurstoffen, die zich geheel in water oplossen, als lakmoes, kurkuma, enzv., dringen, wel is waar, tot in de allersijnste vaatjes, doch tevens doordringen zij zeer ligt de wanden dier vaatjes zelve, zoodat het geheele weefsel gekleurd wordt. Bovendien ondergaan alle zulke organische kleurstoffen ligtelijk veranderingen, hetzij door de warmte, hetzij door het licht, terwijl de daarmede vervaardigde praeparaten ook in geene waterige vochten kunnen bewaard worden. Beter zijn daarom zulke kleurende stoffen, welker deeltjes in de vloeistof zwevende worden gehouden, en welke in geen der later gebezigde vochten (water, alkohol, terpenhijnolie) oplosbaar zijn. Het is om deze redenen, dat verschillende metaalbereidingen inderdaad als de beste kleurende zelfstandigheden voor injectiestoffen te beschouwen zijn.

Ik heb met een vrij aanzienlijk getal van onderscheiden

mengsels eenige opzettelijke proeven in het werk gesteld, en het volgende bevat de uitkomsten der hierbij verkregen ondervinding.

Gele injectiestof.

Onder alle mij bekende stoffen is er geene, welke voor mikroskopische injectiën eene grootere geschiktheid heeft, dan de door dubbele ontleding gepraecipiteerde *chromas plumbi* (1), verkregen door eene oplossing van 100 deelen *acetas plumbi* te vermengen met eene oplossing van 52,4 deelen *chromas potassae*. Ten gemakke des lezers voeg ik hier het voorschrift bij van de verhoudingen, waarin deze stoffen door mij gebezigd worden, en waarbij de gewigten gemakshalve tot maten zijn herleid.

a. 4 onsen 1 drachma en 20 grein *acetas plumbi* worden in zooveel water opgelost, dat de geheele hoeveelheid beantwoordt aan eene maat van 16 onsen water.

b. 2 onsen 1 dr. 28 gr. *chromas potassae*, opgelost in zooveel water, dat de oplossing eene maat van 52 onsen water vult.

Tot het vervaardigen van de injectiestof dienen:

1 maatdeel der oplossing a.

2 maatdeelen der oplossing b.

2 " " geconcentreerde lijnoplossing.

(1) Het in den handel voorkomende *chromaatgeel*, schoon dikwerf tot opspuitingen gebruikt, is, wegens deszelfs aanzienlijke zwaarte, waardoor het spoedig in het vocht bezinkt, daartoe weinig geschikt. Doyère (*Comptes rendus* 1841, 12 Juillet) heeft het eerst opvolgende inspuitingen van eene oplossing van *acetas plumbi* en van eene van *chromas potassae* aanbevolen, waarbij zich dan het praecipitaat van *chromas plumbi* in de vaten zelve vormt; doch hoewel op die wijze de fijnste vaatjes worden opgespoten, zoo vertoonen zij zich nimmer behoorlijk gevuld, daar het praecipitaat zich niet gelijkmatig afzet, maar korrelig blijft.

Eerst vermengt men, in een afzonderlijk vat, de beide zoutoplossingen, roert het mengsel eenige oogenblikken sterk om, en giet het daarna bij de lijmoplossing. Deze orde der vermenging is geenszins onverschillig, want, wanneer men de beide zoutoplossingen onmiddellijk bij de lijm voegt, dan zal men bevinden, dat de precipitatie zeer gebrekkig plaats heeft. Ook moet men zich hoeden het mengsel, waarin het precipitaat gevormd is, te lang te laten staan, alvorens het bij de lijm te voegen, daar dan, door zamenklontering der kleine moleculen, de verdeling der kleurende deeltjes minder fijn wordt.

Blaauwe injectiestof.

Reeds sedert een paar jaren bezigt mijn ambtgenoot Schroeder van der Kolk eene op dergelijke wijze als de vorige vervaardigde blaauwe injectiestof, door vermenging namelijk der oplossingen van *sulphas deutoxydi ferri* met die van *protocyanuretum ferri et potassii*. Inderdaad bezit de aldus blaauwgekleurde lijmoplossing een groot doordringend vermogen, en is het hierbij gevormde berlijnsch blaauw in eenen toestand van uiterst fijne verdeling in het vocht voorhanden. Voor de vorming van het praecipitaat kunnen de op volgende wijze vervaardigde oplossingen dienen.

a. 5 onsen en 1 dr. *sulphas protoxydi ferri*, in 20—25 onsen water opgelost, worden bij eene matige warmte, onder bijvoeging van 4 dr. 45 gr. zwavelzuur van 1,85 spec. gew., en de vereischte hoeveelheid salpeterzuur, in het deutoxydzout veranderd, waarna er nog zooveel water wordt bijgevoegd als noodig is, om aan eene maat water van 40 onsen te beantwoorden.

b. 5 onsen 6 dr. en 45 gr. *protocyanuretum potassii et ferri* opgelost in water, tot vulling eener maat van 80 onsen.

Als injectiestof wordt dan gebezigd:

1 maatdeel der oplossing *a*.

2 maatdeelen der oplossing *b*.

2 » » geconcentreerde lijmoplossing.

Met de aanwending dezer stof gaat eene bijzondere omstandigheid gepaard, namelijk, dat, ten gevolge van de inwerking van het sodagehalte in het bloed, er eene meerdere of mindere ontleding en daardoor ontstaande ontkleuring van het berlijnsch blaauw in de fijnste vaatjes plaats heeft. Brengt men echter het geïnjecteerde praeparat in eenig zuur, waartoe men naar omstandigheden verdund zwavelzuur, azijnzuur, of wijnsteenzuur kan bezigen, dan komt de vroegere blaauwe kleur weder te voorschijn. Ook kan men bij het zoo even genoemde mengsel eene kleine hoeveelheid wijnsteenzuur voegen, genoegzaam ter veronzijding van de koolstofzure soda, welke in het bloed voorhanden is.

Niet minder doordringend, en gemakkelijker te bereiden dan de vorige injectiestof, is de schijnbare (1) *oplossing van berlijnsch blaauw in zuringzuur*. Bovendien mist deze de nadeelige eigenschap van later door het sodagehalte in het bloed ontkleurd te worden. De beste verhoudingen zijn mij gebleken te zijn:

1 deel *berlijnsch blaauw*.

1 » *zuringzuur*.

12 deelen water.

12 » geconcentreerde lijmoplossing.

(1) Dat de oplossing hier slechts schijnbaar is, ofschoon zich zelfs onder het mikroskoop geene duidelijke moleculen in het vocht vertoonen, wordt eensdeels daardoor bewezen, dat door een genoegzaam digt filtrum de blaauwe kleurstof van het waterhèldere vocht kan worden afgescheiden, anderendeels door de omstandigheid, dat na verloop van korteren of langeren tijd, het berlijnsch blaauw zich weder uit de vloeistof afzet.

Eerst wordt het zuringzuur in eene mortier fijngewreven, en er daarna het berlijnsch blaauw bijgemengd. Daarop wordt het water er langzaam en bij gedeelten, onder gestadig wrijven, bijgevoegd, tot de vaste deelen geheel verdwenen zijn, waarna men het gekleurde vocht bij de warme lijmplossing voegt.

Roode injectiestof.

Als roode door praecipitatie verkregen kleurstoffen voor injectiën kunnen in aanmerking komen: versch bereid *sulphur auratum antimonii*, *chromas plumbi basicus*, — verkregen door het onzijdige gele zout (z. bl. 179) te overgieten met bijtende potasch, — en *deutoioduretum hydrargyri*.

Wat het eerste aanbelangt, zoo is *sulphur auratum*, dadelijk na de praecipitatie als kleurmiddel gebruikt, hiertoe wel geschikt, uit hoofde der zeer fijne verdeeling in het vocht, doch het daarin steeds aanwezige zwavelwaterstofgas bederft de koperen spuiten.

Basisch chromzuur lood heeft eene zeer levendige kleur, doch is voor fijne injectiën te grofkorrelig en te zwaar.

Iets beter voldoet *deutoioduretum hydrargyri*. Om eene injectiemassa hiermede te kleuren kan men het volgende voorschrift volgen:

a. 1 ons 5 dr. 20 gr. *deutochloruretum hydrargyri* in water opgelost, tot 52 onsen in maat.

b. 2 onsen *ioduretum potassii* in water opgelost, tot 8 onsen in maat.

Voor de injectie worden vermengd:

4 maatdeelen der oplossing a,

4 maatdeel der oplossing b,

4 maatdeelen der geconcentreerde lijmplossing.

Ofschoon dit mengsel zeer fraai van kleur is, en ook ta-

melijk wel doordringt, zoo heeft het echter de nadeelige eigenschap van in de fijne haarvaten de roode kleur te verliezen, en geel te worden. Deze neiging tot kleursverandering is zelfs zoo groot, dat, indien de geringste hoeveelheid lijm in het glazen vat aanwezig is, waarin de menging der beide oplossingen geschiedt, er geen rood maar een geel praecipitaat gevormd wordt.

Geen der genoemde kleurstoffen verdient derhalve eene onbepaalde aanbeveling, en zelfs moet in de meeste gevallen de voorkeur gegeven worden aan andere poedervormige kleurende zelfstandigheden, zoo als *karmijn*, *vermiljoen*, of *sulphur auratum* dat vooraf uitgewasschen en gedroogd is.

De eerste dezer drie zelfstandigheden zoude welligt de verkieslijkste zijn, indien de hooge prijs hare aanwending niet in den weg stond. Van de beide anderen bezit *vermiljoen* eene levendiger kleur dan het *sulphur auratum*, doch daarentegen is dit minder zwaar, en blijven deszelfs deeltjes in de fijne vaten beter samenhangend.

Bij de aanwending van alle zulke poedervormige kleurstoffen, is het vooral noodig hen zoo fijn mogelijk te verdeelen. Daartoe moeten zij eerst gedurende eenigen tijd in eene mortier worden fijngewreven, en vervolgens geslibt, waartoe een gedeelte van het water kan worden gebezigd, hetwelk voor het tot de injectie bestemde mengsel gebruikt wordt. Men neemt b. v. 1 deel chineesche vermiljoen, en wrijft deze zamen met 8 deelen water, laat het mengsel in een molglas eenige oogenblikken staan, tot ongeveer $\frac{1}{2}$ van de vermiljoen bezonken is, en giet daarop het bovendrijvende af, waarna men dit met 8 deelen geconcentreerde lijmoplossing vermengt.

Met *sulphur auratum* wordt op gelijke wijze *ghandeld,

doch, daar dit ligter is dan vermiljoen, zoo is eene geringere hoeveelheid, b. v. 1 deel op 12 deelen water en 12 deelen lijmplossing, voldoende.

Even vóór het gebruik worden zulke mengsels goed omgeroerd, en bij de opzuiging door middel der spuit, de mond van deze dicht onder de oppervlakte van het vocht gehouden, ten einde alleen het fijnste gedeelte der kleurstof op te nemen.

Witte injectiestof.

In weerwil van het zeer groote aantal van witte door dubbele decompositie gevormde praecipitaten, is het mij tot nog toe niet gelukt er een te vinden, hetwelk alle de eigenschappen van een goed kleurmiddel voor zeer fijne injectiën in zich vereenigt. Van de vele, welke achterevolgens door mij beproefd zijn, en die ik korthedshalve met stilzwijgen voorbijga, heeft alleen het praecipitaat van *carbonas plumbi* tamelijk voldoende resultaten opgeleverd. De hier gebezigde verhoudingen zijn:

a. 4 ons. 1 dr. 20 gr. *acetas plumbi* opgelost in water, tot 16 onsen in maat.

b. 5 ons. 1 dr. 20 gr. *carbonas sodae* opgelost in water, tot 16 onsen in maat.

Het injectiemengsel bestaat uit:

1 maatdeel der oplossing a.

1 " " " b.

2 maatdeelen der geconcentreerde lijmplossing.

Deze stof dringt beter door dan die, welke verkregen wordt door vermenging der lijmplossing met *loodwit*. Bij sommige injectiën heeft echter een mengsel, waarbij *oxidum zinci* gebezigd was, beter voldaan. De gebruikte verhoudingen zijn dezelfde als die voor het *sulphur auratum*.

514. Van de hier vermelde injectiestoffen verdient de eerstgenoemde (bl. 179), namelijk de met gepræcipiteerde onzijdige *chromas plumbi* gekleurde lijmoplossing, eene onbepaalde voorkeur. Inderdaad vereenigt zij al de eigenschappen eener voortreffelijke injectiestof, gemakkelijk doordringend vermogen, gelijkmatige zamenhang der kleurende deeltjes, eene levendige sterk sprekende kleur, die bij opvallend licht scherp tegen het donkere gezigtveld afsteekt, in hooge mate in zich. Waar dus de keus vrij is, en men slechts ééne kleur wil aanwenden, verdient zij de meeste aanbeveling.

Als de tweede in rang beschouw ik de oplossing van berlijnsch blaauw in zuringzuur (bl. 181). Zij dringt, wel is waar, niet minder goed door, maar de met blaauw gevulde vaten laten zich alleen bij doorvallend licht, of bij opvallend licht op eenen witten ondergrond, waarnemen; en indien vele zulke vaten op en door elkander liggen, dan onderscheidt men hen veel moeilijker, dan wanneer zij eene meer heldere kleur bezitten, omdat men dan de afzonderlijke vaten nog aan de donkere slagschaduwen herkent, die daarentegen bij de blaauwe kleur niet meer in het oog vallen. Intuschen zijn er gevallen, waar de doorschijnendheid van de genoemde blaauwe injectiestof haar bijzonder geschikt maakt, vooral om bij onderzoekingen, waar sterkere vergrootingen gevorderd worden, met vrucht te worden gebezigd. Zoo b. v. verdient zij de voorkeur tot opvulling van het haarvatenstelsel der longen, welks zamenstelling zich daarmede, nadat de longen opgeblazen en gedroogd zijn, op eene veel duidelijker wijze vertoont, dan met eenige andere mij bekende injectiestof het geval is.

Waar twee kleuren noodig zijn, tot opspuiting zoowel van het aderlijk, als van het slagaderlijk stelsel, is het, om zoo

even genoemde redenen, voor mikroskopische injectiën meestal niet raadzaam voor eene dezer kleuren de blaauwe te kiezen. Geel en rood voldoen hier het best, daar beide bij opvallend licht kunnen gezien worden, en onderling sterk genoeg afsteken. Wit en rood zouden natuurlijk even voldoende zijn, indien de witte injectiestof even goed doordrong als de gele. Eindelijk zijn voor sommige injectiën drie of zelfs vier verschillende kleuren noodig, gelijk b. v. bij de injectie der lever, waar de beide aderen, de slagader en de galbuizen moeten gevuld worden. In zulk een geval stelle men het zich tot regel die stof, van welke men bij ondervinding weet, dat zij het geringst doordringend vermogen heeft, voor de opspuiting van het vat te bezigen, welks haarvatenstelsel uit de wijdste vaatjes bestaat, zoo b. v., bij de lever, de *vena hepatica*.

Overigens zijn er nog eenige regelen, welke men bij het doen van opspuitingen in het oog moet houden, en welker korte mededeeling dit hoofdstuk besluiten moge.

315. 1° Voor men tot de injectie van eenig dier of orgaan overgaat, make men een behoorlijk plan, waarbij natuurlijk de kennis van den loop en van het onderling verband der vaten een volstrekt vereischte is. Daardoor geleid, en wetende, dat, indien de stof in eene zekere rigting voortgestuwd wordt, zij zich door eenen verbindingstak zijdelings kan begeven naar een orgaan, dat men voor het oogenblik nog onopgespoten wil bewaren, zal men derhalve zorg dragen dergelijke verbindingstakken vooraf te onderbinden. Bij zeer sterk doordringende stoffen moet men de voorzorg zelfs nog verder drijven, en ook bedacht zijn op den loop, welken de stof nemen kan, na door het haarvatenstel-

sel gegaan en door de groote vaten te zijn teruggekeerd (1).

2° De opspuiting gelukt altijd beter bij jonge, dan bij oude voorwerpen, verders bij magere, dan bij vette; ook is het gunstigste tijdperk voor de injectie geenszins dat onmiddellijk na den dood, maar eenigen tijd later, wanneer de algemeene verstijving der deelen voor beginnende verslapping heeft plaats gemaakt. Dit tijdperk treedt iets vroeger of iets later in, waarbij vooral de warmtegraad van de omgevende lucht in aanmerking komt; des zomers na weinige uren, of den volgenden dag, terwijl men des winters dikwerf vier of zelfs meer dagen na den dood nog met goed gevolg de opspuiting kan verrigten.

3° De opspuiting door de slagaderen is altijd de gemakkelijkste en veiligste, uithoofde der meerdere dikte hunner wanden. Waar het derhalve alleen aankomt op de vulling van het eigenlijke haarvatenstelsel, geschiedt zulks steeds het best door hen, en niet door de meer tedere aderen. Bovendien zijn deze, in het meerendeel der organen, van klapvliezen voorzien, zoodat eene haarvaten-injectie door hen niet mogelijk is. Waar deze klapvliezen echter ontbreken, zooals in de aderen der ingewanden, daar kan de opspuiting achtereenvolgens door beide stelsels van vaten geschieden, hetgeen vereischt wordt, om de secundaire (reeds mikroskopische) netten van aderen en slagaderen te kunnen waarnemen, waaruit het gemeenschappelijk haarvatennet zij-

(1) Dat deze voorzorg niet geheel overbodig is, moge het volgende voorbeeld bewijzen. Bij eene injectie van eenen der achterpooten van een konijn door de *arteria cruralis*, waartoe de gele stof gebezigd werd, welks samenstelling boven opgegeven is, vulde de door het haarvatenstelsel en de aderen van de poot terugkeerende stof een groot gedeelte van het haarvatenstelsel der darmen en zelfs van de lever.

nen oorsprong neemt. Bij deze opspuiting der aderen moet men zorg dragen, alvorens het spuitbuisje in het vat te brengen, het daarin en in deszelfs hoofdtakken aanwezige gestolde bloed, met voorzigtigheid te verwijderen, door het met het heft van een scalpel, onder eene zachte drukking, door de gemaakte opening naar buiten te drijven. Bevat het orgaan blijkbaar zeer veel bloed, dan is het somwijlen zelfs raadzaam eerst door de slagader warm water te spuiten, zoo dat dit door de ader weder uitvloeit, en het bloed medevoert. Men moet tot deze waterinspuiting echter slechts dan zijne toevlugt nemen, wanneer hare noodzakelijkheid duidelijk blijkt, dewijl de fijnere vaatjes steeds daaronder lijden, zoodat er naderhand eerder extravasaat ontstaat.

4° Zijn de spuitbuisjes behoorlijk in de vaten gebragt, en door eenen draad, welken men, met behulp eener gebogen naald, onder het vat doorvoert, daarin bevestigd, dan wordt het te injectiëren voorwerp in water gelegd van 36° — 40° C warmte, en men gaat eerst tot de inspuiting over, nadat deze warmte genoegzaam tot de binnenste gedeelten heeft kunnen doordringen.

5° De injectiestof wordt tot eenen warmtegraad gebragt, waarbij zij gemakkelijk vloeibaar is. Deze warmtegraad kan die van het zoo even genoemde waterbad iets te boven gaan, maar moet beneden het stollingspunt van eiwit (60° C) blijven.

6° Bij de vulling der spuit, door opzuiging van de injectiestof, zorge men dat geen lucht in de spuit kome, hetgeen het best verhinderd wordt, door, vóór dat men de mond der spuit onder de oppervlakte van het vocht brengt, den zuiger geheel tot op haren bodem te drukken.

7° De mond der gevulde spuit in de opening van het spuitbuisje gebragt zijnde, oefene men eene langzame en

gelijkmatige drukking op den zuiger uit. Ontmoet men eenen zeer sterken weerstand, dan kan deze veroorzaakt worden door eene verstopping van het spuitbuisje, in welk geval men daarin, na verwijdering van de spuit, eenen metaaldraad, of, bij de fijnere buisjes, een varkenshaar op en neder beweegt, ten einde den hinderpaal uit den weg te ruimen. Verders drage men zorg de spuit in die rigting te houden, waarin de stof het gemakkelijkst wordt voortgestuwd, dat is in dezelfde rigting, welke het bloed gedurende het leven heeft gevolgd.

3° Het is moeilijk eenige vaste regelen te geven ten aanzien van den tijd, gedurende welken de opspuiting moet worden voortgezet. Inderdaad behoort er eenige geoefendheid toe, om het tijdstip, waarop men daarmede eindigen moet, met eenige zekerheid te bepalen; en zelfs de meest geoefende kan hieromtrent mistasten, zoodat het hem eerst bij het later in het werk gesteld onderzoek blijkt, of dat de opvulling der vaten niet volledig genoeg is, ten gevolge eener te vroegtijdige staking van de injectie, of dat, deze te lang voortgezet zijnde, de wanden der fijne vaatjes gebarsten zijn, de gekleurde stof er uitgevloeid is, en zich door het weefsel verspreid heeft.

Bij zulke gemakkelijk vloeibare en sterk doordringende injectiestoffen als boven beschreven zijn, is het in den regel niet raadzaam met de opspuiting voort te gaan, tot men eenen sterken wederstand ondervindt, omdat er dan doorgaans reeds extravasaat is ontstaan. Beter is het daarom alleen acht te geven op de zichtbare uitwerkselen der injectie, b. v., bij eene opspuiting door de *arteria carotis*, op de kleuring van de lippen, van het bindvlies der oogen enzv. Bespeurt men, dat bij eene injectie door de slagaderen, de

stof door de aderen terugkeert, dan spreekt het van zelf, dat men de opspuiting niet verder voortzet.

9° Na elke opspuiting moet het vat, waardoor zij geschiedt is, óf onderbonden, óf het zich daarin bevindend spuitbuisje met eenen kurken stop gesloten worden, om het uitvloeijen der injectiestof te verhinderen. Is de bewerking geheel afge-loopen, dan wordt het geïnjecteerde voorwerp goed met koud water afgespoeld, en vervolgens in slappen spiritus gelegd, waarin men het minstens eenige uren, liefst tot den volgenden dag, moet laten liggen, ten einde aan de lijm behoorlijk tijd te geven om te stollen, vóór men tot het onderzoek overgaat.

516. Wat de wijze van onderzoek der geïnjecteerde organen betreft, zoo kan men over het algemeen aannemen, dat de verdeeling van het bloedvatenstelsel zich alleen in haren waren toestand en verhouding tot de overige zamenstellende deelen van het weefsel vertoont, zoolang het praeparat vochtig is. Door drooging krimpen al de deelen ineen, zoodat vaten, die oorspronkelijk tot twee of meer boven elkander liggende lagen behoorden, nu in eene enkele laag gelegen schijnen te zijn. Daarentegen levert het droogen het voordeel op, dat men later de praeparaten in terpen-thijnolie of canadabalsem kan brengen, waardoor het omgevende weefsel doorschijnend wordt gemaakt, zoodat eenige bijzonderheden der vaatverdeeling nu veel duidelijker te voorschijn treden, dan in den vochtigen toestand van het voorwerp. Meestal is het dus raadzaam de praeparaten, zoowel in den vochtigen, als in den gedroogden toestand, te onderzoeken. Ook wordt de keus der methode hier eenigzins gewijzigd door den aard van het orgaan. Van sommige organen, zoo als van de lever, van de nieren enzv., kan men

veilig de vaatverdeeling aan gedroogde doorsneden, zoowel der oppervlakte als der dieper gelegen deelen, bestuderen, zonder gevaar te loopen van misleiding ten gevolge der bovengenoemde oorzaak; bij andere organen daarentegen leveren gedroogde praeparaten slechts een hoogst gebrekkig beeld; zoo b. v. wordt het slijmvlies van de maag en van de darmen met deszelfs vlokken, plooijen en klieren, door de drooging zoozeer veranderd, dat men, het alleen uit zulke praeparaten kennende, zich noodwendig eene hoogst gebrekkige voorstelling van deszelfs ware samenstelling zouden vormen (1).

(1) Een groot gedeelte der, uit het oogpunt der kunst, overigens voortreffelijke afbeeldingen in het bekende plaatwerk van Berres, *Anatomie der mikroskopischen Gebilde des menschlichen Körpers*, welke alle naar gedroogde praeparaten zijn vervaardigd, zijn uit dien hoofde geheel onbruikbaar. Alleen hij, die door eigen onderzoek weet, hoe dezelfde praeparaten zich in den verschen toestand vertoonen, kan in dien doolhof van vaten eenigzins den draad terugvinden.



517. **D**e middelen, om in de natuurkundige wetenschappen tot erkenning der waarheid te geraken, zijn van tweederlei aard; zij zijn namelijk: óf waarnemingen óf proefnemingen. Ook de erkenning van den waren aard der mikroskopische voorwerpen berust op de gepaste aanwending dier beide soorten van middelen. Het is niet genoeg de voorwerpen te onderzoeken in den gewonen toestand, waarin zij zich aan het waarnemend oog aanbieden; men moet hen ook opzettelijk blootstellen aan den invloed der verschillende physische en chemische krachten, en de uitwerkselen en veranderingen, welke daarvan het gevolg zijn, met het gewapend oog gadeslaan. Met andere woorden: de voorwerptafel van het mikroskoop moet een laboratorium in het klein zijn; de zich daarop bevindende voorwerpen moeten onderworpen worden aan alle zoodanige op natuur- of scheikundige gronden steunende bewerkingen, van welke men, met eenige waarschijnlijkheid, verwachten kan, dat zij strekken zullen, om de geaardheid van het ligchaam, in een physisch of chemisch opzigt, nader te leeren kennen.

Terwijl het vorige hoofdstuk voornamelijk gewijd is geweest aan de beschouwing van alle zulke hulpmiddelen, die den mikroskopischen waarnemer ten dienste staan, om de

voorwerpen uit een morphologisch oogpunt te onderzoeken, zoo willen wij thans bij diegene stilstaan, welke hoofzakelijk ten doel hebben de uiting te leeren kennen der in die voorwerpen wonende krachten.

518. De algemeene *aantrekkingskracht*, onder den vorm van *zwaartekracht*, oefent haren invloed uit, zoowel op de kleinste stofdeeltjes, welke nog even door het mikroskoop waarneembaar zijn, als op de grootste lichamen aan de oppervlakte onzer aarde. Wij kunnen echter tot hiertoe over geene werktuiglijke hulpmiddelen beschikken, welke ons in staat stellen, de mikroskopische voorwerpen te wegen, hetzij om hun absoluut of om hun specifiek gewigt te bepalen. Doch, hoewel eene regstreeksche weging onmogelijk is, zoo kan men echter in eenige gevallen, langs eenen omweg, tot de kennis van hun gewigt geraken. Hiertoe zijn twee gegevens noodig: 1° de inhoud van het lichaampje, en 2° deszelfs soortelijke zwaarte. Tot het vinden der eerste wordt de toepassing vereischt der verschillende mikrometrische methoden, waarover later uitvoerig zal worden gehandeld; wat de soortelijke zwaarte aanbelangt, zoo is deze van vele zelfstandigheden door in het groot verrigte bepalingen bekend.

Helderen wij dit wederom door een voorbeeld op. Men wil b. v. weten: hoeveel een der kleine diatomeënschalen weegt, welke den polystschiefer van Bilin zamenstellen. Deze kiezelschalen hebben den vorm van korte cilindertjes, welke gemiddelde dwarse doormeter $9,5 \text{ mm}$, en wier hoogte 3 mm bedraagt. Hun gemiddelde inhoud is derhalve 539 kubiek mm , en er zijn dus $2.950.000.000$ van hen in eenen kubiek centimeter bevat. Het specifiek gewigt van kiezelzuur is, volgens Beudant, $2,654$; daar nu 1 kubiek

centimeter water 1 gram weegt, zoo wegen 2,950,000,000 dezer diatomeënschalen 2,634 gr., en gevolglijk is het gemiddeld gewigt van elk hunner 0,0000000009 gram = ongeveer $\frac{1}{1.111.000}$ milligram. Op eene dergelijke wijze kan

de zwaarte berekend worden van vele andere uit anorganische zelfstandigheden bestaande ligchaampjes, wier vorm eene berekening van hunnen inhoud veroorlooft, als ook van verscheidene organische, zoo als vetbolletjes, bloedschijfjes enzv.

Intusschen moet men erkennen, dat de uitkomsten van zulke berekeningen meer als curiositeiten, dan wel als van wetenschappelijk belang kunnen worden beschouwd. Van meer waarde zoude het wezen, indien het mogelijk ware de betrekkelijke hoeveelheid te vinden der verschillende bestanddeelen, waaruit een voorwerp bij het mikroskopisch onderzoek blijkt te bestaan. Hier echter worden gewigtsbepalingen geheel onmogelijk, en moet men zich vergenoegen met de bepaling van het aandeel, hetwelk zij aan het volume nemen, hetgeen geschiedt door meten en tellen op een aantal verschillende punten, waarbij alsdan de kennis van den vierkanten inhoud van het gezigtveld van veel hulp is. De wijze, waarop deze gevonden kan worden, is in § 208 Dl. I medegedeeld.

519. Tot de herkenningmiddelen der voorwerpen, die men door het mikroskoop waarneemt, behoort ook hun onderscheiden *specifiek gewigt*. De meeste onderzoekingen namelijk worden verrigt aan ligchaampjes, die door water omgeven zijn, of daarin drijven. Daar er nu altijd eenige ruimte overblijft tusschen het glasplaatje, waarop het voorwerp ligt, en het dekplaatje, waarmede het bedekt is, zoo

zullen alle ligchaampjes, die zwaarder zijn dan water, na eenigen tijd bezinken, terwijl daarentegen zij, welke ligter dan dit vocht zijn, naar boven komen in de nabijheid van het dekplaatje. Door deze eigenschap alleen kan men vetbolletjes en zeer kleine luchtbelletjes dadelijk van eene menigte andere ligchaampjes onderscheiden, waarmede zij eenige overeenkomst hebben, gelijk kleine amyllumkorrels, pigmentmoleculen, bloedligchaampjes, de praecipitaatligchaampjes van koolstofzuren kalk, van koolstofzure bitteraarde, zwavel, enzv.

Het verschil in specifiek gewigt heeft, bij zeer kleine mikroskopische ligchaampjes, ook nog een ander gevolg, waarop ik reeds vroeger (bl. 70) met een woord heb opmerkzaam gemaakt, dat namelijk hunne moleculairbeweging des te eerder ophoudt, hoe grooter dit specifiek gewigt is, terwijl bovendien de grootte der deeltjes, welke in deze beweging deelen, des te aanzienlijker is, naar mate zij eene geringere soortelijke zwaarte bezitten. Kleine amyllumkorrels, — gelijk b. v. een gedeelte van die, welke in tarwemeel voorkomen, — vertoonen geen moleculairbeweging, terwijl deze bij de botterbolletjes der melk, waaronder er van gelijke grootte als gene zijn, zeer sterk wordt waargenomen, en zij dan ook bij de veel kleinere amyllumkorrels, die in de fovilla van sommige pollenkorrels worden aangetroffen, geenszins ontbreekt. Men heeft derhalve regt, om uit het bestaan der moleculairbeweging, en uit haren korteren of langeren duur, in verband met de grootte der ligchaampjes, die daarin deelen, tot een meerder of minder specifiek gewigt te besluiten van de stof, waaruit de ligchaampjes zijn gevormd.

Dit besluit is intusschen alleen dan gewettigd, wanneer er geene oorzaken bestaan, die, op eene werktuiglijke wijze,

de moleculairbeweging belemmeren. Dit geldt inzonderheid van zulke ligchaampjes, welke, gelijk bij vele organische deeltjes het geval is, niet door zuiver water, maar door een slijmerig vocht omgeven zijn. De fijnkorrelige uit uiterst kleine ligchaampjes bestaande stof, die een gedeelte der grijze zelfstandigheid van hersenen en ruggemerg uitmaakt, kan hier als voorbeeld worden aangevoerd. Hoe klein ook de deeltjes hier zijn, ziet men hen nimmer in beweging, zoolang zij te midden van het weefsel gelegen zijn, in weerwil dat hun specifiek gewigt dat van water slechts weinig kan te boven gaan.

Hetzelfde moet ook gezegd worden van de mede uiterst kleine ligchaampjes, die talrijke zoogenaamde vlokkige organische en anorganische praecipitaten zamenstellen, en welke, van het oogenblik van hun ontstaan af, onderling zamenhangen door een gedeelte hunner massa, die nog een tijdlang met water verbonden blijft, en waaruit zich eerst allengs de vaste stof afscheidt. Tevens is men hierbij in de gelegenheid, om de werking der *moleculaire aantrekkingskracht* door het mikroskoop waar te nemen, en te zien hoe de kleinere ligchaampjes, elkander aantrekkende en ineen smeltende, zich van lieverlede tot grootere vereenigen.

520. Ten einde eenen *elektrischen stroom* te kunnen voeren door de voorwerpen, welke zich in het gezigtsveld van het mikroskoop bevinden, kan men zich van eenen toestel bedienen, die geheel overeenkomt met den bekenden algemeenen ontlader, doch alleen veel kleiner is, en zoodanig ingerigt, dat de pooleinden onder het mikroskoop kunnen worden gebracht. Doch, hoewel dit kleine werktuig (waarvan de nadere beschrijving in het laatste deel zal gegeven wor-

den) volkomen aan het doel beantwoordt, zoo wint het de volgende inrigting door eenvoudigheid en de gemakkelijheid, waarmede zij door elk kan worden daargesteld.

Men neme eene strook spiegelglas (z. fig. 51 *abcd*) van 10 tot 12 centim. lengte en ongeveer 5 centim. breedte, en plakke hierop, met stijfelpap, twee iets smallere strooken bladtin A en B, zoodanig dat een gedeelte van het bladtin aan beide uiteinden vrij overhangt, en er eene opene ruimte van $2\frac{1}{2}$ tot 5 centim. overblijft. Hierop worden dan, met behulp van een mengsel van pek en hars, of van de vroeger (bl. 125) vermelde gutta-perchalijm, wederom twee glasstukjes *defg* en *hikl* bevestigd, op zulk eenen onderlingen afstand, dat, indien de toestel tusschen den verdertoestel van de voorwerptafel is geplaatst, de bladtinstrooken behoorlijk geïsoleerd zijn. De poolstukken *n* en *p* zijn los, en bestaan uit dun gegloeid koperdraad, of nog beter uit platinadraad, hetwelk (z. C) zoodanig gebogen wordt, dat terwijl een gedeelte (*mrs*) er van op het bladtin legt, een ander gedeelte (*mtv*) zich in een vlak bevindt, hetwelk hier loodregt op staat. De bogt bij *m* wordt naar omstandigheden scherper of stomper gemaakt, terwijl de poolstukken naar willekeur digter bij of verder van elkander kunnen geplaatst worden. Op het midden van het glasplaatje, in D, brengt men dan het voorwerp, en, daar de meeste proefnemingen worden verrigt op organische ligchaampjes, die door water omgeven zijn, zoo bedient men zich daarbij van een glasbakje, op de vroeger (§ 289) opgegeven wijze vervaardigd, en dompelt de uiteinden der poolstukken in het water, waarmede het bakje gevuld is.

De vrij afhangende einden der strooken bladtin kunnen dan met de poolen van allerlei electrische of galvanische toe-

stellen worden in verband gebracht. Het meest gepast echter voor het gebruik bij mikroskopische onderzoekingen, b. v. van den invloed des electrischen strooms op de ciliairbeweging, op den bloedsomloop, op de rotatie van het celsap, op de levensuitingen van kleine dieren, op de zamentrekkingen der spieren, enzv., is een kleine inductietoestel, gelijk men gewoon is ook voor geneeskundige doeleinden aan te wenden.

521. Men heeft meer dan ééne inrigting uitgedacht, om door middel van het mikroskoop den invloed te onderzoeken, welken een *verhoogde warmtegraad* op de voorwerpen uitoefent. De meest vernuftige dezer inrigtingen, die van Chevalier, zal later beschreven worden; zij is echter alleen toepasselijk op zulke mikroskopen, waarin de stralen, na door het objectiefstelsel gegaan te zijn, door een regthoekig prisma in eene horizontale rigting gebragt worden.

Van meer algemeene aanwending is de door Raspail aanbevolen handelwijze, om het te verwarmen ligchaam, b. v. een horologieglas met water en eenige amyllumkorrels, in de opening der voorwerptafel te plaatsen, en nu den verlichtingstoestel weg te nemen, en dezen door de vlam eener lamp te vervangen. Ten einde hierbij echter te beletten, dat de glazen van het objectiefstelsel niet door de oprijzende dampen beslagen worden, maakt men gebruik van de zoogenaamde *laars*, bestaande (z. fig. 22) uit eenen kopere buis *abcd*, wijd genoeg om over het onderste gedeelte der mikroskoopbuis te worden geschoven; deze buis is bij *ab* open, maar bij *cd* door een vlak glasplaatje hermetisch gesloten. Dit gesloten einde wordt dan, gedurende de verwarming, in het vocht gedompeld, en op die wijze kan

men alles waarnemen, wat zich daaronder bevindt, zonder dat de opstijgende dampen het objectief bereiken, en het gezichtsveld verduisteren.

Intusschen moet men erkennen, dat alle waarnemingen, gedurende de verwarming van een vocht verrigt, van weinig waarde zijn. Het is namelijk niet mogelijk dezelfde voorwerpen steeds in het gezichtsveld te houden, uit hoofde der gestadige strooming, welke, als onmiddelijk gevolg der verwarming, in het vocht ontstaat, en waardoor de daarin bevatte lichaampjes, wier veranderingen door de warmte men wenscht waar te nemen, in eene aanhoudende op en nedergaande beweging zijn, die alle eenigzins naauwkeurige waarneming onmogelijk maakt. Verkieslijker is het daarom het onderzoek, niet gedurende, maar na de plaats gehad hebbende inwerking der warmte, te verrigten, wanneer de stroomingen in het vocht hebben opgehouden, en daartoe is het geheel voldoende de vooraf verwarmde voorwerpen, na bekoeling, onder het mikroskoop te brengen. Draagt men hierbij zorg trapswijze dezelfde of gelijke voorwerpen telkens aan eene iets hoogere temperatuur bloot te stellen, dan is men in de gelegenheid alle de graden der inwerking en de structuurveranderingen, welke hiermede gepaard gaan, te leeren kennen.

Evenzoo kan men ook de organische voorwerpen vooraf aan de gloeihitte blootstellen, ten einde den vorm en den aard te leeren kennen der daarbij overblijvende onverbrandbare bestanddeelen. Dit geschiedt het best, door de voorwerpen, die men verbranden wil, vooraf met water bevochtigd op een dun en smal glasplaatje uit te breiden, en, na verdamping van het vocht aan de lucht, het glasplaatje met het geheel drooge voorwerp in de vlam eener alkohollamp te houden. Alle plantaardige voorwerpen verbranden daarin ge-

makkelijk, doch voor de geheele verbranding van dierlijke voorwerpen is het doorgaans noodig eene sterkere warmte aan te wenden, waartoe de vlam eener glasblazerslamp het meest geschikt is. Moet de asch van het verbrande voorwerp later aan een mikrochemisch onderzoek worden onderworpen, dan is het in den regel beter, in plaats van een glasplaatje, een stukje platinablik te bezigen, dewijl de bestanddeelen der asch van sommige, vooral van dierlijke stoffen, met die van het glas zamensmelten, en zij daarvan moeilijk kan verwijderd worden.

522. Het kan overbodig schijnen hier ter plaatse nog opzettelijk te gewagen van het *licht*, als hulpmiddel tot herkenning van den aard der mikroskopische voorwerpen, daar de geheele mikroskopische waarneming alleen steunt op eene gepaste aanwending van hetzelfde; doch de kennis der wetten, die de lichtstralen volgen bij hunnen gang door brekende middenstoffen, heeft middelen aan de hand gegeven, om, met behulp van het mikroskoop, den brekingsaanwijzer te bepalen van zulke stoffen, van welke het, óf uit hoofde hunner geringe hoeveelheid, óf omdat zij alleen in zeer dunne lagen eene genoegzame doorschijnendheid bezitten, niet mogelijk is het brekend vermogen, door eene der meer gebruikelijke handelwijzen, te vinden.

Reeds voor vele jaren heeft Brewster (1) het mikroskoop tot dit doel aangewend, en wel een zamengesteld mikroskoop, waarvan het objectiefglas eene gelijkzijdige biconvexe lens is, van niet te korten brandpuntsafstand. Dit objectiefglas is hermetisch besloten in eenen koperen ring, die met

(1) *Treatise on new Philosophical Instruments*. Edinburgh, 1813. p. 240.

de stof gevuld wordt, waarvan men het brekend vermogen wenscht te bepalen. Dit verrigt zijnde, wordt de bovenste opening van den ring gesloten, door bedekking met een cirkelvormig glasplaatje met evenwijdige oppervlakten, zoodat de ingebragte stof eene plano concave lens vormt, waarvan de holle zijde rust op het biconvexe objectiefglas, en dus het objectief eene plano-convexe dubbellens is geworden, gelijkende naar de vereeniging eener flintglas- en crown-glas-lens tot eene achromatische dubbellens, alleen met dit verschil, dat de bolle zijde hier benedenwaarts is gekeerd, en de platte naar boven.

Door deze verandering van het biconvexe objectief in een plano-convex, wordt de brandpuntsafstand natuurlijk merklijk grooter, en te gelijk hiermede ook de afstand, waarop een voorwerp moet worden geplaatst, om zich het scherpst door het mikroskoop te vertoonen. Hoe grooter nu het brekend vermogen is van de zelfstandigheid, welke de plano-convexe lens vormt, des te meer zal die afstand toenemen.

Ten einde den accomodatietoestand van het oog bij de onderscheiden waarnemingen zoo na mogelijk gelijk te doen zijn, kan men, ingevolge den raad van Brewster, gebruik maken van een oculair met eenen daarin gespannen draad, welke, bij het begin van elke waarneming telkens een scherp netvliesbeeld vormende, voor eene gelijke mate van inspanning van het accomodatie-vermogen getuigt.

Ter berekening van den brekingsaanwijzer moeten bekend zijn:

- 1° de radius der oppervlakten van de biconvexe lens = r ;
- 2° de afstand des voorwerps van de biconvexe lens, waarop dit scherp gezien wordt, wanneer tusschen de lens en het glasplaatje slechts lucht is, = a ;

3° de afstand des voorwerps van de biconvexe lens, waarop dit scherp gezien wordt, wanneer tusschen de lens en het glasplaatje de te onderzoeken stof gebragt is, = b .

Stelt men dan den brekingsaanwijzer dier stof = n , dan is

$$n = 1 + \frac{(b-a)r}{ab} \quad (1).$$

De voordeelen der handelwijze van Brewster bestaan daarin, dat men van elke zelfstandigheid, die vloeibaar of althans week genoeg is, om door zamenpersing den vorm eener lens aan te nemen, den brekingsaanwijzer bepalen kan, zelfs wanneer de stof slechts eene geringe mate van doorschijnendheid bezit, dewijl men hierin kan voorzien door eene grootere dunheid der laag, waardoor het licht moet gaan. Verscheidene stoffen, zoo als was, pek, opium enzv., die in massa geheel ondoorschijnend zijn, worden, tot eene dunne laag zamengeperst, doorschijnend genoeg, om, volgens de opgegeven manier, hun brekend vermogen te vinden.

Intusschen heeft deze handelwijze ook hare nadeelen. In de eerste plaats vordert zij bij het mikroskoop eenen eigenen toestel, bestaande uit een opzettelijk daarvoor vervaardigd objectief en uit eene zeer naauwkeurige mikrometrische inrigting, om den afstand te meten, waarop het voorwerp moet gebragt worden, ten einde scherp te worden gezien. In de tweede plaats moet de radius der oppervlakten van de biconvexe glazen lens naauwkeurig bekend zijn, iets het-

(1) Deze formule is mij medegedeeld door mijnen ambtgenoot van Rees. Ik heb dezelve in de plaats gesteld van die, welke Brewster opgeeft, omdat de laatste de kennis vooronderstelt van den brekingsaanwijzer der biconvexe lens, iets dat alleen mogelijk is, wanneer men zulk eene lens opzettelijk tot dit doel laat slijpen uit glas, waarvan men den brekingsaanwijzer door eene voorafgaande bepaling kent.

welk inderdaad bij mikroskopische objectieflenzen tot de moeilijkste opgaven behoort. Eindelijk ten derde ontstaat de vraag: van welk punt de meting des afstands van het voorwerp moet aanvangen? Brewster schijnt de benedenste oppervlakte der lens als aanvangspunt te hebben gebezigd, doch dit is niet juist, daar het ware aanvangspunt, het optische middelpunt, eigenlijk gelegen is binnen in de dubbellens, en wel op verschillende plaats, naar gelang van de dikte der laag en het brekend vermogen der stof, waaruit de planoconvexe lens bestaat. Het is derhalve niet wel mogelijk dien afstand met zulk eene nauwkeurigheid te bepalen, als voor de berekening vereischt wordt.

522. De volgende handelwijze, ofschoon beperkter in hare toepassing, daar zij zich alleen tot vloeistoffen bepaalt, is vrij van de bovengenoemde nadeelen, en uitvoerbaar met elk mikroskoop, zonder toevoeging van eenen opzettelijk daarvoor bestemden toestel, terwijl zij, met behoorlijke zorg in het werk gesteld, zeer juiste uitkomsten levert. Bovendien beveelt zij zich nog aan door de uiterst geringe hoeveelheid eener vloeistof, die hierbij vereischt wordt, daar slechts weinige milligrammen van eenig vocht volkomen voor eene bepaling van deszelfs brekingsaanwijzer voldoende zijn.

De hier bedoelde handelwijze grondt zich op het verschil in de grootte der beelden, welke van een en hetzelfde op gelijken afstand geplaatst voorwerp, gevonden worden, door luchtbelllen van gelijke grootte, al naar gelang zich deze in een vocht van verschillend brekend vermogen bevinden.

Dat dit verschil inderdaad vrij aanzienlijk is, moge hieruit blijken, dat de betrekkelijke grootte der beelden in:

| | | | |
|--------------|-----------------|----------|-------|
| water | ($n = 1,556$) | bedraagt | 1000, |
| zwavelzuur | (» » 1,416) | » | 749, |
| canadabalsem | (» » 1,504) | » | 582. |

Om den brekingsaanwijzer te kunnen berekenen wordt derhalve gevorderd:

1° dat zich, in een dun door evenwijdige platte vlakken begrensd laagje van het vocht, eenige luchtbelllen bevinden, die, als verstrooijingslenzen werkende, beelden van eenig zich daaronder bevindend voorwerp vormen. Hiertoe wordt op een glasplaatje een droppel van de vloeistof gebragt, waarin men dan eenige luchtbelllen doet ontstaan, door inblazing met een zeer fijn voor de glasblazersslamp uitgetrokken glasbuisje. Vervolgens wordt om den droppel heen op het glasplaatje een kleine papieren ring gelegd, en hierop een dun dekplaatje. Sommige der luchtbelllen zullen hierbij hunne bolvormige gedaante verliezen, en derhalve voor het doel onbruikbaar zijn, doch dit herkent men spoedig aan de verwrongen gedaante der daardoor gevormde beelden, terwijl er altijd genoeg overblijven, welke nette en scherp begrensde beelden geven. Wat de dikte van het gebezigde glasplaatje aabelangt, zoo moet deze niet meer dan 0,2 millim. bedragen, daar een dikker plaatje op den gang der stralen eenen bij de berekening niet te verwaarlozen invloed uitoefent. Een gewoon dun glazen dekplaatje kan hiertoe zeer gevoeglijk gebruikt worden.

2° Als voorwerp bedient men zich het best van eene wit gekleurde metaalstrook, waarvan de doormeter natuurlijk met de meeste zorg moet bepaald zijn. Deze metaalstrook wordt onder de voorwerptafel, en evenwijdig met deze, op eenen daarvoor geschikten draagtoestel geplaatst, indiervoege dat haar middenpunt juist in de verlengde der optische as van het mikroskoop ligt.

3° Ook de afstand der bovenzijde van het voorwerp tót aan de luchtbel moet zoo juist mogelijk bekend zijn. Ik heb bij mijne metingen de voorkeur gegeven aan eenen vasten afstand van 10 centim., wegens de gemakkelijheid van dit cijfer voor de berekening. Ook zal die afstand voor de inrigting der meeste mikroskopen wel de geschikste zijn.

Tusschen dezen afstand en den doormeter van het voorwerp moet eene zekere verhouding bestaan. Indien namelijk de laatste meer dan $\frac{1}{5}$ van den eersten bedraagt, dan wordt eene correctie van het eindresultaat noodig, omdat, bij den alsdan te schuinschen inval der randstralen, die van het voorwerp komen, het verschil tusschen den invallingshoek en den brekingshoek niet meer kan verwaarloosd worden.

4° Het mikroskoop zoo gesteld zijnde, dat men het beeld van het voorwerp duidelijc ziet, moet de middellijn gemeten worden van de luchtbel, en de breedte van het zich daaronder vertoonende beeld. Voor deze opvolgende metingen moet de afstand van het objectief tot de voorwerpplaat iets veranderd worden, dewijl de randen der luchtbel en het beeld zich niet in hetzelfde vlak bevinden.

Daar de juistheid der uitkomst grootendeels afhangt van de naauwkeurigheid, waarmede deze metingen verrigt worden, zoo kunnen deze niet met te groote zorg worden in het werk gesteld. Ik verwijs omtrent de hierbij te volgen handelwijzen naar het hoofdstuk, waarin de mikrometrie opzettelijc behandeld wordt. Echter kan ik niet nalaten hier nog uitdrukkelijc bij te voegen, dat deze metingen geschieden moeten bij *opvallend licht*, omdat bij doorvallend licht, ten gevolge van den invloed der diffractie, de uitkomsten altijd iets te klein zijn. Het is ook om die reden, dat de metaalstrook, welke als voorwerp wordt gebezigd, wit gekleurd moet wezen.

Bovendien is het een vereischte, dat de metingen van luchtbel en van beeld elkander onmiddelijk opvolgen, eensdeels ten einde den mogelijken invloed eener temperatuursverandering te ontgaan, anderendeels omdat de lucht door verreweg de meeste vochten, en bepaaldelijk door die van organischen oorsprong allengs wordt opgenomen, zoodat de doormeter der luchtbelllen na eenigen tijd merkelyk verminderd is. Men moet zich daarom nimmer bij eene enkele meting eener luchtbel en van het daardoor gevormde beeld bepalen, maar de meting aan dezelfde luchtbel eenige malen herhalen, en hieruit de gemiddelde uitkomsten voor de berekening gebruiken.

Stelt men nu:

den afstand tusschen het voorwerp en de luchtbel = a
 den doormeter van het voorwerp » b
 » » » » beeld » c
 » » » » de luchtbel » d

dan wordt de brekingsindex n gevonden door de volgende formule, waarvoor de lezer mijnen ambtgenoot van Rees te danken heeft:

$$n = \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{(b-c)d}{4ac}} \quad (1)$$

of, daar c in verhouding tot b als oneindig klein kan beschouwd worden,

$$n = \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{bd}{4ac}}$$

(1) Deze formule kan alleen onder de bovengenoemde omstandigheden als juist genoeg worden aangemerkt, om het eindresultaat uit eenige metingen afgeleid tot in de derde decimaal zeker te stellen. Bij het gebruik van een dikker glasplaatje, en vooral van een grooter voorwerp, kunnen onderscheidene correctiën niet verwaarloosd worden, die de berekening omslagtig en de uitkomst onzekerder maken.

Indien, gelijk boven gesteld is, a is $= 100$, en $b = 20$, of in het algemeen $b = \frac{1}{5} a$, dan wordt

$$n = \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{d}{20c}}$$

Eenige uitkomsten, door deze methode verkregen, mogen hier eene plaats vinden, ten einde den lezer in staat te stellen een oordeel te vellen over den graad van naauwkeurigheid, waarvoor zij vatbaar is.

Waterig vocht uit de voorste kamer van het oog eener koe.

Volgens bepaling N°. 1 is $n = 1,5495$.

» » » 2 » » » 1,5457.

» » » 3 » » » 1,5494.

» » » 4 » » » 1,5496.

» » » 5 » » » 1,5463.

Gemiddeld » » » 1,5481.

Grootst verschil tusschen de

afzonderlijke uitkomsten » » » 0,0059.

Waarschijnlijke fout der ge-

middelde uitkomst » » » 0,0003.

Glasvocht uit hetzelfde oog.

Volgens bepaling N°. 1 is $n = 1,5412$.

» » » 2 » » » 1,5421.

» » » 3 » » » 1,5474.

» » » 4 » » » 1,5464.

» » » 5 » » » 1,5426.

Gemiddeld » » » 1,5459.

Grootst verschil » » » 0,0062.

Waarschijnlijke fout » » » 0,0007.

Vocht bevat tusschen de achterste vezelen der kristallens van hetzelfde oog.

Volgens bepaling N°. 1 is $n = 1,5876$.

» » » 2 » » » 1,4000.

Gemiddeld » » » 1,5958.

Vocht bevat tusschen de kernvezelen derzelfde kristallens.

Volgens bepaling N°. 1 is $n = 1,5956$.

» » » 2 » » » 1,4064.

Gemiddeld » » » 1,4010.

Vocht bevat tusschen de vezelen der kristallens van eenen kikvorsch.

Volgens bepaling N°. 1 is $n = 1,5782$.

» » » 2 » » » 1,5851.

» » » 5 » » » 1,5850.

Gemiddeld » » » 1,5827.

Vocht (liquor Morgagni) bevat in de capsula lentis uit het oog van eenen steenuil.

Volgens bepaling N°. 1 is $n = 1,5507$.

» » » 2 » » » 1,5500.

Gemiddeld » » » 1,5505.

Deze beide laatste voorbeelden voer ik hier inzonderheid aan, om te toonen, hoe zelfs eene hoogst geringe hoeveelheid van eenig vocht toereikend is voor eene bepaling van deszelfs brekingsaanwijzer.

525. Gaan wij thans over tot eene beschouwing der middelen, welke den waarnemer ten dienste staan, om bij mikroskopische onderzoekingen de *scheikundige* geaardheid der lichamen te leeren kennen.

Ik moet hier echter vooraf doen opmerken, dat mikrochemie en makrochemie geenszins van elkander zoodanig onderscheiden

zijn, dat men tusschen beiden eene grens kan trekken, evenmin als tusschen de zoogenaamde grovere en fijnere anatomie. Het geldt hier de toepassing van eene en dezelfde wetenschap, welke alleen dan mikrochemie heet, wanneer de voorwerpen of de plaats hebbende veranderingen tot hunne waarneming het gewapend oog vereischen.

Het mikrochemisch onderzoek bepaalt zich verders geenszins alleen tot zulke stoffen, waarvan de hoeveelheid te gering is, om op de gewone wijze scheikundig onderzocht te worden, maar het is in vele gevallen slechts eene voortzetting van en dikwijls ook eene noodzakelijke inleiding tot het makrochemisch onderzoek. Dikwerf dient het zeer tot bekorting van dit laatste, omdat de alleen door het mikroskoop waarneembare bestanddeelen niet zelden aan hunnen eigendommlijken vorm, kleur of andere bijzonderheden, met eenen enkelen blik worden herkend, terwijl hunne tegenwoordigheid anderzins niet dan langs eenen veel langeren weg zoude kunnen ontdekt worden.

Eindelijk is het ook nog daarom van belang bij scheikundige onderzoekingen, bepaaldelijk van organische zelfstandigheden, het mikroskoop aan te wenden, omdat men alleen daardoor in staat is, over de homogeneiteit eener stof te oordeelen. Vele nasporingen, door uitstekende scheikundigen in het werk gesteld, zijn geheel onvruchtbaar voor de wetenschap, omdat zij, dit voorloopig onderzoek verzuimende, in den waan verkeerden, dat zij eene enkele homogene stof aan het onderzoek onderwierpen, terwijl een enkele blik door het mikroskoop hen zoude geleerd hebben, dat deze een mengsel was van meerdere morphologisch verschillende bestanddeelen, in afwisselende betrekkelijke hoeveelheden.

Het gebruik van het mikroskoop in de scheikunde zal zou-

der twijfel hoe langer hoe meer toenemen, daar het zich laat vooruitzien, dat de mikrochemische herkenningmiddelen allengs zullen worden vermeerderd, en men reeds nu dit werktuig met veel vrucht heeft leeren aanwenden bij het onderzoek zoowel van anorganische als van organische lichamen. Ten einde echter niet al te uitvoerig te worden, willen wij ons in het volgende alleen bij eenige der voornaamste stoffen bepalen, welke tot de algemeenst voorkomende bestanddeelen van het dierlijk of plantaardig organisme behooren.

524. De werktuigen, welke bij eigenlijke mikrochemische onderzoekingen vereischt worden, zijn zeer weinige in getal. De velerlei soorten van vaten, die voor onderzoekingen in het groot te pas komen, worden hier schier alle vervangen door de glazen voorwerpplaatjes, dewijl het in de meeste gevallen slechts een enkele droppel is, welke aan het onderzoek wordt onderworpen. Somwijlen kan het echter noodig zijn eene iets grootere hoeveelheid van eenig vocht aan te wenden, of wel het voorwerp gedurende eenigen tijd met een vocht te laten digerereren, en in zulke gevallen bewijzen kleine horologieglazen met vlak geslepen randen, of wel glazen bakjes, op de vroeger (bl. 127) beschreven wijze vervaardigd, goede diensten. Ten einde daarbij de verdamping van het vocht en het invallen van stof te verhinderen, worden deze dan met een glasplaatje van passende grootte bedekt.

De meest gebruikelijke reagentia worden het best bewaard in droppelfleschjes (z. fig. 5 r), of in glazen stopfleschjes (fig. 5 z), waarvan de stop een eind weegs binnen in de holte reikt, en daar kegelvormig toeloopt. Zulke fleschjes zijn zeer gemakkelijk, omdat aan het uiteinde der stop, wan-

neer deze er uit genomen wordt, altijd een druppel hangt van het daarin bevatte vocht. Overigens kunnen ook glazen staafjes of fijne voor de glasblazerslamp uitgetrokken buisjes tot het opnemen van vochten gebezigd worden.

525. De voornaamste reagentia, welke bij mikrochemische nasporingen in aanmerking kunnen komen, zijn de volgende: *iodium-tinctuur*; eene oplossing van *iodium* in die van *iodpotassium*; *salpeterzuur*, *zoutzuur* en *zwavelzuur* van verschillende sterkte; *azijnzuur*; *wijnsteen*zuur; *kiesel*fluorwaterstofzuur; *ammoniak*; oplossingen van *bytende* en van *koolstofzure potasch*, van *phosphorzure* en van *oxalzure ammoniak*, van *zure oxalzure potasch*, van *phosphorzure soda*, van *chlorbarium*, van *chlorcalcium*, van *antimonzure potasch*, van *azijnzuur ijzeroxyd*, van *azijnzuur lood*, van *salpeterzuur zilver*; eene alcoholische oplossing van *chlorplatinum*; verders *gedestilleerd water*, *alkohol*, *zwa-velether*, *blauw* en door een zuur rood gekleurd *lakmoes*papier.

526. Doorgaans geschiedt de bijvoeging van het reagens eenvoudig, door een druppel daarvan in aanraking te brengen met het vocht op het voorwerpplaatje. Is het noodig de beide vochten te vermengen, dan bezigt men hiervoor een glazen staafje. Moet enig organisch weefsel uitgespreid of uitgeplozen worden, terwijl het zich in een zuur of alkalisches vocht bevindt, dan zal men best doen de stalen naalden, die men gewoonlijk daartoe gebruikt, door naalden van platinadraad te vervangen.

Dikwerf is het van belang de inwerking van het reagens slechts langzaam te doen plaats hebben, opdat men in de

gelegenheid zij de daardoor te weeg gebragte veranderingen in hunne verschillende trappen waar te nemen. In zulk een geval wordt op het voorwerp een dekplaatje gelegd, en een druppel van het vocht, welks werking men wenscht te leeren kennen, daarnevens geplaatst, zoodanig dat dit capillair wordt opgezogen, en zich langzaam vermengt met het vocht, dat het voorwerp omgeeft. Deze handelwijze is inzonderheid dienstig, wanneer, — gelijk b. v. bij de inwerking van azijnzuur op dierlijke weefsels, — het bijvoegen van het reagens hoofdzakelijk ten doel heeft, om te ontdekken, welke bestanddeelen daardoor verdwijnen of te voorschijn komen. Doch wanneer door de vermenging der beide vochten een praecipitaat wordt voortgebracht, dan is deze handelwijze niet aanwendbaar, dewijl op het punt, waar zij in aanraking zijn, een rand wordt gevormd, die de verdere vermenging verhindert.

Om in zulk een geval eene langzame maar toch gestadige vermenging te doen plaats hebben, kan men onder het dekplaatje een dun katoenen of linnen draadje brengen, waarvan het eene einde buiten het dekplaatje uitsteekt. Dit draadje wordt bevochtigd met eenen druppel van het herkenningmiddel, hetwelk dan allengs langs den draad onder het dekplaatje dringt, en zich met het daaronder bevatte vocht vermengt.

Nog beter, hoewel iets omslagtiger, is de volgende handelwijze.

AB fig. 52 stelt een gewoon voorwerpplaatje voor. Hierop wordt een ander kleiner glasplaatje *abcd* gelegd. Op het eerste bevindt zich het voorwerp *e* of het vocht, dat moet onderzocht worden; op het laatste een druppel *f* van het reagens, hetwelk men wil aanwenden. Is dit, zooals doorgaans, eene waterige oplossing, dan wordt een met water nat gemaakt katoenen draadje, met behulp eener pincet,

met het eene einde in den bovensten, en met het andere in den ondersten droppel gebragt, in dier voege, dat het bovenste vocht langzaam overhevelt. Om hierbij echter te beletten, dat het vocht niet tusschen de beide glasplaatjes wordt opgezogen, is het noodig de ondervlakte van het bovenste, als ook deszelfs randen, met vet te bestrijken.

Deze zelfde kleine toestel kan tevens dienen, om vochten, waarvan men slechts eene zeer geringe hoeveelheid heeft, door filtratie van de grootere daarin hangende lichaampjes te bevrijden. Het te filtreren vocht wordt dan op het bovenste plaatje gebragt, en door de nat gemaakte draad loopt dan het heldere gedeelte op het onderste glasplaatje over. Deze overheveling geschiedt natuurlijk des te sneller, hoe dikker het bovenste glasplaatje is.

Nog eene andere handelwijze om de vermenging te vertragen, en daardoor eene langzame praecipitatie te doen ontstaan, verdient hier vermelding, omdat zij gelegenheid geeft tot de vorming van groote kristallen, welker gedaante met meer zekerheid, dan die van kleine, kan bepaald en herkend worden. Zij is het best aanwendbaar, wanneer de te onderzoeken stof vast, maar in water geheel of gedeeltelijk oplosbaar is. In een waterpas geplaatst langwerpig glasbakje (fig. 55) van 8 tot 10 centim. lengte en ongeveer 2 centim. breedte, hetwelk op de vroeger (bl. 127) vermelde wijze vervaardigd is, wordt water gebragt tot op eene hoogte van 1 of 2 millimeters. Vervolgens brengt men de te onderzoeken zelfstandigheid, b. v. de asch van eenig organisch weefsel, aan het eene einde van het bakje in het water, daarbij zorg dragende zoo weinig mogelijk beweging hierin te maken; het reagens wordt dan op het tegenovergestelde verst van het eerste verwijderde punt in het bakje gebragt. Kan

men het reagens, gelijk bij de meeste zouten het geval is, in den vasten toestand aanwenden, dan is zulks verkieslijk; is het een vocht, dan wordt op het eene uiteinde van het bakje een glasplaatje *a* gelegd, en nu de overheveling, op de reeds gezegde wijze door middel van eenen nat gemaakten draad, bewerkstelligd. Even zoo plaatst men ook aan het andere einde een dergelijk plaatje *b*, indien de te onderzoeken stof in opgelosten staat is. Alsdan zullen zich de beide stoffen eerst na een zeker tijdsverloop in het midden van het bakje ontmoeten, en aldaar een praecipitaat vormen. Het is hierbij een volstrekt vereischte, dat het vocht in volmaakte rust is, tot dat het praecipitaat zich volledig heeft afgezet, dewijl door de minste beweging de gang der kristalvorming gestoord wordt, en er in plaats van eenige weinige maar groote en regelmatige kristallen, talrijke kleine en vaak onregelmatig gevormde kristallen ontstaan.

527. Het komt dikwerf voor, dat men, na de bijvoeging van het een of ander reagens, dit weder wenscht te verwijderen, door het daaraan blootgestelde voorwerp met water uit te wasschen. Dit geschiedt het best, zonder het voorwerp van het glasplaatje te verwijderen, — waardoor het dikwerf te veel zoude lijden, — indien men het voorwerpplaatje, waarop het zich, bedekt met een dekplaatje, bevindt, in eene eenigzins hellende stelling houdt, en nu, met behulp van een droppelfleschje (z. fig. 5 *r*), water dropsgewijs op den naar boven gekeerden rand van het dekplaatje laat vallen, zoodat het daaronder doorstroomt, en het vocht medevoert, terwijl het voorwerp achterblijft. Met eenige oefening leert men weldra den daartoe vereischten graad van helling en van snelheid der doorstroming kennen.

Eene moeilijkheid kan daarin gelegen zijn, dat, het voorwerp zeer dun zijnde, de ruimte tusschen het dek- en voorwerpplaatje te gering is, zoodat het water niet daarin kan dringen, maar langs de randen van of wel over het dekplaatje heen vloeit. Wanneer dit het geval mogt zijn, dan ligt men het dekplaatje even op, en brengt er eenig dun voorwerp onder, b. v. een haar, een strookje mica, of iets dergelijks, en gaat dan, op de reeds gezegde wijze, met de doorspoeling voort.

Vangt men het doorgelopen water in een horologieglass op, dan heeft men gelegenheid dit met de vereischte reagentia te onderzoeken, om te weten of het doel der uitwasching bereikt is, even als men gewoon is, bij grovere scheikundige proefnemingen, het door het filtrum doorgelopen waschwater van tijd tot tijd op deszelfs gehalte aan de uit te wasschen stof te beproeven.

528. Over de middelen, om mikroskopische voorwerpen gedurende de waarneming aan den invloed van warmte bloot te stellen, is reeds in § 521 gehandeld. Ik voeg dus hier ter plaatse alleen bij, dat nagenoeg alle uitdampingen van vochten, waarbij het te doen is, om uit den vorm van het op het voorwerpplaatje overblijvende over den aard der in oplossing geweest zijnde stoffen te oordeelen, het best geschieden bij de gewone luchttemperatuur, of althans bij eene zeer matige warmte, dewijl de kristallisatie des te regelmatigiger plaats grijpt, hoe langzamer de uitdamping geschiedt. Doorgaans moet men evenwel niet wachten, tot de uitdamping volkomen is, omdat de kristallisatie op het einde meestal verward wordt, maar het beste tijdstip, om eenen uitdampenden droppel onder het mikroskoop te brengen, is dat waarop

de kristalvorming aan de randen reeds begonnen, maar het middengedeelte nog vochtig is.

529. Het kristallographisch onderzoek maakt een hoogst belangrijk gedeelte uit der mikrochemie, en het kan niet genoeg worden aanbevolen, om zich daarin eene genoegzame vaardigheid eigen te maken. Inderdaad is de geoefende waarnemer, die zich den kristalvorm der het gewoonlijkst in organische weefsels en vochten voorkomende zelfstandigheden wel in het geheugen heeft geprent, daardoor in staat, met eenen enkelen blik door het mikroskoop, in zeer vele gevallen te herkennen, welke de scheikundige geaardheid is van sommige der daarin aanwezige bestanddeelen. Ja zelfs is zulk een kristallographisch onderzoek niet zelden het enige middel tot hunne ontdekking, omdat de overige bestanddeelen, die in het weefsel of in het vocht, hetwelk men onderzoekt, voorkomen, de kleine kristallen dikwerf zoodanig inhullen en omgeven, dat aan een isoleren door werktuiglijke middelen niet te denken valt.

Doch ofschoon een enkele blik vaak voldoende is, om den kristalvorm te herkennen, zoo is zulks echter geenszins altijd het geval. Het is bekend, dat de grondvorm, welken eenig ligchaam bij het kristalliseren aanneemt, tallooze wijzigingen kan ondergaan, wijzigingen welke echter aan zekere vaste wetten gebonden zijn, die ik bij mijne lezers als bekend moet vooronderstellen. Zij weten dan, dat men door het meten van eenige hoeken van een kristal, deszelfs eigenlijken grondvorm kan bepalen, en het is hierom van belang, dat men de middelen en de handelwijzen kent, waardoor zulke hoekmetingen aan mikroskopische kristallen met genoegzame nauwkeurigheid kunnen worden bewerkstelligd, zoodat daar-

uit vervolgens de grondvorm en de ware verhouding der kristalassen kunnen worden afgeleid.

Hiertoe zijn de onderscheiden soorten van mikro-goniometers bestemd, voor welker omstandiger beschrijving ik echter naar de laatste afdeeling van dit werk verwijs, hier alleen aanmerkende, dat de tot nu toe vervaardigde in twee klassen kunnen verdeeld worden, t. w. 1° in zulke, waar de hoekmeting geschiedt, door middel van ronddraaijing van een oculair, hetwelk van eenen kruisdraad en eenen in graden verdeelden cirkel voorzien is, en 2° de zoodanige, waar de cirkelverdeeling op de voorwerptafel is ingesneden, en deze laatste om eene as draaijen kan, die dezelfde is als de as van den optischen toestel, terwijl ook hier in het oculair een kruisdraad gespannen is. Bij beide inrigtingen wordt dan de punt van den te meten hoek in het kruissingspunt der draden in het oculair gesteld, zoodanig dat een der beenen met een der beide draden in aanraking is. Daarop wordt óf het oculair óf de voorwerptafel rondgedraaid, totdat het andere been met denzelfden draad in aanraking komt, en nu de grootte van den hoek op den verdeelden cirkel afgelezen. Hierbij wordt verondersteld, dat de punt van den hoek juist in de as van het werktuig ligt, en gedurende de ronddraaijing daarin blijft. Dit nu is bij goed vervaardigde werktuigen ook werkelijk het geval; doch wanneer dit geen plaats mogt hebben, dan moet men twee metingen van denzelfden hoek op tegenovergestelde punten des cirkels verrigten; de gemiddelde der beide uitkomsten is dan de ware grootte des hoeks.

Doch, behalve het gebruik der eigenlijke mikro-goniometers, staan ons nog andere wegen open, om de hoeken van mikroskopische kristallen te meten, wel is waar niet met de-

zelfde naauwkeurigheid als met deze, doch evenwel naauwkeurig genoeg om, waar het alleen aankomt op de onderscheiding van kristallen, die eenige gelijkheid in vorm bezitten, de herkenning zeker te maken.

Men kan namelijk door middel van een der vroeger (Dl. I § 177 en verv.) beschreven werktuigen, de *camera lucida*, het Sömmeringsche spiegeltje enzv., het beeld van een kristal op een papier of op eene lei projiciëren, en nu met drie punten, waarvan een in het hoekpunt, den te meten hoek daarop aanduiden. Trekt men dan vervolgens met eene liniaal de beenen van den hoek, dan kan de grootte van dezen men eenen graadboog bepaald worden.

Tot hetzelfde doel kan ook het draagbare zonnemikroskoop worden gebezigd, hetwelk in fig. 25 is afgebeeld, en waarvan de beschrijving in een volgend hoofdstuk zal gegeven worden.

Deze handelwijzen hebben zelfs een voordeel boven de eigenlijke mikro-goniometers, daarin bestaande, dat men aldus ook de helling van twee vlakken meten kan, die niet onmiddellijk aan elkander grenzen, b. v. van *a* en *b* fig. 54, dewijl men de zijden op het papier verlengen kan, tot zij in één punt *o* zamenkomen, en men nu de grootte van dezen hoek op de gezegde wijze bepaalt.

550. Wat de te meten hoeken betreft, zoo moet men wel in het oog houden, dat het, om de onderlinge helling der vlakken van een kristal te vinden, eigenlijk aankomt op de meting van den standhoek der vlakke hoeken. De grootte van dien standhoek kan op de opgegeven wijze alleen bepaald worden, indien het vlak, waarin de standhoek gelegen is, loodrecht staat op de optische as van het mikroskoop.

Men wil b. v. de hoeken kennen van het zeshoekige prisma fig. 53, dan kunnen de hoeken, die de vlakken a , c en b met elkander vormen, onmogelijk gemeten worden, zoolang het kristal in deze houding ligt, d. i. zoolang een gedeelte dier vlakken zelve zichtbaar is, want men ziet dan het geheele kristal in eene scheeve projectie; doch zoodra het kristal zich als in fig. 54 vertoont, waarin de vlakken, wier helling men wenscht te kennen, evenwijdig zijn aan de optische as, en daarom slechts als lijnen worden waargenomen, dan kunnen de hellingen van het vlak a op het vlak c en van dit op het vlak b door meting der hoeken d en e gevonden worden.

Vóór men dus tot de meting overgaat moet men zich wel overtuigd hebben, dat de standhoek, dien men meten wil, de vereischte stelling heeft. In vele gevallen komt hier de algemeene eigenschap te hulp, dat bij een regelmatig gevormd kristal aan elk vlak een daaraan tegenoverliggend vlak beantwoordt, hetwelk met het eerste evenwijdig is. Ligt dus het kristal met het eene dier vlakken op het voorwerpplaatje, dan is het andere, hetwelk naar het oog des waarnemers is toegekeerd, daarmede evenwijdig, d. i. loodregt gesteld op de optische as van het werktuig. Dat zulks inderdaad het geval is herkent men daaraan, dat zich al de punten van dit vlak gelijktijdig duidelijk vertoonen, zonder dat men noodig heeft den afstand tusschen het voorwerp en het objectief te veranderen.

Doorgaans veroorlooft het groote getal der kristallen eene keuze, zoodat slechts diegene voor de metingen worden aangewend, welke tamelijk regelmatig gevormd zijn, en eene gepaste stelling hebben. Overigens kan men, door drukking op het dekglasje, door het te weeg brengen van stroomingen, enzy., in deze stelling verschillende veranderingen doen ont-

staan, zoodat men in de gelegenheid is de hoekmetingen in onderscheiden rigtingen te bewerkstelligen.

Heeft men enkele kristallen van eene tamelijke grootte, dan kan een derzelve met een weinig was of vet op een voorwerpplaatje worden vastgekleefd, waarbij alsdan de hoekmeting het best bij opvallend licht geschiedt.

Intusschen is het niet altijd mogelijk door eene regtstreekse meting den stand- of hellingshoek der vlakken te bepalen, daar dit namelijk alleen geschieden kan, wanneer het naar het oog gekeerde vlak loodregt staat op de vlakken, welker helling men wil meten. Heeft dit geen plaats, zoo als b. v. in den rhomboëder fig. 56, dan moet uit den gemeten hoek poq de standhoek der vlakken a en b door berekening gevonden worden. Dit, zoowel als de berekening van de onderlinge verhouding der assen, geschiedt volgens trigonometrische regelen (1).

(1) In alle werken over kristallographie wordt hierover uitvoerig gehandeld. Ten einde echter door eenige voorbeelden te toonen, hoe zulks volgens de door de mikro-goniometrische methode verkregen uitkomsten wordt verrigt, ontleen ik het volgende aan het uitmuntende werkje van Carl Schmidt: (*Entwurf einer allgemeinen Untersuchungsmethode der Säfte und Excrete des thierischen organismus.* Mittau und Leipzig 1846. s. 23.)

» Heeft het kristal de gedaante van een rhombisch prisma met loodregte eindvlakken fig. 37, dan moet men trachten het op een der laatsten oP te stellen, ten einde de helling van de vlakken $u':u$, d. i. den hoek van het prisma van den grondvorm ∞P te meten, waaruit de verhouding der makro- en brachydiagonale assen

$$b:c = 1 : \operatorname{tang} \frac{1}{2} \gamma$$

$$\text{of } c = \operatorname{tang} \frac{1}{2} \gamma$$

wordt afgeleid, waarin γ den scherpsten hoek der basis oP , d. i. den hellingshoek der vlakken van het prisma ∞P beteekent.

Op gelijke wijze geschiedt de meting bij het bestaan van het makro- en brachydiagonale vlakkenpaar m en n fig. 35, waardoor een vertikaal prisma met achthoekige grondvlakte wordt gevormd.

Bij alle vertikale prismata met het loodregte of scheeve eindvlak oP ,

351. Uit aanmerking van het groote gewigt der kennis van de kristalvormen bij mikrochemische onderzoekingen, heb ik op plaat II en III een aanzienlijk getal kristallen afge-

is de volledige bepaling van de onderlinge verhouding der assen onmogelijk, dewijl de hoofdas a hier allerlei lengten heeft. Deze bepaling wordt eerst mogelijk, indien de plaats dier eindvlakken door horizontale prismata of piramiden wordt ingenomen, welke intusschen zelden geheel ontbreken.

Hebben wij nu eene verbinding van den laatstgenoemden vorm

$\infty P. \infty \bar{P} \infty. \infty \bar{P} \infty. o P$ fig. 38 met een horizontaal prisma, b. v. het brachydiagonale $\bar{P} \infty$ fig. 39 g (men denke zich in de figuur de kanten van het prisma ∞P regts en links door het makro-diagonale vlakkenpaar m loodregt afgestompt, even als de naar voren en achteren gekeerde het door n zijn), dan zoekt men het kristal op de oppervlakte m te stellen, als wanueer het zich even als fig. 40 (kristal van urinzuur) vertoont. De hoek boven en onder is de hellingshoek der vlakken $g:g'$ van het brachydiagonale horizontaalprisma, welks meting door eene eenvoudige berekening de verhouding geeft tusschen de hoofdas a en den makro-diagonaal b . Is namelijk $b = 1$, en noemt men den gemeten hoek β , dan is $a = \cotg \frac{1}{2} \beta$.

Is tevens het makro-diagonale horizontaalprisma $\bar{P} \infty$ voorhanden, dan stelt de geheele combinatie een achthoekig vertikaalprisma daar, aan de einden toegespitst door eene viervlakkige piramide. Om den hellingshoek $x:x'$ fig. 41 van zulk een prisma te meten, handelt men op gelijke wijze als bij het zoo even genoemde brachydiagonale prisma, met het eenige onderscheid, dat het kristal, in stede van op het makro-diagonale vlak m , op het brachydiagonale n fig. 38 en 39 gesteld wordt. Men verkrijgt dan de verhouding:

$$a = c. \cotg \frac{1}{2} \gamma, \text{ of } c = a. \tan \frac{1}{2} \gamma,$$

daar nu boven gevonden is

$$a = \cotg \frac{1}{2} \beta,$$

$$\text{zoo is } c = \cotg \frac{1}{2} \beta. \tan \frac{1}{2} \gamma,$$

en de volledige verhouding der assen =

$$a : b : c = \cotg \frac{1}{2} \beta : 1 : \cotg \frac{1}{2} \beta. \tan \frac{1}{2} \gamma,$$

waarin door γ de hellingshoek der vlakken $x:x'$ van het makro-diagonale horizontaalprisma wordt aangeduid.

Behoort eindelijk het kristal tot het monoklinische stelsel, dan is meestal het prisma van den grondvorm ∞P verbonden met het klino-diagonale vlakkenpaar ($\infty P \infty$) en het scheeve eindvlak $o P$. (Fig. 42, kristal van oxalzuur ureum, op het scheeve eindvlak gesteld; fig. 43, kristal van zwaartzuren kalk.) Men geeft dan daaraan eerst de ligging, zoo als in fig. 42, op het scheeve eindvlak, ten einde den hoek van het laatste = γ te me-

beeld van vele stoffen, die, hetzij in het plantaardig of dierlijk organisme als zoodanig voorkomen, óf wel door eene scheikundige bewerking ontstaan zijn. Bovendien heb ik in

ten, en brengt het vervolgens op het klinto-diagonale vlakkenpaar fig. 43, om den hellingshoek der scheeve assen α te meten. De hellingshoek γ' van het prisma van den grondvorm wordt dan gevonden door de eenvoudige verhouding tusschen de gegeven stukken $\sphericalangle \gamma'$ en $\sphericalangle \alpha$:

$$\cotg \frac{1}{2} \gamma' = \cotg \frac{1}{2} \gamma \cdot \sin \alpha.$$

Dezelfde verhouding heeft natuurlijk plaats tusschen elk hellend vlakkenpaar, hetzij dit het scheeve eindvlak is of een ortho-diagonaal hemiprisma $\pm P \infty$ van eenigerhande soort. Noemen wij hier den klinto-diagonaal b , den ortho-diagonaal c , dan wordt ook hier de verhouding tusschen de beide assen regtstreeks bepaald, en wel, indien $b = 1$ is:

$b : c = 1 : \tan \frac{1}{2} \gamma'$, of in het grondprisma ∞P , $b' = 1$ zijnde, (waar b' de as van het prisma in de klinto-diagonale hoofdsnede beteekent, terwijl c de ortho-diagonaal blijft):

$$b' : c = 1 : \tan \frac{1}{2} \gamma' = 1 : \frac{\tan \frac{1}{2} \gamma}{\sin \alpha}.$$

Is behalve het scheeve eindvlak nog een vlakkenpaar b. v. $- P \infty$ een ortho-diagonaal horizontaal hemiprisma voorhanden, (fig. 44, kristal van oxalzuur ureum), welks helling op den kant van het vertikaalprisma $\infty P = \alpha'$ zij (dat is de hoek $\sphericalangle 90^\circ$), dan wordt de as a bepaald door

$$a = \frac{\sin (\alpha + \alpha')}{\sin \alpha'}.$$

terwijl de volledige verhouding der assen is:

$$a : b : c = \frac{\sin (\alpha + \alpha')}{\sin \alpha'} : 1 : \tan \frac{1}{2} \gamma'.$$

Is het gegeven vlakkenpaar het aan het eerste beantwoordende positieve hemiprisma $+ P \infty$, waarvan de hellingshoek $\sphericalangle 90^\circ$ op den kant van het vertikaalprisma $\infty P = \alpha''$ zij, dan wordt de verhouding der assen, daar

$$a = \frac{\sin (\alpha - \alpha'')}{\sin \alpha''} \text{ is:}$$

$$a : b : c = \frac{\sin (\alpha - \alpha'')}{\sin \alpha''} : 1 : \tan \frac{1}{2} \gamma'.$$

Tusschen de hellingshoeken α'' en α' der positieve en negatieve ortho-diagonale horizontale hemipyramide $\pm P \infty$, en den kant van het vertikaalprisma ∞P , bestaat derhalve de verhouding:

sommige gevallen er ook de afbeelding bijgevoegd van dezelfde stoffen in den amorphen toestand. Echter moet ik het een ieder, die zich op zulke onderzoekingen wil toeleggen, aanraden zich eerst eenigzins vertrouwd te maken met de verschijnselen, welke bij den overgang der lichamen van den vloeibaren in den vasten toestand plaats grijpen, inzonderheid die, welke worden waargenomen bij de vorming van praecipitaten, daar deze, van het oogenblik van hun ontstaan af, eene reeks van veranderingen of gedaanteverwisselingen ondergaan, welke men moet kennen, om daardoor niet misleid te worden.

In het algemeen kan men de gepraecipiteerde stoffen verdeelen in *amorphe* en *kristallinische*. De eerste kunnen weder verdeeld worden in:

a. *moleculaire*, dat is de zoodanige, welke enkel uit

$$\frac{\sin (\alpha-\alpha'')}{\sin \alpha''} = \frac{\sin (\alpha+\alpha')}{\sin \alpha'}$$

of $\cotg \alpha'' = \cotg \alpha' + 2 \cotg \alpha$.

In het hexagonale stelsel hebben wij slechts met deszelfs hemiëdrischen vorm, den rhomboëder, te doen. De rhomboëder, fig. 36, is een bijzondere vorm van den hendyoëder (een rhombisch prisma met scheeve loodregt op de kanten geplaatste eindvlakken fig. 37), namelijk een zoodanig, waarin de helling van het eindvlak $o P$ op de vlakken van het vertikaalprisma fig. 37 $o P : u'$ en $o P : u$ gelijk zijn aan de helling der vlakken van het laatste zelve $u : u'$, waar dus $o P : u' = o P : u = u : u'$ is. Noemen wij dezen hellingshoek ρ , de drie gelijke vlakke hoeken, door $o P$, u' en u gevormd, φ , dan hebben tusschen beiden de volgende verhoudingen plaats:

$$\text{Cos } \frac{1}{2} \varphi = \frac{\text{cos } \frac{1}{2} \rho}{\sin \rho} \text{ en}$$

$$\text{Sin } \frac{1}{2} \rho = \frac{\text{sin } \frac{1}{2} \varphi}{\text{sin } \varphi},$$

door middel van welke men uit de eene gegevene de andere ligt berekenen kan.

Bij mikroskopische kristallen meten wij altijd het gemakkelijkst den bovensten hoek φ , en berekenen daaruit den hellingshoek ρ ."

zeer kleine niet zamenhangende moleculen bestaan, die de moleculairbeweging vertoonen;

b. vlokke praecipitaten, bestaande uit grootere en kleinere groepen van zamenhangende moleculen, zonder moleculair-beweging;

c. vliezige praecipitaten, gevormd door ware vliezen met plooijen, dikwerf geheel glasachtig doorschijnend, soms eene moleculaire zamenstelling bezittende.

Deze oorspronkelijke vormen ondergaan in vele gevallen veranderingen, daarin bestaande, dat de reeds aanwezige moleculen zich tot grootere korrels van eene rondachtige gedaante vereenigen, of wel, indien het praecipitaat doorschijnend vliezig is, ontstaan daarin eerst kleine moleculen, terwijl dan de vroegere vliesvorm allengs geheel verdwijnt.

Wat de kristallinische praecipitaten betreft, zoo hebben, alhoewel de kristallen zelve eene primaire vorming zijn, ook hier somtijds overgangen plaats, die ligtelijk het tegendeel zouden doen vermoeden, en ook werkelijk door sommigen als bewijzen zijn bijgebracht voor de stelling, dat kristallen zich uit of door aaneenvoeging van amorphe ligchaampjes ontwikkelen.

Men ziet namelijk zeer dikwerf een amorph praecipitaat aan een kristallinisch voorafgaan. Een nauwkeurig onderzoek leert echter, dat in alle zulke gevallen het amorphe praecipitaat eerst weder hier en daar in het vocht wordt opgelost, en dat nu elders, op heldere punten van dit laatste, de kristalkernen te voorschijn komen, die dan allengs aangroeijen door onmiddelijke aanzetting van kristalliseerbare stof uit het vocht. Het vroegere amorphe praecipitaat heeft dus eene verandering ondergaan, waarschijnlijk meestal bestaande in eene binding van kristalwater, alvorens het weder als een kristallinisch praecipitaat te voorschijn treedt.

Doch bovendien is het eene eigendomlijkheid van mikroskopische kristallen, dat hunne vlakken en zijden zich zeer dikwerf gebogen vertoonen, zoodat zij dan, bij eenigzins onregelmatigen vorm, werkelijk naar amorphe korrels kunnen gelijken; een nader onderzoek leert echter weldra, dat deze overeenkomst slechts schijnbaar, en alleen aan het gebrekkige van onze waarnemingsmiddelen te wijten is.

Nog moet ik hier doen opmerken, dat dezelfde stof zich onder zeer verschillende vormen kan praecipiteren, al naar gelang der omstandigheden, waaronder de praecipitatie geschiedt. De koolstofzure kalk b. v. scheidt zich vliezig af, indien, bij gewone temperatuur, eene geconcentreerde oplossing van eenig kalkzout met eene desgelijks geconcentreerde oplossing van koolstofzure potasch of soda vermengd wordt. Het praecipitaat bestaat daarentegen uit vlokkig zamenhangende moleculen, zoodra de oplossingen verdund zijn. Geschiedt de menging bij eene temperatuur, die 54° C te boven gaat, dan is het praecipitaat kristallinisch, en wel grotendeels door kalkspaatrhomboëders zamengesteld. Eindelijk indien het koolstofzuur in overmaat voorhanden is, zoo als b. v. bij de praecipitatie van kalkzoutoplossingen met dubbel-koolstofzure potasch of soda, dan bestaat het praecipitaat voor een gedeelte uit arragonietkristallen.

Uit het gezegde blijkt dus, dat, indien men bij mikrochemische onderzoekingen, uit den vorm van het praecipitaat, over deszelfs scheikundige geaardheid wil oordeelen, men wel de omstandigheden moet in het oog houden, waaronder de vorming heeft plaats gegrepen. Dit is bij organisch-chemische onderzoekingen inzonderheid van belang, omdat men hier zelden met zuivere oplossingen te doen heeft, maar schier altijd met mengsels van verschillende stoffen, waaron-

der er ligtelijk zijn, die, ofschoon in volstrekt geene scheikundige verhouding staande tot de zich praecipiterende stof, toch dikwerf invloed uitoefenen op deszelfs vorm. Eenige praecipitaten, welke, onder gewone omstandigheden gevormd, amorph zijn, worden kristallinisch onder de tegenwoordigheid van gom, suiker of dierlijke lijm in de oplossingen der zelfstandigheden, door wier vermenging zij gevormd worden; en dit verklaart tevens het veelvuldig voorkomen van kristallen, in dierlijke en plantaardige vochten, van zulke stoffen, welke door scheikundige bewerkingen óf niet óf onder eene andere wijziging van den grondvorm verkregen worden. Wij zullen er in het volgende verscheidene bewijzen van aantreffen (1).

552. Wij willen thans een overzicht geven van die kristalvormen, welke bij organisch-chemische onderzoekingen het meest voorkomen. De afbeeldingen op Pl. II en III zullen hierbij van eenige hulp zijn. Intusschen bevatten deze slechts de voornaamste vormen, daar de tallooze wijzigingen, die een en dezelfde grondvorm, door onthoeking, ontkanting enzv., ondergaan kan, onmogelijk alle hebben kunnen worden afgebeeld, zoodat ik het den lezer, die zich eenige vaardigheid in mikrochemische onderzoekingen wil trachten eigen te maken, niet genoeg kan aanbevelen vooraf een groot aantal kristallen van hem reeds bekende stoffen door het mikroskoop te beschouwen, ten einde zich de velerlei gedaanten, waaronder zij voorkomen kunnen, wel in het geheugen te prenten.

1. *Iodium* (fig. 43). Hoewel nimmer als zoodanig, dat is

(1) Het in deze § gezegde is uitvoeriger behandeld in de beide reeds vroeger aangehaalde verhandelingen in het *Bulletin des sc. nat. et phys.* 1840 en het *Tijdschr. v. Nat. Gesch. en Phys.* 1843, waarnaar ik den lezer voor meerdere bijzonderheden moet verwijzen.

in den vrijen toestand, in dierlijke of plantaardige weefsels of vochten voorkomende. verdienen de kristallen dezer stof echter hier vermelding, omdat zij zich vormen bij de vermenging van de veelvuldig als reagens gebruikte jodiumtinctuur met water. Het zijn kleine bijna ondoorschijnende rhombische tafelen (z. *A.*, uit eene slappe jodiumtinctuur geprecipiteerd), welke soms eenen elliptischen vorm bezitten (z. *B.*, door praecipitatie eener geconcentreerde jodiumtinctuur verkregen), en als dan veel gelijken op de sporidien van verschillende schimmelsoorten, doch hiervan in voorkomende gevallen gemakkelijk onderkend worden, daar de jodiumkristallen, eenigen tijd na de praecipitatie, door hunne verflugting van zelf verdwijnen.

2. *Salpeterzure soda* (fig. 47) kristalliseert uit eene verdampende waterige oplossing in rhomboëdrische tafelen, die echter doorgaans onderling vergroeid zijn, en dan dendritische figuren daarstellen, welke eenigzins naar die van chlorammonium gelijken, maar nog meer naar die van zwavelzure ammoniak, waarvan zij echter onderscheiden worden, door dat de hoeken bij de kristalplaatjes van dit zout geheel regt zijn, terwijl zij bij die van salpeterzure soda 77° en 105° bedragen. Eene andere gevaarlijker verwisseling is die met salpeterzuur ureum, welke kan plaats hebben, wanneer het ureum in dierlijke vochten wordt opgespoord, waarin deze stof, zoo als b. v. somwijlen in het bloed, slechts in zeer geringe hoeveelheid bevat is, en waarbij zich, door de behandeling met salpeterzuur, salpeterzure soda kan gevormd hebben uit de onderscheidene soda-zouten, die in het bloed aanwezig zijn. Het verschil in de grootte der scherpe hoeken in het eene en in het andere geval (77° en 52°), maar vooral de veel grootere oplosbaarheid van salpeterzure soda in wa-

ter, doet deze beide verbindingen van elkander onderscheiden. Bovendien kristalliseert de salpeterzure soda niet in zulke dunbladerige laagsgewijs op elkander liggende zeshoekige tafelen, waaronder het salpeterzuur ureum meestal voorkomt, terwijl aan den anderen kant dit laatste eene geringere neiging heeft tot het aannemen van dendritische vormen.

3. *Chlorsodium* (fig 46). De meest gewone vorm, waaronder het keukenzout uit verdunde oplossingen kristalliseert, is die van regelmatige octaëders (*A*), welke vlakken altijd gestreept zijn; velen zijn op verschillende wijzen onthoekt (*b*), en somwijlen neemt men tweelingkristallen waar (*a*).

Geschiedt de verdamping der chlorsodium-oplossing op een voorwerpplaatje zeer snel, dan ziet men slechts zeer weinige soms geene octaëders ontstaan, maar dendritische figuren, en daaronder ook tetraëders en kristallen, die de gedaante van een kruis hebben. Opmerking verdient het, dat, indien ureum in de oplossing tegenwoordig is, deze tetraëder- en kruis-vormen (z. *B* en *C*) ook bij langzame verdamping gevormd worden, zoodat alsdan dikwerf geen enkele octaëder gezien wordt (1).

4. *Chlorpotassium* (Pl. III fig. 85) laat zich aan den kristalvorm bezwaarlijk van chlorsodium onderscheiden; indien echter

(1) Het vermoeden ligt hier nabij, dat zich in dit geval ureum en chlorsodium tot een dubbelzout verbinden, te meer dewijl Werther (*Journ. f. prakt. Chemie* XXXV. s. 54) werkelijk zulk een dubbelzout beschreven heeft. Intusschen meen ik het nog te moeten betwijfelen, of de eigendommeljk gevormde kristallen, die door verdamping eener oplossing van ureum en chlorsodium ontstaan, aan zulk eene verbinding moeten worden toegeschreven, eensdeels dewijl, gelijk boven gezegd is, dergelijke kristallen, hoewel kleiner en minder goed gevormd, zich uit eene enkele chlorsodium-oplossing door snelle verdamping afscheiden, anderendeels omdat de kristallen van het door Werther beschreven dubbelzout volgens hem de gedaante van rhombische prismata bezitten.

bij de niet al te verdunde oplossing chlorplatinum gevoegd wordt, dan ontstaat hiermede, zooals met alle potaschzouten, een amorph praecipitaat, hetgeen bij sodazouten geen plaats grijpt.

Nog zekerder geschiedt de mikrochemische herkenning der beide klassen van zouten, door bijvoeging van kieselfluorwaterstofzuur, waardoor de eigendomlijk gevormde tot het hexagonale stelsel behoorende kristallen ontstaan van

5. *Fluorkieselsodium* (fig. 48). Bij snelle vermenging vertoonen deze zich als zeshoekige dunne plaatjes (*B*), dikwerf als sterren met varenbladvormige stralen (*A*); bij zeer langzame vermenging, op de bl. 212 beschreven wijze, bestaat het praecipitaat uit zeshoekige prismata van tamelijke lengte (*C*). Daar dit zout niet geheel onoplosbaar is in water, zoo ontstaat geen praecipitaat met kieselfluorwaterstofzuur in zeer verdunde oplossingen van sodazouten, zoo als de meeste organische vochten. Laat men echter het mengsel op een voorwerpplaatje aan de lucht langzaam verdampen, dan komen de zeer regelmatig gevormde kristallen te voorschijn (z. fig. 48 *D*, uit chlorsodium bevattende urine, waarbij kieselfluorwaterstofzuur gevoegd is).

6. *Chlorammonium* (fig. 50). Dit zeer veelvuldig in dierlijke vochten voorkomende zout is gemakkelijk herkenbaar aan de eigendommelijke vedervormige dikwerf kruisvormige kristalvertakking, waarmede het uit eene op het voorwerpplaatje verdampende slappe oplossing aanschiet; z. fig. 50 *A*, uit eene oplossing in enkel water; *B*, uit speeksel; *C*, uit urine.

Daar dit zout eenigzins hygroscopisch is, zoo verdampt eene hetzelfde bevattende oplossing dikwerf niet geheel, voor dat eene ligte verwarming wordt aangewend, welke echter eenen zekeren graad niet mag te boven gaan, dewijl anders het zout vervluchtigd zoude worden.

7. *Zwavelzure ammoniak* (fig. 51) vormt, bij de uitdamping op een voorwerpplaatje, ook dendritische figuren, welke echter gemakkelijk van die van chlorammonium kunnen herkend worden aan de zamengevloeiende regthoekig vierkante plaatjes, waaruit de vertakkingen bestaan. Van die van salpeterzure soda worden zij onderscheiden door de verschillende hoeken (z. bl. 227), en bovendien door de vlugtigheid bij eene hooge temperatuur.

8. *Phosphorzure ammoniak* (fig. 52) geeft door de verdamping al mede eene dendritische kristallisatie, doch die zeer onregelmatig is, en nimmer den kruisvorm vertoont, welke aan die van chlorammonium dikwerf eigen is.

9. *Phosphorzure soda-ammoniak* (fig. 53). De kristallen van dit dubbelzout, hetwelk ook in de urine voorkomt, behooren tot het monoklinische stelsel. In *A* zijn zij afgebeeld, zoo als zij door langzame verdamping zich uit eene waterige oplossing afzetten; in *B* is de dendritische vorm voorgesteld, die zij door snelle verdamping op een voorwerpplaatje aannemen.

10. *Oxalzure ammoniak* (Pl. III fig. 55). De grondvorm der kristallen van dit zout is een *quadraat-octaëder* (*aa*); meerendeels vormt het echter tamelijk lange prismatische naalden, welker oppervlakte zich als het ware aangevreten vertoont, en die slechts op enkele punten vertakt zijn. Door de oplosbaarheid in water zijn de kristallen van dit zout gemakkelijk onderscheidbaar van die van oxalzuren kalk, waarmede zij den grondvorm gemeen hebben.

11. *Zure wijnsteenzure potasch* (Pl. II fig. 54). Zeshoekige prismata, welke echter, door ontkantingen en onthoekingen, in talrijke gewijzigde vormen voorkomen, waarvan het meerendeel in de figuren is afgebeeld.

A, kristallen gevormd bij de vermenging eener oplossing

van salpeterzure potasch met die van wijnsteen zuur op een voorwerpplaatje;

B, door langzame incenvloeiing dier beide oplossingen;

C, door langzame praecipitatie, op de vroeger vermelde wijze;

D, door vermenging der oplossingen van koolstofzure potasch en van wijnsteen zuur. Hierdoor ontstaan eenige tweelingen (*a*), welke naar die van zwavelzuren kalk gelijken.

12. *Zure oxalzure potasch* (fig. 55) kristalliseert uit eene verdampende oplossing onder den vorm van rhomboëdrische of korte zeszijdige prismata.

13. *Koolstofzure kalk* (fig. 56), een der algemeenst verbreide stoffen in dierlijke en plantaardige weefsels, welke echter meestal amorph voorkomt, hetzij als bestanddeel der celvliezen enzv., of als onregelmatige rondachtige korrels. Geheel dergelijke korrels (*D*) ontstaan na eenigen tijd in het praecipitaat gevormd door opgeloste kalkzouten met koolstofzure alkaliën te praecipiteren.

In het organische rijk komt de gekristalliseerde koolstofzure kalk altijd onder den kalkspaaht-, nimmer onder den arragonietvorm voor. De meest gewone vorm is die van rhomboëders (z. *A*, uit de parenchymcellen van het hout van *Cycas circinalis*. De vlakkenhelling aan de poolkanten bedraagt $105^{\circ}5'$, dat is de met den mikro-goniometer gemeten hoek van het vlak, waaruit de hellingshoek berekend wordt (z. bl. 225 noot), bedraagt $101^{\circ}54'$.

Niet zelden echter komt de koolstofzure kalk ook voor als vereeniging van den rhomboëder des grondvorms met het zeshoekige prisma, korte dikke zuiltjes vormende, of als skalenoëders, hetzij op zich zelve, of met prismata vereenigd, (z. *B*, kristallen uit het ruggemergskanaal van eenen kik-

vorsch; *C*, kristallen van koolstofzuren kalk verschillende zoetwater-algen incrusterende).

Inderdaad zijn de gestalten, waaronder deze zelfstandigheid kan voorkomen, zoo velerlei (1), dat men haar niet altijd gemakkelijk aan den kristalvorm kan herkennen, doch, waar twijfel bestaat, wordt deze spoedig weggenomen, door eene bijvoeging van verdund salpeterzuur of zoutzuur; de kristallen worden daardoor opgelost, onder ontwikkeling van luchtbelllen van koolstofzuur gas.

14. *Zwavelzure kalk* (z. fig. 57). De kristallen van dit zout behooren tot het monoklinische stelsel. Bij de vermenging eener kalkzout-oplossing met die van een sulphaat op een glasplaatje, ontstaan talrijke stervormige kristalklieren (*A*), uit zeer kleine naaldjes zamengesteld, welke, indien de vermenging spoedig geschiedt, te klein zijn, dan dat hunne gedaante nader kan bepaald worden. Bij langzame ineenvloeiing ontstaan grootere kristallen (*B*), welke zich als lange plaatvormige zeshoekige prismata vertoonen, die aan weerszijden door een scheef eindvlak begrensd zijn. De scherpe hoek daar ter plaatse bedraagt $52^{\circ}26'$ (Schmidt).

Behalve deze afzonderlijke of groepsgewijs vereenigde kristallen ontstaan ook dikwerf tweelingen, die voor de herkenning van den zwavelzuren kalk zeer karakteristiek zijn, en ook in plantenweefsels (*Musaceën*, *Zingiberaceën*, *Scitamineën*) niet zelden voorkomen. Van deze tweelingkristallen neemt men nog twee hoofdvormen waar, namelijk vooreerst (*D*) de zoodanige, waar, door eenvoudige zamengroeiing van twee individus, een tweeling ontstaan is, geheel beant-

(1) Dit is bij de mineralogen wel bekend. Haüy telde 154, Bournon ruim 700 variëteiten van kalkspuath op.

woordende aan de bekende gypskristallen van Montmartre, en welke derhalve eenen inspringenden en eenen uitspringenden hoek bezitten; ten tweede treft men andere tweelingen aan (C), die alleen inspringende hoeken vertoonen.

Zwavelzure kalk is slechts oplosbaar in eene groote hoeveelheid water, ongeveer 460 deelen; even moeilijk oplosbaar is hij in azijnzuur, zoutzuur, salpeterzuur en ammoniak; in alcohol en ether is hij geheel onoplosbaar.

15. *Phosphorzure kalk* (Pl. III. fig. 60). Ofschoon een der algemeenste bestanddeelen der plantaardige en dierlijke weefsels, vooral der laatste, en ook dikwerf in de dierlijke vochten voorkomende, wordt de phosphorzure kalk echter hoogst zelden in kristalvorm aangetroffen.

Wanneer men bij eene oplossing van chlorcalcium eene oplossing van phosphorzure soda of van phosphorzure ammoniak voegt, ontstaat een praecipitaat van *onzijdigen phosphorzuren kalk*, hetwelk geheel amorph en moleculair-vliezig is. Na eenige uren verdwijnen deze vliezen allengs weder, en maken plaats voor kristallen (A), die uit het plaatselijk helder geworden vocht ontstaan. Deze kristallen, tot het monoklinische stelsel behoorende, zijn tafelvormig en vierhoekig, soms, door ontkanting, zeshoekig; dikwerf hangen zij met de scherpe hoeken groepsgewijs zamen. De hoeken bedragen $56^{\circ},40'$ en $125^{\circ}20'$ (1).

Van de kristallen van zwavelzuren kalk, waarmede zij, uithoofde van het gering verschil der hoeken, ligtelijk zouden kunnen verwisseld worden, onderscheiden zich de kristallen van onzijdigen phosphorzuren kalk door hunne geheele onop-

(1) Volgens Schmidt (l. c. p. 58) bedragen zij $33^{\circ},25'$ en $146^{\circ}35'$. De bovenstaande waarden zijn de gemiddelde uitkomsten van vijf metingen.

losbaarheid in water, terwijl zij daarentegen door azijnzuur, zoutzuur en salpeterzuur gemakkelijk worden opgelost. Door dezelfde middelen kunnen zij van de kristallen van urinezuur worden herkend.

Simon (1) beeldt kristallen van phosphorzuren kalk in een urinbezinksel af, welke, hoewel zeer klein en onregelmatig, toch tot denzelfden grondvorm als de bovengenoemde schijnen te behooren (z. fig. 60 B).

Eenmaal vond ik in sputa bij eene chronische bronchitis, kristallen (z. C), welke onoplosbaar waren in water, alcohol en ether, daarentegen oplosbaar in azijnzuur, zoutzuur en salpeterzuur, en dus zeer waarschijnlijk uit phosphorzuren kalk bestonden, ofschoon de vorm verschilt van die van het door praecipitatie verkregen onzijdige zout. Het waren namelijk rhomben-octaëders met eenen poolvlakken-hoek van 16° , waarvan sommigen tot tweelingen zamengegroeid waren.

Wanneer been door salpeterzuur wordt uitgetrokken, en de opgeloste *basische phosphorzure kalk* daaruit door ammoniak gepraecipiteerd wordt, dan is het praecipitaat amorph, en bestaat uit doorschijnende vliezige lappen, die zelfs na verloop van verscheidene dagen geene verandering ondergaan.

16. *Oxalzure kalk* (fig. 61). Eene stof, welker kristallen somwijlen in urinbezinksel worden aangetroffen, doch zeer algemeen tot den inhoud der plantencellen behooren. De grondvorm is een quadraatoctaëder, waarvan drieërlei wijzigingen voorkomen, onderling verschillend door den hellingshoek der vlakken aan de pool. Deze hoek kan namelijk zeer stomp, van $119^\circ,54'$, of zeer spits, van $12^\circ,14'$, zijn, terwijl er bovendien nog, hoewel zeldzamer, octaëders van dit

(1) *Handbuch der angewandten medizinischen Chemie* II. fig. 26.

zout voorkomen, waar de hellingshoek tusschen deze beide uitersten inligt, en $46^{\circ}28'$ bedraagt. De verhouding der assen is, volgens Schmidt, bij deze drie vormen als 1:4:16. De beide stompere octaëders komen zoowel afzonderlijk voor (*C*, uit een urinbezinksel, *H*, uit de parenchymcellen van *Tradescantia ciliata*, *K*, uit Guano), als in verband met een vierhoekig prisma, dat gewoonlijk kort en dik is; doch die van den spitsten vorm zijn altijd verbonden met zulk een prisma tot lange naalden (*D*, zoogenaamde raphiden uit de parenchymcellen van *Agave americana*; *E*, uit dat van den stengel van *Phytolacca decandra*), die in de ongekwetste plantencel (*D* a cel op een luchtschot van den bladsteel van *Musa paradisiaca*) bundelsgewijs vereenigd liggen. De octaëders van middelbare stomphoek ($46^{\circ}28'$) komen zelden op zich zelve voor, maar meestal tot kristalklieren vereenigd, die doorgaans uit een groot aantal individus bestaan (*F*, uit het parenchym van *Opuntia microdasys*; *G*, uit dat van *Yuca aloëifolia*).

Indien de oplossing van eenig kalkzout met die van *oxalzure ammoniak* vermengd wordt, dan is het praecipitaat altijd amorph. Het bestaat uit zeer kleine, weinig zamenhangende moleculen (fig. 61 *A*), die zich na eenigen tijd tot grootere groepsgewijs verbonden bolletjes (*B*) vereenigen, welke nu geene verdere verandering ondergaan. Geschiedt de praecipitatie echter door middel van *zure oxalzure potasch*, dan is de gevormde oxalzure kalk kristallinisch, en bestaat (z. *I*) meerendeels uit kleine octaëders van de stompste soort. Bij sommigen heeft de vereeniging met het prisma plaats, terwijl zich bovendien kleine kristalkliertjes vormen, die uit zeer kleine zamengegroeide naaldjes schijnen te bestaan. Eenige octaëders vertoonen zich, door onthoeking,

als kleine achthoekige sterretjes; anderen zijn nog onregelmatiger van vorm. Welligt behoort hiertoe de door Golding Bird (1) beschreven, en naar hem in *L* afgebeelde zandloopervorm, die de kristallen van oxalzuren kalk in urinsedimenten somtijds zouden bezitten, terwijl ook de in *M* afgebeelde kristallen, die, te gelijk met urinzure ammoniak en vrij urinzuur, door mij in een sediment werden aange troffen, waarschijnlijk hiertoe moeten gebracht worden.

De oxalzure kalk is geheel onoplosbaar in alkohol, ether, ammoniak, bijtende potasch en azijnzuur, zelfs wanneer dit geconcentreerd is, daarentegen wel oplosbaar in salpeterzuur en zoutzuur. Dit laatste kenmerk dient tot deszelfs onderscheiding van den zwavelzuren kalk, welks kristallen, wanneer zij zeer dun en naaldvormig zijn met den raphidenvorm des oxalzuren kalks zouden kunnen verwisseld worden. Daar de zwavelzure kalk in deze zuren echter niet volkomen onoplosbaar is, zoo moet altijd slechts eene zeer geringe hoeveelheid van een der beide genoemde zuren bij de te onderzoeken kristallen worden gevoegd. Evenzoo herkent men, aan deze oplosbaarheid in zout- en salpeterzuur, zulke oxalzure-kalkkristallen, welke (gelijk de in *M* afgebeelde) eenige overeenkomst hebben met sommige vormen van het urinzuur, terwijl daarentegen de onoplosbaarheid in azijnzuur hen van de kristallen van phosphorzure ammoniakmagnesia doet onderscheiden.

Eindelijk herkent men den aard der kristallen nog door hen te verbranden, hetzij op een voorwerpplaatje, of, indien men eene tamelijke hoeveelheid er van kan verzamelen, op een platinablikje. Oxalzure kalk verandert hierbij (even als andere kalkzouten, waarin een organisch zuur voor-

(1) *On Urinary Deposits* 1844. p. 123.

komt) in koolstozuren kalk, welke met zuren opbruist.

Na de uitdamping van een vocht zouden de octaëders van dit zout kunnen worden verward met die van chlorodium. Deze zijn echter regelmatige octaëders, terwijl die van oxalzuren kalk quadraatoctaëders zijn, hetgeen bij het rollen van een kristal herkend wordt; overigens lost de bijvoeging van de geringste hoeveelheid water dadelijk allen twijfel op.

17. *Phosphorzure magnesia* (fig. 62). Daar dit zout in water tamelijk oplosbaar is, zoo komt het in den gekristalliseerden toestand zelden, zoo immer, in organische vochten voor, ofschoon het in den amorphen toestand tot de bestanddeelen der beenderen, van sommige ziekelijke steenachtige concrementen, alsmede van de zaden der gramineën behoort, doch aldaar in verbinding is met andere zelfstandigheden, die deszelfs oplosbaarheid belemmeren.

Door eene geconcentreerde oplossing van zwavelzure magnesia met die van phosphorzure soda te vermengen, ontstaat een amorph vliezig praecipitaat, hetwelk, na eenigen tijd verdwijnend, plaats maakt voor tafelvormige kristallen, die grootendeels stervormige groepen daarstellen. Vele dezer kristaltafelen zijn rechthoeken, andere hebben den vorm van onregelmatige zeshoeken. Waarschijnlijk behooren zij tot het rhombische stelsel.

Van de kristallen van phosphorzuren kalk en van die van urinzuur, waarmede zij eenige overeenkomst hebben, is de onderscheiding gemakkelijk door de oplosbaarheid in water.

18. *Phosphorzure ammoniak-magnesia* (fig. 63), een der zeer dikwerf in dierlijke stoffen, bepaaldelijk bij overmatige ammoniakvorming, voorkomende zouten, waarvan de kristallen (A, uit een urinbezinksel) gemakkelijk aan hunnen zeer kenelijken vorm kunnen onderscheiden worden. Deze vorm is

intusschen bij de verschillende kristallen nog tamelijk uiteenloopend, doch allen kunnen teruggebracht worden tot den grondvorm van een rhombisch vertikaal-prisma, of tot den hemiëdrischen vorm van een driehoekig prisma met regte of hellende eindvlakken. Het meerendeel der voorkomende kristallen behoort tot den laatsten vorm.

Kristallen van gelijke gedaante (*B*) als die welke in de urine, in de faeces enzv., worden aangetroffen, kunnen verkregen worden, door bij phosphorzure magnesia chlorammonium te voegen.

Eenigzins anders vertoonen zich de kristallen van dit zout, verkregen door bij eene oplossing van een magnesiazout eerst onzijdige tribasische phosphorzure ammoniak te voegen, waardoor een amorph praecipitaat ontstaat, en hierbij vervolgens zooveel ammoniak te mengen, als noodig is om het vocht weder helder te doen worden. Na eenigen tijd (in eenen druppel op een voorwerpplaatje na weinige minuten, in grootere hoeveelheden eerst na eenige uren, of door verwarming spoediger) scheidt zich uit het helder geworden vocht eerst een amorph praecipitaat af, dat later voor kristallen (fig. 64 *B*) plaats maakt, die bij hun eerste verschijnen (*Ba*) zich als kleine bolletjes vertoonen, maar zich allengs tot kristalkieren (*b*) ontwikkelen, waaraan de gedaante der zamenstellende kristalletjes moeilijk te herkennen is. Behalve deze vertoonen zich ook eenige groepen uit regthoekige plaatjes bestaande, welke echter, indien de magnesiazoutoplossing zeer verdund is, ontbreken, en blijkbaar uit niet anders dan phosphorzure magnesia bestaan, welke zich niet met de ammoniak tot een dubbelzout heeft verbonden.

Eenen zeer eigendommen vorm bezitten de kristallen van *bibasische phosphorzure ammoniak-magnesia*, welke in rot-

tende urine gemeenlijk van zelf ontstaan, doch, door bij gezonde urine ammoniak in overmaat te voegen, dadelijk gevormd worden. Het zijn sterachtige figuren (fig. 64 A) uit vier of zes stralen bestaande, die de gedaante van een varenblad bezitten.

19. *Ureum* (z. fig. 65). Uit eene waterige oplossing kristalliserende, schiet deze stof, onder den vorm van tamelijk lange, zelden regelmatig begrensde prismata, aan, welke tot het rhombische stelsel behooren (Schmidt), doch waarvan de gedaante aan het op een voorwerpplaatje gekristalliseerd ureum bezwaarlijk met zekerheid kan herkend worden.

20. *Salpeterzuur ureum* (z. fig. 66). Door de vermenigving eener tamelijk geconcentreerde oplossing van ureum in water met salpeterzuur, ontstaan kristallen (*B*), die oorspronkelijk rhomben-octaëders zijn (*b*), doch welke zich meerendeels in rhombische en zeshoekige tafelen veranderen, waarvan de scherpe hoek 82° bedraagt. Eenige kristallen liggen afzonderlijk, andere zijn onderling zamenhangend (*a*), en stellen somwijlen dendritische figuren daar, waaraan echter nog steeds de hoeken der rhombische tafelen zichtbaar zijn, aan welk kenmerk men dezelve van de dendritische kristalschietingen der ammoniakzouten kan onderscheiden.

Wordt eene meer verdunde ureum-oplossing, b. v. urine, met salpeterzuur vermengd, zoodat het salpeterzure ureum opgelost blijft, en dit nu door uitdamping op een glasplaatje verkregen, dan hebben de kristallen (*A*) denzelfden vorm, maar de tafelen zijn veel dunner, en meestal onderling zamenhangend (*A a*).

Over de kenteekenen ter onderscheiding van salpeterzuur ureum van salpeterzure soda, zie men het bij dit zout gezegde, bl. 227.

21. *Ovalzuur ureum*. (z. fig. 67). De kristallen van dit zout verschillen weinig van die van het vorige. Alleenlijk is de hoek, die daar 82° bedraagt, hier 96° . Verders treft men, bij de vorming op een voorwerpplaatje, onder de grootere prismatische kristallen, er gewoonlijk eenige kleinere aan (*a*), welke tweelingen zijn, ontstaan door zamengroeiing van twee octaëders des grondvorms.

22. *Urinzuur* (z. fig. 68). De grondvorm der tot het rhombische stelsel behoorende kristallen van dit zuur is een rhombisch vertikaalprisma, dat intusschen in talrijke wijzigingen voorkomt, waarvan het meerendeel in de afbeeldingen is voorgesteld.

A. Kleine kristallen verkregen door ontleding op het voorwerpplaatje van een sediment van urinzure ammoniak door azijnzuur.

B. Kristallen van urinzuur, verkregen door ontleding van een uit urinzure ammoniak bestaand urinsediment met azijnzuur, onder aanwending van warmte.

C. Kristallen van dit zuur, zoo als zij in den natuurlijken toestand voorkomen in de excrementen van *Boa constrictor*.

D. Kristallen verkregen door zoutzuur te laten inwerken op eene witte tamelijk harde steenachtige massa, welke hier en daar onder den grond op de Moluksche eilanden wordt gevonden, en welke geheel uit urinzure ammoniak en eene geringe hoeveelheid urinzure soda bestaat.

De kristallen van urinzuur, in den zuiveren toestand, zijn geheel kleurloos, doch die, welke in het zogenaamde *sedimentum lateritium* voorkomen, zijn, door urinekleurstof (*uroerythrine*) rood, of, bij doervallend licht door het mikroskoop gezien, roodachtig geel gekleurd (1).

(1) Heller (*Archiv. für phys. und pathol. Chemie und Mikroskopie* 1844. p. 16) vermeldt een geval, waarin de door zoutzuur uit de urine

Bij den meest algemeen voorkomenden vorm, bestaande uit langwerpige zeshoekige tafelen, bedraagt de scherpe hoek $99^{\circ}, 20'$ (1).

Van de kristallen van andere stoffen, waarmede zij eenige overeenkomt hebben, worden zij gemakkelijk onderscheiden door de hoogst geringe oplosbaarheid in water, waarvan meer dan 1000 deelen gevorderd worden, desgelijks in azijnzuur, zoutzuur en koud salpeterzuur, terwijl zij in sterk zwavelzuur oplosbaar zijn, en mede in warm salpeterzuur, waardoor zij echter ontleed worden. Wordt de oplossing in het laatstgenoemde zuur op een glasplaatje uitgedampt, dan blijft eene roode vlek over; brengt men er vervolgens ammoniak op, dan ontstaat eene levendige purperkleuring, waarna zich de stof (*mureavid*) met dezelfde kleur gemakkelijk in water oplost.

De *urinzure zouten*, zoo als zij in de versch gevormde bezinksels voorkomen, zijn gewoonlijk amorph. Intusschen nemen zij na eenigen tijd een meer of minder duidelijk kristallinisch voorkomen aan.

23. *Urinzure ammoniak* (fig. 69), aanvankelijk amorph-moleculair (A), wordt in zure urine, volgens Rayer (2), allengs tot grootere bolletjes veranderd (B), die zich nog later met naaldjes bezet vertoonen (C). Ook beeldt hij en Simon (5) nog zeer eigendomlijk gevormde ligchaampjes af (D), die volgens hen mede uit urinzure ammoniak zouden bestaan, doch waarvan de aard nog twijfelachtig schijnt.

afgescheiden kristallen van urinzuur zich bij opvallend licht violetrood en bij doorvallend licht fraai blaauw vertoonden, en schrijft dit toe aan een bijmengsel van op eene eigendommijke wijze veranderde galkleurstof.

(1) Volgens Schmidt 91° .

(2) *Traité des maladies des reins*. Paris. 1839. Pl. 2.

(3) *Medic. Chemie* II. fig. 28.

24. *Urinzure soda* (fig. 70), ook aanvankelijk amorph, verandert zich later mede, door vereeniging der moleculen, tot bolletjes (*a*), die veel overeenkomst hebben met de zogenoemde ontstekingsbolletjes, en waarvan de oppervlakte vervolgens door kleine naaldvormige kristalletjes bezet wordt (*b*). Volgens Schmidt (1) verdwijnen deze bolletjes later weder, en maken plaats voor korte zeshoekige prismata (*c*).

25. *Hippuurzuur* (fig. 71). Uit eene waterige oplossing, door verdamping verkregen (*A*), vertoonen zich de kristallen van dit zuur als rhombische prismata, die gedeeltelijk onderling tot meer onregelmatige gedaanten zijn zamengegroeid. Denzelfden vorm hebben zij na de verdamping eener oplossing in ether (*B*), doch de meesten zijn dan lange dunne naalden, meer of min stergewijs met hunne uiteinden zamenhangende.

26. *Benzoëzuur* (fig. 72). Eene oplossing van dit zuur in water op een voorwerpplaatje langzaam verdampende geeft zeer lange tot bundels vereenigde naalden (*A*), die vierhoekige prismata schijnen te zijn. Door eenen droppel eener kokende verzadigde oplossing in water op een voorwerpplaatje te laten bekoelen, zellen er zich dendritisch zamenhangende kristalplaatjes uit af (*B*).

27. *Melkzuur zinkoxyd* (fig. 73). De kristallen van dit zout behooren tot het rhombische stelsel. Het zijn vertikaal-prismata met rechte eindvlakken of met regt aangevoegde horizontaal-prismata, die meerendeels tot stervormige groepen vereenigd zijn (2).

(1) L. c. p. 35.

(2) Volgens Engelhardt (*Ann. d. Chemie u. Pharm.* LXV s. 395) komt het melkzuur in twee isomere toestanden voor, waarvan het eene, a melkzuur, monobasisch, het andere, b melkzuur, bibasisch is; de zouten

28. *Taurine* (fig. 74). De mikroskopische kristallen gelijken geheel naar de grooteren, waarvan de kristalvorm reeds met groote juistheid door Gmelin (1) bepaald is. Het zijn regte rhombische prismata van $111^{\circ}44'$ en $68^{\circ}16'$ vlakkenhelling, gesloten door den rhomben-octaëder en het makro-diagonale horizontaal-prisma.

29. *Cystine* (fig. 75). Zoowel de kristallen, welke de uit deze zelfstandigheid bestaande blaassteen vormen, als die, welke uit hare oplossing in potasch door azijnzuur gepraecipiteerd worden, of wel na de verdamping harer oplossing in ammoniak achterblijven, vertoonen zich als dunne regelmatig zeshoekige plaatjes. Reeds door den vorm zijn zij dus vrij gemakkelijk van die van urinzuur en andere kristalachtige stoffen, welke in urinbezinksels kunnen voorkomen, te onderscheiden, maar, waar twijfel mogt bestaan, herkent men de cystine gemakkelijk aan hare oplosbaarheid in loozouten en in de minerale zuren.

30. *Stearine* (fig. 76). Gewoonlijk verkrijgt men de stearine, uit hare oplossing in kokenden alcohol of ether, in amorphe klompjes (a). Volgens Schmidt (2) kristalliseert volkomen zuivere stearine echter onder den vorm van rhombische bijna regthoekige tafelen met gebogen kanten. Onder dezen vorm komt, volgens Bergmann (5) en Vogt (4), de stearine ook in den dooijer der kikvorschachtige dieren voor (b).

van beiden onderscheiden zich ook door de gedaante hunner kristallen. Het boven bedoelde zout is het b melkzuur zinkoxyd; het a melkzuur zinkoxyd vertoont zich onder den vorm van lange dunne naalden.

(1) Tiedemann und Gmelin, *die Verdauung noch Versuchen*. Heidelberg, 1826.

(2) L. c. s. 84.

(3) Müller's *Archiv* 1841. s. 89.

(4) *Untersuchungen über die Entwicklung der Geburtshelferkröte* 1842, in de Inleiding.

31. *Stearinzuur* (fig. 77). De kristallen van dit zuur behooren tot het rhombische stelsel. Uit eene kokende alcoholische oplossing in een horologieglass afgezet, vertoonen zij zich meerenleels als uiterst doorschijnende langwerpige rhombische tafelen met gebogen kanten (*a*); de meeste zijn tot stervormige groepen vereenigd. Bij de snellere afzetting op een voorwerpplaatje is de kristallisatie meer verward, doch de kanten der tafelen zijn nog op vele punten herkenbaar (*b*).

32. *Margarine* (fig. 78). De bij de bereiding in het groot verkregen kristallen (*A*) van geheel zuivere margarine behooren tot het monoklinische stelsel, en hebben veel overeenkomst met die van zwavelzuren kalk, doch de scherpe hoek is hier grooter; zij bedraagt namelijk 75° . Verders zijn deze kristallen uiterst dun, doorgaans meer of min bundelsgewijs zamenhangend; tweelingen zijn niet waargenomen.

Wanneer margarine in kokende alcohol opgelost, of menschenvet hiermede behandeld wordt, dan scheiden zich uit de bekoelende oplossing stervormige groepen (*B*) van uiterst tedere naaldjes af; voegt men op dit tijdstip water bij den alkohol, dan verdwijnen de naaldjes, en men ziet slechts groepen (*C*) van rondachtige zamenhangende lichaampjes zonder eenige kristallinische structuur, welke plat zijn, en daardoor het licht weinig brekende, geen donkere omtrekken bezitten. Na verdamping van het vocht blijven dan onregelmatige veldroppels achter (*D*).

Uit de etherische oplossing kristalliserende (*E*) zijn de stervormige groepen der margarine-naaldjes duidelijker, en scherper begrensd, dan die, welke zich uit den alkohol afzetten.

De geheel hiermede overeenkomende kristalgroepen, welke somwijlen in de cellen van menschelijk vet worden waarge-

nomen, vooral wanneer dit eenigen tijd in spiritus bewaard is geweest, zijn afgebeeld in *F*.

33. *Margarinzuur* (fig. 79). De naaldvormige kristallen van dit zuur zijn te klein om den vorm met zekerheid te bepalen. Waarschijnlijk zijn het rhombische prismata. Altijd zijn zij tot bundels vereenigd, en wel zoo, dat meestal twee bundels elkander kruisen, of dat, door de vereeniging, de geheele groep eenen zandloopervorm bekomt. (*A* kristallen verkregen door eene langzame afscheiding bij de bereiding in het groot; *B* kristallen, die zich afgezet hebben uit eene kokende alkoholische oplossing op een voorwerpplaatje.)

34. *Cholestearine* (fig. 80). De kristallen dezer stof behooren tot de gemakkelijkst herkenbare. Het zijn dunne, dikwerf zeer groote rhombische tafelen, met hoeken van $79^{\circ}50'$ en $100^{\circ}50'$ (Schmidt). Mikrochemisch wordt de cholestearine herkend aan hare onoplosbaarheid in water, zuren en loogzouten, en aan hare oplosbaarheid in alcohol en ether, terwijl de kristalvorm haar van de overige vetten onderscheidt.

35. *Neurostearine* (fig. 84). Met dezen naam duid ik een der vetten aan, welke zich uit menschelijke hersenen en ruggemerg, die eenige dagen in slappen spiritus bewaard zijn, van zelf afzetten, onder den vorm van witte doorschijnende rhombische prismata (1). Van cholestearinekris-

(1) Ik heb gemeend deze kristallen, welke gedurende eenige onderzoekingen, met mijnen ambtgenoot Schroeder van der Kolk in het werk gesteld, dikwerf en in groote hoeveelheid gevonden zijn, zoodat zij zelfs het onderzoek der zamenstelling van de hersenen en van het ruggemerg zeer bemoeijelijken, door eenen afzonderlijken naam te moeten onderscheiden, te meer dewijl het uit de elkander wedersprekende onderzoekingen van Couërbe en van Fremy blijkt, dat de kennis der hersenvetten nog niet tot eene gewenschte klaarheid en zekerheid is gebracht. Lig mogelijk

tallen, die, gelijk bekend is, mede in de hersenen en het ruggemerg gevonden worden, onderscheiden zij zich door hoeken van 75° en 105° , als ook door de zeer dikwerf afgestompte kanten, zoodat velen daardoor zeshoekig zijn. Bovendien bezitten zij zelden den tafelvorm, die voor cholestearine kristallen zoo kenmerkend is. De hier bedoelde kristallen zijn onoplosbaar in water, salpeterzuur en zoutzuur. Door uittrekking van de hersenen of ruggemergmassa, die dezelve insluit, met ether, worden zij opgelost, desgelijks door kokenden alkohol, waaruit zich door bekoeling echter alleen vet in amorphen toestand afscheidt; evenzoo uit de verdampende etherische oplossing.

555. De volgende stoffen zijn de voornaamste, die bij mikrochemische onderzoekingen van organische zelfstandigheden, in aanmerking komen, en wier tegenwoordigheid door bijgevoegde reagentia kan ontdekt worden, zelfs dan wanneer de aanwezige hoeveelheid onweegbaar klein is.

1° *Proteïne-verbindingen*. De tegenwoordigheid van proteïne in hare verschillende combinatietoestanden kan altijd ontdekt worden door de inwerking van geconcentreerd *salpeterzuur*, waardoor xanthoproteïnezuur ontstaat, hetwelk zich door deszelfs gele kleur verraadt, die, door bijvoeging van bijtende potasch of van ammoniak, waardoor de xanthoproteaten dezer alkaliën ontstaan, nog merkelijk donkerder wordt. Intusschen vordert de aanwending van dit reagens,

is het echter, dat later onderzoek zal leeren, dat de door mij neurostearine genoemde zelfstandigheid met het *acide cérébrique* des laatsten overeenkomt. Behalve deze kristallen, en zelfs in nog grootere hoeveelheid dan deze, zetten zich in hersenen en ruggemerg, welke eenigen tijd in spiritus bewaard zijn, amorphe geelachtig gekleurde vetklompjes af, die wellicht uit het *acide oléophosphorique* van Fremy bestaan.

welks kennis wij aan mijnen ambtgenoot G. J. Mulder verschuldigd zijn, eenige voorzorgen, welke hier niet met stilzwijgen mogen worden voorbijgegaan.

Het is inzonderheid op zijne plaats voor de herkenning van die protéine-verbindingen, welke in vasten toestand zijn; zoo b. v. ter onderscheiding van organische spiervezelen van andere vezelen, welke, gelijk de vezelen van het bindweefsel, tot de lijmgevende weefsels behooren. Hierbij moet men echter wel in het oog houden, dat in het voedingsvocht altijd protéine-verbindingen aanwezig zijn, zoodat men zich dus niet moet laten misleiden door de gele kleuring, welke alle dierlijke weefsels daardoor aannemen, zelfs de zoodanige, waar de elementaire deelen geenszins protéine bevatten. Bovendien zijn het xanthoprotéinezuur en vooral de xanthoprotéaten in water oplosbaar, zoodat de kleuring van het eene gedeelte zich ligtelijk aan de naburige mededeelt. Ten einde zich voor deze misleidingen te behoeden is het dus noodig het te onderzoeken weefsel herhaaldelijk met water uit te trekken, en, waar dit geschieden kan, er mede te kneden, om al het voedingsvocht, dat de elementaire deelen omgeeft, vooraf te verwijderen. Voegt men er dan sterk salpeterzuur bij, en nemen de geïsoleerd liggende vezelen daardoor eene gele tint aan, die nog toeneemt door bijvoeging van alkaliën, dan kan men zeker zijn, dat de protéine tot de bestanddeelen dier vezelen zelve behoort.

Nog moeilijker is het met zekerheid te beslissen of de gele kleur, welke men daardoor bij organische cellen ziet ontstaan, aan het celvlies of wel aan den inhoud moet worden toegeschreven, vooral wanneer het eerste, gelijk in den regel bij dierlijke cellen plaats heeft, zeer dun is. In zulk een geval moeten nog andere reagentia worden aangewend, die

zoo dadelijk zullen genoemd worden. Bezitten echter de wanden der cellen eene belangrijke dikte, zoo als die der verhoude platencellen, dan is de aanwezige protéine in hunne doorsneden gemakkelijk herkenbaar.

Bij protéinestoffen, die in opgelosten toestand verkeeren, is het dikwerf niet mogelijk de gele kleuring van het gevormde xanthoprotéine-zuur, of zelfs van de xanthoprotéalen, waar te nemen, uithoofde hunner oplosbaarheid in water, waardoor, indien de oplossing zeer verdund is, de kleuring onmerkbaar wordt. In zulk een geval moet derhalve eerst het overtollige water verwijderd worden, hetzij door verdamping, of door coagulatie, indien de opgeloste stof eiwit is.

Ook herinner ik hier aan den reeds vroeger (bl. 65) gegeven regel, van namelijk bij zulke onderzoekingen geen te sterke vergrootingen aan te wenden, dewijl de vermeerdering der vergrooing hier denzelfden invloed heeft als eene verdunning door bijvoeging van water.

Een *tweede* reagens, hetwelk in vele gevallen met vrucht tot ontdekking van protéine-verbindingen kan worden aangewend, is geconcentreerd *zoutzuur*, waardoor deze eene zwartachtig violette kleur aannemen. Deze kleuring ontstaat echter niet dadelijk, zooals de gele door salpeterzuur, maar eerst na een korter of langer tijdsverloop, zoodat het noodig is de te onderzoeken zelfstandigheid gedurende eenige uren met het zoutzuur in aanraking te laten, hetgeen het best geschiedt in een met een glasplaatje bedekt glasbakje, of in een horologieglas. Door warmte wordt de verkleuring bespoedigd. Deze langzame inwerking is, wel is waar, een nadeel, waardoor dit reagens voor het vorige onderdoet, doch aan den anderen kant heeft het zoutzuur boven het

salpeterzuur het voordeel, van eene veel donkerder en daardoor gemakkelijker zichtbare kleuring te voorschijn te roepen, zoodat men daarmede nog de tegenwoordigheid van protéine kan ontdekken, wanneer het salpeterzuur hiertoe ongenoegzaam is. De bloedschijfjes b. v., welke door het laatste ter naauwernood een spoor van veranderde kleuring vertoonen, worden in zoutzuur groenachtig zwart, hetgeen het gevolg is der vermenging van de geelachtig roode oorspronkelijke kleur met de zwartachtig violette, welke het reagens doet ontstaan.

Ik moet hier echter bijvoegen, dat er ook gevallen zijn, waar de kleuring van ware protéine-stoffen door zoutzuur zeer gering is, zoodat men alsdan ten onregte zoude besluiten tot een klein gehalte aan protéine, terwijl daarentegen de réactie van salpeterzuur en ammoniak veel gelijkmatiger is, en altijd overeenkomstig de hoeveelheid aanwezige protéine.

Overigens komen bij het gebruik van zoutzuur dezelfde voorzorgen te pas, als bij dat van salpeterzuur, ten einde zich niet door het protéine-gehalte van het voedingsvocht te laten misleiden.

Het is bekend, dat eiwit en de overige in opgelosten toestand verkeerende protéine-verbindingen, met de beide zoeven genoemde zuren, als ook met zwavelzuur, chromzuur en de meeste metaalzouten praecipitaten vormen; al deze praecipitaten zijn amorph, en weinig geschikt tot herkenning der protéine bij mikrochemische onderzoeken; ik ga de bijzonderheden van de werking dezer stoffen derhalve hier voorbij, den lezer hieromtrent verwijzende naar de scheikundige hand- en leerboeken.

Er zijn echter nog twee reagentia, welke wij hier moeten vermelden, t. w. eene oplossing van *bijtende potasch* en

geconcentreerd *azijnzuur*. In beiden zijn de protéine-verbindingen oplosbaar, in tegenstelling met de bestanddeelen der *lijmgevende weefsels*, welke daardoor slechts opzwellen en geleiachtig worden, terwijl de vezelen van het *veerkrachtig weefsel* daardoor geenerlei verandering ondergaan.

Echter moet men zich wachten in zulk een geval te spoedig een oordeel te vellen, daar de graad van oplosbaarheid der onderscheidene protéine-verbindingen in genoemde reagentia zeer verschillend is, zoodat zij somtijds eenen geruimen tijd weerstand bieden aan hunne inwerking, bepaaldelijk aan die van het azijnznur. Bij het gebruik van bijtende potasch zal men zich het best bevinden bij de aanwending eener sterke nagenoeg verzadigde oplossing; indien het te onderzoeken weefsel hierin eenige uren vertoefd heeft, en er later water wordt bijgevoegd, worden alle protéine-stoffen opgelost. Niet alleen kan men op die wijze de scheikundige geaardheid der verschillende uit vezelen zamengestelde weefsels herkennen, maar is het ook mogelijk te beslissen, of de straks genoemde gele kleuring, die sommige dierlijke cellen door salpeterzuur ondergaan, aan de wand of aan den inhoud moet worden toegeschreven. Indien namelijk de wanden van zulke cellen noch door azijnzuur noch door potasch worden opgelost, dan mag men besluiten, dat protéine óf niet, óf slechts voor een gering gedeelte tot hunne bestanddeelen behoort.

De nadere bepaling van de soort der protéine-verbinding is door enkel mikrochemische herkenningsmiddelen in de meeste gevallen onmogelijk. Dit geldt met name van alle vaste protéine-stoffen; geocoaguleerd eiwit, vezelstof, ontstekingskorst, de zelfstandigheid waaruit de primitiefvezelen der willekeurige en onwillekeurige spieren bestaan, enzv., laten

zich door geenerlei bepaalde reactiën van elkander onderscheiden, in weerwil dat de scheikundige samenstelling niet volkomen gelijk is. Wat de opgeloste protéine-stoffen betreft, zoo herkent men het eiwit aan deszelfs eigenschap om door warmte te coaguleren, terwijl de caséine zich onderscheidt, door het praecipitaat, hetwelk eene geringe hoeveelheid azijnzuur in het vocht te weeg brengt, waarin zij zich bevindt, welk praecipitaat door bijvoeging van meer zuur weder wordt opgelost. Hetzelfde is het geval met oxalzuur, wijnsteen zuur en phosphorzuur.

Overigens laat het zich met zekerheid vooruitzien, dat wij nog slechts een gering getal van de bestaande protéine-verbindingen kennen, en dat, naar mate de onderzoekingen zich uitbreiden, er meerdere zullen ontdekt worden, die zich door geringe maar daarom niet minder wezenlijke wijzigingen, zoowel in samenstelling als in hunne verhouding tot andere stoffen, van de overige onderscheiden.

2° *Amylum*. Deze stof komt in tweederlei toestand voor, *gevormd* en *vormloos*. Beiden laten zich gemakkelijk ontdekken door bijvoeging van *iodium*, opgelost hetzij in alcohol, of in eene oplossing van iodpotassium. Deze laatste wijze van het iodium als reagens aan te wenden verdient in vele gevallen de voorkeur, daar de alcoholische tinctuur zich niet zoo gemakkelijk met de waterige vochten vermengt, waarin zich het amyllum bevindt, als de iodpotassium-oplossing. De eenige voorzorg, welke men bij het gebruik van dit reagens behoeft te nemen, bestaat daarin, dat men, ingevalle de te onderzoeken stof alkalisch reageert, er vooraf eenig verdund zuur, onverschillig welk, bijvoegt, daar door een vrij of koolstofzuur alkali de vorming van iod-amyllum belet wordt.

Het gevormd amyllum komt onder zeer verschillende ge-

daanten voor, al naar gelang van de plant, waarvan het afkomstig is; dan eens als onregelmatige langwerpige ronde ligchaampjes, die duidelijk concentrische lagen vertoonen, welke eenen excentrisch geplaatsten kern omgeven (amylum uit aardappelen, en in vele andere gevallen), dan weder als meer zuiver ronde korrels van zeer verschillende grootte, zonder concentrische lagen (amylum uit tarwemeel enzv.), of ook als veelhoekige kristalachtige ligchaampjes (amylum der cycadeën enzv.). Een geoefend waarnemer kan dikwerf reeds op den eersten blik de soort van plant herkennen, waarvan het amylum afkomstig is, en het is aan elk, die zich op mikroskopische onderzoekingen wenscht toe te leggen, aan te raden zich hierin de noodige vaardigheid te verschaffen, omdat het amylum tot de meest voorkomende bestanddeelen van de voedsels behoort, en deszelfs korrels niet alleen in den inhoud van maag en darmen, maar zelfs somwijlen in de sputa worden aangetroffen.

Het vormlooze amylum komt als zoodanig slechts zelden in de planten voor, maar ontstaat uit het gevormde, hetzij door koking, hetzij door de scheikundige inwerking van zuren of alkaliën. Natuurlijk treft men het veelvuldig aan in den inhoud van maag en darmen, en daar wederom óf vrij, óf nog besloten in de cellen, waarin de korrels oorspronkelijk bevat zijn geweest.

3° *Cellulose*. Deze zelfstandigheid, welke het voornaamste zoo niet het eenige bestanddeel der wanden van alle jeugdige plantencellen uitmaakt, en ook in die der ouderen nimmer geheel ontbreekt (1), wordt gemakkelijk ontdekt door

(1) Het is uit de onderzoekingen van C. Schmidt (*Zur vergleichenden Physiologie der wirbellosen Thiere*. Braunschweig 1845), die door de

de opvolgende inwerking van *iodium* en *zwavelzuur*, waardoor de cellulose in amyloid veranderd wordt, hetwelk met *iodium* eene dergelijke blaauwe verbinding vormt als *amylum* (1). Intusschen is het ontstaan van dit amyloid aan zekeren voorwaarden verbonden, die wederom verschillen, naar gelang van den meer of minder onvermengden toestand, waarin zich de cellulose in de celwand bevindt. Door de inwerking van het *zwavelzuur* op de cellulose, vormt zich namelijk dan alleen amyloid, wanneer dit zuur in eene bepaalde verhouding met water verdund is; is de hoeveelheid water te gering in verhouding tot den aggregaattoestand, waarin zich de cellulose bevindt, dan gaat deze dadelijk in dextrine over; is daarentegen het *zwavelzuur* met te veel water verdund, dan heeft er geene verandering der cellulose plaats. Opzettelijke onderzoekingen (2) hebben mij geleerd, dat het vermogen van *zwavelzuur*, om amyloid voort te brengen, begint bij eene verdunning van 10 deelen zuur met 6 deelen water, en ophoudt, wanneer bij dezelfde hoeveelheid zuur minder dan 2 deelen water gevoegd is. Bij nasporin-

latere van Löwig en Kölliker (*Annal. d. sc. nat. Zoöl.* 1846. 3^{me} ser. V. p. 193) bevestigd zijn, gebleken, dat cellulose, of althans eene stof, welke daarmede in samenstelling geheel overeenkomt, ook in het dierenrijk niet geheel ontbreekt, daar zij het hoofdbestanddeel uitmaakt der bekleedse-len van de tot de orde der *tunicata* behoorende dieren. De genoemde Schrijvers deelen echter niet mede, of deze dierlijke cellulose dezelfde réactie met *iodium* en *zwavelzuur* vertoont als de planten-cellulose; mij zelve heeft de gelegenheid ontbroken, om dit punt te onderzoeken; het blijft derhalve hen aanbevolen, die over de voor dit onderzoek noodige voorwerpen kunnen beschikken.

(1) Omtrent de veranderingen die de cellulose hierbij ondergaat, vergelijkte men de door Mulder (*Physiol. Scheik.* 5^{de} afl.) in het werk gestelde proeven, alsmede de latere van Schacht (*Arch. d. Pharm.* 2^{te} Reihe XLVII. s. 157).

(2) Zie *Holländische Beiträge zu den anatomischen und physiologischen Wissenschaften.* 1847. I. s. 212.

gen, die ten doel hebben, om de aanwezigheid van cellulose te ontdekken, zal men derhalve weldoen met eenige mengsels van opvolgende sterkte, b. v. van 10 deelen zuur met 6, 5, 4, 3 en 2 deelen water voorhanden te hebben, ten einde dezelve na elkander te kunnen aanwenden.

Bij deze beproeving op een cellulose-gehalte moet eerst het voorwerp met iodium doortrokken worden. Het best dient hiertoe eene verzadigde iodium-tinctuur, ofschoon ook de oplossing van iodium in iodpotassium kan worden aangevend. Men laat vervolgens het voorwerp droogen, en brengt er nu het zuur op. Heeft dit eene gepaste sterkte, dan ontstaat, indien cellulose tegenwoordig is, binnen weinige minuten de bedoelde kleursverandering; het weefsel wordt zuiver donkerblauw, indien alleen cellulose of bovendien pectose in de celwanden bevat is, terwijl er eene groene kleuring ontstaat, onder de tegenwoordigheid van andere in-crusterende zelfstandigheden, welke op zich zelve met iodium en zwavelzuur bruin worden.

4° *Suiker*. Er is welligt geene stof, voor welker ontdekking een zoo groot getal van herkenningmiddelen zijn aangegeven. Om van andere methoden, als die door gisting, en de aanwending van den polarisatietoestel niet te gewagen, dewijl beide slechts voor grootere hoeveelheden kunnen in aanmerking komen, willen wij hier alleen diegene vermelden, welke bij mikrochemische onderzoekingen kunnen te pas komen.

a. Trommer heeft het eerst gevonden, dat indien men, bij eene oplossing van druivensuiker, eene oplossing van zwavelzuur koperoxyd voegt, en daarbij vervolgens eene overmaat eener versch bereide oplossing van bijtende potasch, of omgekeerd bij een vocht, dat druivensuiker en bijtende potasch

opgelost bevat, zoolang zwavelzuur koperoxyd voegt, als het gevormde koperoxydhydraat zich weder oplost, er na eenigen tijd, en bij verwarming dadelijk, een praecipitaat van rood koper-protoxyd ontstaat. Dit praecipitaat is derhalve kenmerkend voor druivensuiker of glucose, daar zuivere rietsuiker het niet geeft, tenzij alleen na eene lang voortgezette koking (1), waarbij men aannemen mag, dat een gedeeltelijk overgang in druivensuiker heeft plaats gegrepen. Wil men derhalve door dit middel ook rietsuiker, waar deze alleen aanwezig is, ontdekken, zoo als bij het onderzoek van plantaardige zelfstandigheden en weefsels kan te pas komen, dan moet de rietsuiker vooraf door zwavelzuur in druivensuiker veranderd worden, waarbij men intusschen niet moet vergeten dat ook amyllum, gom en cellulose, ofschoon langzamer, dezelfde verandering ondergaan.

Ter ontdekking van de suiker in de urine, bij meliturie, levert deze methode echter geen volkomen zekere uitkomsten, daar, gelijk Reich (2) en van den Broek gevonden hebben, in urine, waarin geen spoor van suiker aanwezig is, de praecipitatie van het roode koper-protoxyd desniettegenstaande somtijds plaats grijpt.

b. Volgens Pettenkofer (3) voegt men bij ossengal langzaam geconcentreerd zwavelzuur, tot het aanvankelijk gevormde praecipitaat zich weder heeft opgelost. Komt dit mengsel nu in aanraking met eenig suikerhoudend vocht, onverschillig of daarin rietsuiker of druivensuiker bevat is, of andere zelf-

(1) Zie van den Broek, *Over het opsporen van Suiker*, in de *Scheikundige onderzoekingen gedaan in het laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool*. 1846. III. bl. 491.

(2) Simon's *Beiträge zur physiol. u. pathol. Chemie. u. Mikroskopie*. 1843. s. 546.

(3) *Annal. d. Chem. u. Pharm.* 1844. LIII. s. 90.

standigheden die, gelijk amyllum, gom enzv. door zwavelzuur in suiker overgaan, dan verschijnt dadelijk eene fraaije violette kleur. Plattner (1) bevond, dat de reactie nog zekerder plaats grijpt, wanneer eerst het suikerhoudend vocht met gal vermengd wordt, en er alsdan zwavelzuur droppelsgewijs wordt bijgevoegd.

Intusschen is ook deze proef verre van altijd volkomen zekere uitkomsten te geven. Vooreerst namelijk ontstaat, gelijk van den Broek (2) en Hoefle (3) hebben doen opmerken, ook zonder de tegenwoordigheid van suiker, in een mengsel van gal en zwavelzuur dezelfde violette kleur als wanneer deze tegenwoordig is. Het eenige verschil ligt daarin, dat in dit geval een veel langere tijd gevorderd wordt, om de kleur te doen te voorschijn komen, terwijl zij, indien suiker aanwezig is, zich schier dadelijk vertoont. Maar indien het er, ten tweede, op aan komt, om suiker in de urine te ontdekken, dan kan men zich op deze methode nog minder verlaten, daar, zoo als van den Broek gevonden heeft, de extractiefstoffen der urine met de suiker de eigenschap deelen van de meer genoemde violette kleur in een mengsel van gal en zwavelzuur te voorschijn te roepen, alhoewel de kleursverandering ook in dit geval langzamer plaats grijpt dan met suiker.

Dat dit herkenningmiddel overigens bij het onderzoek van plantaardige stoffen, waar tevens amyllum, gom, of cellulose voorhanden zijn, geen de minste waarde heeft, spreekt van zelf.

c. Eene derde methode, die van Runge, berust op de

(1) Zie Hoefle, *Chemie und Mikroskop am Krankenbette*. Erlangen, 1848. s. 361.

(2) L. c. bl. 510.

(3) L. c. s. 362 en *Anmerk.* s. 87.

eigenschap van suiker; om, onder de tegenwoordigheid van zwavelzuur, door verwarming humuszuur te leveren, en dus zwart of donkerbruin te worden. Hetzelfde is het geval bij de aanwending van zoutzuur, hetwelk hiervoor door Reich (1) is aanbevolen. Voor plantaardige stoffen kan deze methode in het geheel in geene aanmerking komen. Bij dierlijke vochten, bepaaldelijk urine, kan zij met meer voordeel worden aangewend, en zijn slechts weinige druppelen, in een klein uitdampschaaltje of horologieglaasje met eene zeer geringe hoeveelheid van het zuur verwarmd, voor de proef voldoende; doch op de door haar verkregen uitkomsten kan men zich echter niet geheel verlaten, daar somwijlen, ook zonder dat suiker aanwezig is, eene bruine kleuring ontstaat in urine, die met zwavelzuur vermengd zijnde, uitgedampt wordt (van den Broek). Of zulks ook bij het gebruik van zoutzuur het geval is, is nog niet onderzocht.

d. Ook door koking van een vocht, waarin druivensuiker aanwezig is, met bijtende potasch, wordt humuszuur gevormd, en ontstaat er dus eene bruine verkleuring. Moore heeft dit middel dan ook tot herkenning hiervan aanbevolen, doch daar suiker niet de eenige organische zelfstandigheid is, waardoor deze kleuring ontstaat, zoodat b. v. niet suikerhoudende urine somwijlen door behandeling met bijtende potasch mede bruin wordt, zoo zijn de aldus verkregen uitkomsten almede verre van zeker te zijn.

Iets meer voldoende wordt deze handelwijze, indien men bij het met potasch gekookte vocht, volgens den raad van Heller (2), salpeterzuur voegt; ontwikkelt zich dan duidelijk

(1) Simon's Beiträge, I. s. 546.

(2) *Archiv. für physiologische und pathologische Chemie und Mikroskopie*. 1844. H. 2. s. 212.

eene siroopgeur, dan kan men het bestaan van druivensuiker aannemen. Doch niet zelden ontwikkelen zich bovendien acidum nitrosum en andere riekende stoffen, die de herkenning van deze bijzondere geur moeilijk zoo niet onmogelijk maken.

Nog andere handelwijzen zouden hier kunnen genoemd worden, zooals die van Raspail (1), om de tegenwoordigheid van suiker in plantenweefsels te ontdekken door de roode kleur, welke een mengsel van eiwit en zwavelzuur daarin te weeg brengt, doch waarvan reeds door Decaisne en Paijen (2) de onzekerheid is aangewezen. Verders die van Reich (3), om rietsuiker en druivensuiker van elkander te onderskennen door de koking met bichromas potassae, waardoor in het eerste geval groen chromoxyd gepraecipiteerd wordt; of door bij het suikerhoudend vocht bijtende potasch en vervolgens bij het kokende mengsel salpeterzuur kobaltoxyd te voegen, waardoor, bij tegenwoordigheid van rietsuiker, een violetblauw, en bij die van druivensuiker een vuilbruin praecipitaat gevormd wordt. Deze laatste methoden zijn echter alleen bruikbaar bij tamelijk geconcentreerde oplossingen van suiker, en vorderen bovendien nog eene nadere toetsing, in hoeverre deze reactiën alleen door suiker, en door geene andere organische stoffen ontstaan.

Uit dit overzicht der verschillende herkenningsmiddelen voor kleine hoeveelheden suiker blijkt, dat geen der tot hertoe bekende tot volkomen zekerheid leidt, en dat men, waar deze gevorderd wordt, daartoe alleen geraken kan door de afscheiding en daarstelling van den suiker in den zuiveren

(1) *Nouveau Système de Chimie organique*. Paris. 1833. p. 289.

(2) *Comptes rendus*. 1847. XXIV. p. 909.

(3) *Archiv, der Pharmacie*. 1847. L. s. 293.

onvermengden toestand; doch voor den hierbij te volgen weg moet ik den lezer naar de scheikundige handboeken verwijzen.

5° *Olie- en vetachtige stoffen.* Bij mikroskopische onderzoekingen van organische weefsels en zelfstandigheden komen de vetstoffen onder drieërlei vorm voor:

1° besloten in afzonderlijke daarvoor bestemde blaasjes of cellen, die, al naar gelang van de mindere of meerdere vastheid van het vet, eenen meer rondachtigen of veelhoekigen vorm hebben;

2° als kristallen, en

3° als droppelvormige of meer onregelmatig gevormde lichaampjes.

De algemeenste eigenschap, waaraan men deze stoffen herkent, is hunne oplosbaarheid in ether. Bij de mikrochemische herkenning hierdoor, is het noodig het voorwerp, waarin men hunne tegenwoordigheid vermoedt, vooraf te droogen. Dit geschiedt het best op een gewoon dekplaatje, hetwelk vervolgens in een horologieglas wordt geplaatst, waarin ether wordt gegoten, en hetwelk men dan met een grooter glasplaatje bedekt, om de verdamping te verhoeden.

Is het vet onder eenen bepaalden kristalvorm voorhanden, dan kan men hieruit ook deszelfs aard opmaken, waaromtrent reeds vroeger (bl. 245—245) voor de meest voorkomende vetten de noodige aanwijzingen gegeven zijn. Intusschen bewijst het ontbreken van eenigen kristalvorm geenszins de geheele afwezigheid van het een of ander kristalliseerbaar vet. Margarine en stearine b. v. komen, bij de tegenwoordigheid van de vloeibare elaine, in den amorphen toestand voor. In dezen toestand laten zich echter de vetstoffen reeds met vrij groote zekerheid, ook zonder de aanwending van ether, herkennen; eensdeels (als gevolg van hun sterk lichtbrekend vermogen)

aan de donkere randen der daardoor gevormde ligchaampjes, en der daarmede gevulde blaasjes; anderendeels, wanneer zij vrij in eenig vocht drijven, aan hunne geringe soortelijke zwaarte, waardoor zij zich altijd aan of nabij deszelfs oppervlakte bevinden.

Aan den vorm en andere eigenschappen der vrije vetligchaampjes laat zich verders met tamelijke zekerheid herkennen, of zij grootendeels uit vloeibaar vet of olie, of wel uit een der vastere vetten bestaan. In het eerste geval namelijk hebben zij, indien het vocht, waarin zij drijven, in rust is, eene zuivere bolvormige gedaante (z. fig. 81), en bij verwijdering van het voorwerp ontdekt men de beeldjes van de zich lager bevindende voorwerpen, of van diegene, wier beeld door den spiegel wordt teruggekaatst (verg. bl. 44). Schudt men het vocht, waarin zij bevat zijn, en brengt dadelijk daarop hiervan eenen droppel onder het mikroskoop, dan blijkt het dat zij hierdoor niet van gedaante veranderd zijn. Bestaan daarentegen de ligchaampjes uit een mengsel van een bij de gewone temperatuur vloeibaar vet, b. v. *èlaine*, met eene zekere hoeveelheid van een ander, dat bij denzelfden warmtegraad vast is, zooals margarine, dan nemen de vroeger bolronde ligchaampjes of droppels door schudding eenen langwerpigen vorm aan (z. fig. 85), die echter na eenig tijdsverloop weder in den bolronden overgaat. Is eindelijk de hoeveelheid van het vaste vet verre overwegend, zonder dat zich dit echter nog kristallinisch afscheidt, dan vertoonen de ligchaampjes eenen zeer onregelmatige vorm (z. fig. 82), welke door schudding weinig of niet verandert.

Verders onderscheidt men de amorphe vetligchaampjes ook nog van andere ligchaampjes, waarmede zij eenige oppervlakkige overeenkomst hebben, zooals *amylumkorrels*, de

amorphe klompjes van koolstofzure kalk enzv., door de verschijnselen, die zij bij de drukking tusschen twee glasplaatjes opleveren. Vet is altijd week, en wordt door drukking uitgebreid, zonder dat er barsten ontstaan, en wanneer het tot de vloeibare soorten behoort, vloeijen de in elkanders nabijheid komende droppels ineen; terwijl de andere ligchaampjes, waarmede het zoude kunnen verwisseld worden, eenen veel sterkeren weerstand aan de drukking bieden, en daardoor niet van vorm veranderen, of tot meerdere stukken van een barsten.

Vetkristallen eindelijk, welke, gelijk die van neurostearine (fig. 84, verg. bl. 84), voor kristallen van het een of ander zout der in het organisme voorkomende alkaliën of aarden zouden kunnen worden aangezien, worden daarvan gemakkelijk onderscheiden, door het voorwerpplaatje, waarop zij zich bevinden, even te verwarmen, waarbij zij smelten en vormloos worden.

Wat de vetzuren aanbelangt, zoo is de gedaante der kristallen van het margarinzuur en van het stearinzuur, waaraan deze beiden het best onderkend worden, reeds vroeger (bl. 244—245) beschreven.

6° *Etherische olieën en harsen.* Deze kunnen alleen bij het onderzoek van plantaardige deelen in aanmerking komen, en daar tot verwisseling met vette olieën en omgekeerd aanleiding geven. Wel is waar verraden zich de eersten meestal door eenen eigendommlijken reuk, maar er komen toch gevallen voor, waar, — zooals b. v. de etherische olie, die aan de oppervlakte van sommige pollensoorten (der Malvaceën, der Liliaceën enzv.) voorkomt, — de hoeveelheid te gering is, om door den reuk herkend te worden.

De droppels eener etherische olie in water, worden onder

het mikroskoop vrij gemakkelijk van die eener vette olie onderscheiden. Zij zijn veel minder scherp begrensd, vormen streepen in het vocht, en zoeken zich aan de oppervlakte uit te breiden. Daar gekomen vormt de etherische olie eene dunne laag, die, bij opvallend licht, iridescerende kleuren vertoont (verg. bl. 66). Bovendien zijn de etherische olieën oplosbaar in terpenhijnolie en kouden alcohol. Pollenkorrels b. v., in een dezer beide vochten geplaatst, vertoonen daarom niets van het afvloeijen der olie, welke bij de bevochtiging met water gezien wordt.

Harsachtige stoffen, die overigens in versche voorwerpen altijd met etherische olieën vermengd voorkomen, kenmerken zich door deze zelfde oplosbaarheid in terpenhijnolie en kouden alcohol, terwijl zij daarentegen in ether, waardoor de vetten altijd worden opgenomen, dikwerf niet oplosbaar zijn.

7° *Slijm*. Onder den naam van *plantenslijm* zijn, behalve de meer bepaaldelijk aldus genoemde zelfstandigheid, beurtelings allerlei stoffen begrepen geworden: onderscheiden soorten van gom en dextrine, pectine, vormloos amyllum, en mengsels van protéine-verbindingen, zooals zij in de jeugdige cellen voorkomen. Onder deze verschillende stoffen kunnen alleen de laatsten en het vormloze amyllum mikrochemisch worden aangewezen. De zekere herkenning der overige genoemde stoffen is alleen na afscheiding van genoegzaam groote hoeveelheden daarvan mogelijk.

Wat het *dierlijke slijm* aanbelangt, zoo is datgene, wat gewoonlijk onder dien naam verstaan wordt, — namelijk het produkt der afscheiding, aan de oppervlakte der verschillende soorten van slijmvliezen, — mede eene zelfstandigheid, welke aard zeer uiteenlopend is, en gewijzigd wordt, door den aard der organen zelve en den toestand, waarin elk hunner

zich bevindt. Nimmer echter is het eene homogene stof, maar altijd een mengsel van een vocht met georganiseerde deeltjes, welke in den volkomen gezonden toestand niet anders zijn dan de afgestooten goed gevormde epitheliumcellen van het slijmvlies, doch die in den ziekelijken toestand, bij vermeerderde slijmproductie, in veel grootere mate gevormd en afgestooten wordende, op eenen lageren vormingstrap blijven staan, zoodat men in het ziekelijke slijm eindelijk niet anders dan rondachtige ligchaampjes waarneemt, welke in niets, noch wat hunne gedaante, noch wat de verhouding tot reagentia aanbelangt van de ettercelletjes verschillen, en ook als identisch met deze schijnen te moeten beschouwd worden. Zoowel in slijm als in etter zijn deze ligchaampjes blaasjes, waarvan het hulsel, tot de protéine-verbindingen behoorende, zich in azijnzuur oplost, terwijl daarbij in elk blaasje één tot vier zeer kleine ligchaampjes of kerntjes te voorschijn komen, die vóór deze bijvoeging moeilijk zichtbaar waren. Overigens kunnen er, zoowel in de grootte dezer celletjes als in het algemeene aantal der kernen, en in andere opzichten, nog verschillen bestaan, welker uitvoerige vermelding hier echter niet te huis behoort.

Uit het gezegde blijkt, dat er, tusschen de stof, die aan de oppervlakte der ziekelijke slijmvliesen wordt afgescheiden, en waren etter, geen onderscheid der daarin aanwezige georganiseerde deeltjes wordt waargenomen, maar daarentegen bestaat er verschil tusschen de vochten, waarin die deeltjes zwevende worden gehouden. In het slijmvocht is eene stof opgelost, die men *slijmstof* kan noemen, en welke in waren etter niet voorkomt. Deze stof kan mikrochemisch herkend worden. Vooreerst vermengt zij zich niet goed met *water*, en lost zich daarin ook weinig op, zoodat indien

men slijm met water onder het mikroskoop brengt, het niet gelukt, ook niet door het heen en weder schuiven van het dekplaatje, om de taaije gedeelten te doen verdwijnen, en het geheele mengsel dun en gemakkelijk vloeibaar te doen worden.

Voegt men er daarentegen *bijtende potasch* of *ammoniak* bij, dan geschiedt deze oplossing weldra.

De meest kenmerkende eigenschap dezer slijmstof is het praecipitaat, hetwelk er organische zuren, namelijk *azijnzuur*, *oxalzuur* en *wijnsteenzuur* mede vormen, en hetwelk zich, onder het mikroskoop, zeer fijnkorrelig vliesvormig vertoont, met plooiën en streepen, die men zich wel hoeden moet voor vezelen te houden. Door overmaat van zuur wordt dit praecipitaat niet opgelost, gelijk met caséïne plaats grijpt. Men kan aan deszelfs ontstaan altijd met zekerheid de tegenwoordigheid van slijmstof herkennen, en ook tamelijk wel de betrekkelijke hoeveelheid hiervan bepalen.

3^o *Gal*. De tegenwoordigheid van gal wordt herkend aan die van haar nog niet in den geheel zuiveren toestand bekend kleurend bestanddeel (*biliphaeïne* van Gmelin, *cholepyrrhine* van Berzelius), hetwelk de eigenschap bezit van, door bijvoeging van salpeterzuur, eerst groen, dan blaauw en eindelijk geelachtig rood te worden. De geringste hoeveelheden gal, welke zich onder andere organische stoffen, bloed, urine, de overblijfselen van spijsen in de maag en darmen, enzv., gemengd bevinden, laten zich op die wijze ontdekken. Doorgaans is de aanwending van het mikroskoop hierbij overbodig, maar, wanneer het b. v. te doen is, om den aard van eenige uitgebraakte stof naauwkeurig te onderzoeken, dan doet men wel de reactie onder het mikroskoop te doen plaats grijpen, ten einde het aandeel te leeren kennen, dat

de galkleurstof aan de algemeene kleuring der stof heeft, daar deze bovendien ook andere kleurende bestanddeelen kan bevatten, welke van de gebruikte spijsen afkomstig zijn.

Tot ontdekking der aanwezigheid van gal kan ook de door Pettenkofer ontdekte violetblauwe kleuring dienen, ontstaande door de bijvoeging van suiker en zwavelzuur, waarvan reeds op bl. 235, als een der middelen tot opsporing van suiker, is gewag gemaakt. Intusschen is het nog verre van zeker te zijn, dat het alleen de gal is, die deze reactie bezit. Volgens van den Broek (1) ontstaan bij de verwarming van salicine, en vooral van de daaruit getrokken saligenine, met zwavelzuur kleuren, die met de door gal opgeleverde de grootst mogelijke overeenkomst vertoonen.

9° *Ureum*. Het ontdekken der tegenwoordigheid van ureum in dierlijke vochten, gelijk het bloed, het zweet, het glasvocht in het oog, hydropische vochten enzv., waarin het gewoonlijk niet, of, zoo al, in hoogst geringe hoeveelheden voorkomt, behoort tot de belangrijkste opgaven der mikrochemie. Hierbij is het vooraf noodig het te onderzoeken vocht in een waterbad tot droogwordens te doen uitdampen; vervolgens wordt het overblijvende met alcohol gedigereerd, hetwelk, behalve het ureum, ook nog eenige aanwezige zouten, suiker, vetten, enzv. opneemt (2). De alcoholische oplossing wordt uitgedampt, en het overige weder in zoo wei-

(1) L. c. bl. 511. Van den Broek heeft ook aangetoond, dat het niet alleen het dusgenoemde choleinezuur is, waaraan deze reactie toekomt, zoo als Pettenkofer beweerd heeft, maar dat zij ook met de meeste andere galbestanddeelen evenzeer ontstaat.

(2) Is er geen eiwit in het vocht, dan wordt de uitdamping tot droogwordens toe, en de uittrekking met alcohol niet vereischt, maar kan men bij het tot siroopdikte uitgedampte vocht dadelijk het salpeterzuur voegen.

nig mogelijk water opgelost tot een siroopdik vocht. Hier- van wordt dan een druppel op een voorwerpplaatje gebragt, en er een druppel zuiver sterk *salpeterzuur* naast geplaatst, zoodat de beide druppels langzaam ineen vloeijen (1). Is er ureum tegenwoordig, dan ziet men weldra de kristallen van salpeterzuur ureum te voorschijn komen, welke bl. 259 beschreven en in fig. 66 afgebeeld zijn. Voor de mogelijk hierbij plaats hebbende verwisseling met de kristallen van salpeterzure soda verwijs ik den lezer naar het gezegde op bl. 227.

Ter bevestiging van het door salpeterzuur verkregen resultaat, kan men bij eenen anderen druppel van de siroopdikke oplossing eenen druppel voegen eener verzadigde oplossing van *oxalzuur*, waardoor de kristallen van oxalzuur ureum ontstaan (fig. 67, verg. bl. 240). Indien de hoeveelheid ureum zeer gering is, verdient deze reactie zelfs de voorkeur, omdat het oxalzure zout nog minder oplosbaar in water is, dan het salpeterzure.

Mogten er, noch in het eene, noch in het andere geval, door enkele vermenging der genoemde reagentia met het vocht kristallen gevormd worden, dan kan zulks veroorzaakt worden door dat de hoeveelheid ureum zoo gering is, dat zoowel het eene als het andere zout daarin opgelost blijft. Indien dit plaats heeft, dan zullen zich de kristallen nog na de verdamping van het vocht op het voorwerpplaatje vertoonen.

(1) Bij de vermenging van groote hoeveelheden, moet het vat, waarin deze geschiedt, in een koud makend mengsel geplaatst worden, ten einde de ontleding te voorkomen, die het gevolg is van de zich ontwikkelende warmte. Wanneer men zulke geringe hoeveelheden aanwendt, als voor de mikrochemische ontdekking voldoende zijn, is deze voorzorg echter niet noodig.

Eindelijk herinner ik hier aan den reeds vroeger (bl. 228) vermelden invloed van het ureum op den kristalvorm van het chlorsodium. Werkelijk kan men, indien zich uit eene chlorsodium-houdende oplossing door langzame verdamping dergelijke kristallen afzetten als in fig. 46 *B* en *C* zijn afgebeeld, met groote waarschijnlijkheid besluiten tot het gelijktijdig daarin aanwezig zijn van ureum, doch opzettelijk onderzoek heeft mij geleerd, dat hiertoe de hoeveelheid ureum in verhouding tot die van het chlorsodium vrij aanzienlijk moet wezen; en daar bovendien door snelle verdamping eener zuivere chlorsodium-oplossing, wel is waar niet even goed gevormde, maar toch dergelijke tetraëdrische en kruisvormige kristallen ontstaan, zoo is het raadzaam zich op dit kenmerk voor de tegenwoordigheid van ureum nimmer alleen te verlaten.

10. *Cystine*. De regelmatige zeshoekige tafelen (fig. 75 verg. bl. 245), waaruit deze zelfstandigheid bestaat, doen haar in voorkomende gevallen zonder moeite herkennen, terwijl zij, door hare oplosbaarheid in minerale zuren en bijtende alkaliën, van andere onderscheiden wordt, waarmede de kristallen eenige oppervlakkige overeenkomst hebben. Overigens kenmerkt zich de cystine nog door de zwarte kleur, welke zij door koking in eene oplossing van loodoxyd en potasch te weeg brengt, ten gevolge der vorming van zwavellood, alsmede door den eigendomlijken reuk, dien zij bij de verbranding ontwikkelt.

11. *Urinzuur* en *urinzure zouten*. Het vrije urinzuur wordt gemakkelijk aan den vorm van deszelfs kristallen (fig. 68) en aan de eigendomlijke reactie met salpeterzuur herkend (verg. bl. 240). Tot deszelfs oplossing zijn meer dan 1000 deelen water noodig. In urine is echter gewoonlijk eene iets grootere hoeveelheid bevat, daar de oplosbaarheid bevordert

wordt door de tegenwoordigheid der phosphorzure zouten. Door bijvoeging van salpeter- of zoutzuur, wordt het urinzuur uit de urine gepraecipiteerd, gewoonlijk onder de gedaante van kristallen, somwijlen echter ook (1), namelijk wanneer er te gelijk galkleurstof aanwezig is, als een amorph poeder, waarvan de aard dan niet door enkel mikroskopisch onderzoek, maar door behandeling met salpeterzuur moet worden uitgemaakt.

De *urinzure zouten* van ammoniak, soda en potasch, kalk en magnesia, zijn in warm water merkelijk meer oplosbaar dan in koud. Zij zetten zich derhalve bij de bekoeling uit de oplossing af, waarvan vele urinbezinksels voorbeelden opleveren. Over den vorm dezer uraten is reeds bl. 241 het noodige gezegd. Altijd wordt hun aard gemakkelijk herkend door een weinig van de te onderzoeken stof op een voorwerkplaatje te vermengen met eenen droppel azijnzuur of zoutzuur, waarbij zich zeer spoedig de kristallen van het urinzuur vormen. Wat de aanwezige basis betreft, zoo kan deze vervolgens door de daarvoor geschikte reagentia in de oplossing herkend worden.

12° *Hippuurznur*. Wanneer dit zuur in urine bevat is, dan wordt het er uit gepraecipiteerd, door bij het tot siroopdikte uitgedampte vocht zuiver geconcentreerd zoutzuur te voegen. Zuiverder verkrijgt men het door, volgens de methode van Gregory (2), de urine eerst met kalkmelk te vermengen, maar verder op gelijke wijze te behandelen. Het door zoutzuur gevormd praecipitaat wordt in een waterbad

(1) Z. Heller, *Archiv. für physiol. u. pathol. Chemie und Mikroskopie*. 1844. s. 99.

(2) *Philos. Magaz.* 1847. 3^{de} Ser. XXXI. p. 127.

gedroogd, en vervolgens met anhydrische ether gedigereerd, welke het hippuurzuur opneemt, dat, na verdamping op een voorwerpplaatje, onder den in fig. 71 (verg. bl. 242) afgebeelden kristalvorm overblijft. De vorm dezer kristallen is intusschen niet zoo karakteristiek, dat er geene verwisseling met andere zelfstandigheden mogelijk zoude zijn. Ook is het zekerheidshalve altijd raadzaam de kristallen nog aan een nader onderzoek te onderwerpen, waartoe echter, bij het gebruik van het mikroskoop, eene hoogst geringe hoeveelheid voldoende is. Inzonderheid kan er ligtelijk dwaling ontstaan door het ureum, dat, in het praecipitaat aanwezig zijnde, mede door den ether is opgelost, en, waarvan de kristallen (z. fig. 65) eenige overeenkomst hebben met die van hippuurzuur. Dit laatste onderscheidt zich echter door eene veel moeilijker oplosbaarheid in water, waarvan het 575 deelen behoeft, terwijl ureum zich in een daaraan gelijk gewigt water oplost, uit welke oplossing dan, door vermenging met salpeterzuur, zich de meer beschreven kristallen van salpeterzuur ureum afscheiden. Hippuurzuur is verders oplosbaar in bijtende potasch, welke oplossing met *deutochloruretum ferri* een oranjeleurig praecipitaat vormt.

Van urinzuur onderscheidt het zich door deszelfs oplosbaarheid in ether en alkohol, door eenen geheel verschillenden kristalvorm, en door het ontbreken der voor het eerste zuur eigendommeljke reactie, bij behandeling met salperzuur en ammoniak.

Bij verhitting van hippuurzuur in een proefbuisje, worden benzoëzuur (z. de kristallen in fig. 72) en benzoëzure ammoniak gesublimeerd, met een weinig eener olieachtige zelfstandigheid, terwijl zich een reuk ontwikkelt als van Tonkaboonen en later van bittere amandel-olie.

13° *Melkzuur*. Dit zuur behoort niet tot die stoffen, welke zich door sterk sprekende reactiën onderscheiden; het is daarom moeilijk zeer kleine hoeveelheden er van met zekerheid aan te toonen (1). Nog den meesten waarborg levert het *melkzuur zinkoxyd* op, waarvan de kristallen in fig. 75 (verg. bl. 242) zijn afgebeeld, en hetwelk verkregen wordt, door het alcoholische aftreksel der stof, welke men op melkzuur onderzoekt, uit te dampen, het overblijvende in water op te lossen, de oplossing met koolstofzuur loodoxyd te digereren, en bij het opgeloste melkzure loodoxyd zwavelzuur zinkoxyd te voegen, waardoor zwavelzuur lood geprecipiteerd wordt, en melkzuur zinkoxyd opgelost blijft. De door uitdamping verkregen kristallen van dit zout hebben eenige overeenkomst met die van zwavelzuur zinkoxyd; zij onderscheiden er zich echter van door hunne oplosbaarheid in alcohol, en door het in zuren onoplosbare praecipitaat, dat chlorbarium met het in water opgeloste zwavelzure zout geeft.

Melkzuur wordt van *azijnzuur* onderscheiden, door de niet vlugtigheid van het eerste, en door de bloedroode kleur, welke het laatste aanneemt, wanneer het met ammoniak verzadigd is, en er dento-chloruretum ferri bijgevoegd wordt.

14° *Koolstofzure zouten* worden bij mikroskopische onderzoekingen gemakkelijk herkend, door bij het voorwerp eenig zuur te voegen, bij voorkeur salpeter- of zoutzuur, waardoor het koolstofzuur vrij wordt, en onder den vorm van luchtbel-

(1) Over het door Pelouze aangegeven herkenningmiddel van melkzuur, daarin bestaande, dat deszelfs tegenwoordigheid de praecipitatie van koperoxyd-zouten door kalkmelk verhindert, welk middel echter alleen bij grootere hoeveelheden aanwendbaar, en bovendien verre is van zeker te zijn, zie men: Strecker in *Annal. d. Chem. u. Pharm.* LXI. s. 316.

len ontwijkt. Daar dit bij mikrochemische nasporingen het eenige gas is, hetwelk onder die omstandigheden zich ontwikkelt, zoo is eene verwisseling niet wel mogelijk. Men kan hierdoor zoowel de tegenwoordigheid van in water opgeloste als van niet opgeloste carbonaten ontdekken, mits in het eerste geval de oplossing niet al te verdund is, daar dan het vocht het vrijwordend koolstofzuur opgelost houdt. Wat de onoplosbare koolstofzure zouten, t. w. de koolstofzure kalk en magnesia, betreft, waarvan inzonderheid het eerste zoo algemeen tot de bestanddeelen der vastere organische weefsels behoort, zoo heeft men meermalen de plaats, waar zich de luchtbellen ontwikkelen, ook als de eigenlijke zitplaats van het kalkzout beschouwd. Dit is intusschen niet altijd juist; eene naauwkeurige waarneming leert, dat de gasontwikkeling bij beenderen, tanden, koralen enzv., bij voorkeur begint aan de uitstekende punten van het voorwerp, zonder dat deze punten steeds beantwoorden aan de plaatsen waar de koolstofzure kalk het meest is opgehoopt.

Nog moet ik hier herinneren, dat de koolstofzure zouten, welke in de asch van organische lichamen gevonden worden, in zeer vele gevallen afkomstig zijn van de verbranding van zouten, waarin de basis oorspronkelijk met een organisch zuur verbonden was, hetwelk door de hitte ontleed is.

15° *Zwavelzure zouten.* Voor de ontdekking dezer zouten in opgelosten toestand, zijn *chlorbarium*, of, naar omstandigheden, *salpeterzure baryt*, de meest gebruikelijke en werkelijk ook de gevoeligste reagentia. De gevormde zwavelzure baryt is wit en oplosbaar in zoutzuur. Heeft de vermenging spoedig plaats, dan bestaat het praecipitaat uit niet zamenhangende korreltjes (Pl. III fig. 58 A), welke te klein

zijn, om hunne gedaante nader te bepalen; geschiedt de vermenging daarentegen zeer langzaam, op de wijze vroeger (bl. 212) vermeld, dan vormen zich grootere kristalachtige ligchaampjes, welke in *B* zijn afgebeeld.

In zulke gevallen, waar geen organische bestanddeelen in de te onderzoeken zelfstandigheid zijn, zoo als b. v. in de asch van verbrande organische deelen, is het door een barytzout gevormde in zoutzuur onoplosbare praecipitaat een zeker kenmerk voor de tegenwoordigheid van zwavelzuur. Doch in vochten, waarin organische stoffen aanwezig zijn, ontstaat somwijlen een dergelijk praecipitaat, zonder dat het aan eenig zwavelzuur zout kan worden toegeschreven. Mogt er derhalve twijfel bestaan, dan moet men, óf zijne toevlugt nemen tot de genoemde langzame praecipitatie, ten einde de ligtelijk herkenbare zoo even genoemde kristallen te doen ontstaan, óf, hetgeen nog verkieslijker is, men gebruike als reagens eenig oplosbaar kalkzout (*chlorcalcium*, *salpeterzure kalk*) waarmede altijd, zelfs bij zeer snelle vermenging, een uit kristallen zamengesteld praecipitaat (fig. 57, verg. bl. 252) gevormd wordt, die met zekerheid aan hunne gedaante kunnen herkend worden. Alleenlijk houde men daarbij in het oog, dat de zwavelzure kalk merkkelijk oplosbaarder is in water dan de zwavelzure baryt, en er dus geen praecipitaat door kalkzouten in zeer verdunde oplossingen wordt gevormd. Laat men echter dan eenen droppel van het vocht op een voorwerpplaatje verdampen (waartoe, uithoofde van het deliquescerend vermogen der oplosbare kalkzouten, eene verwarming noodig is), dan komen de gipskristallen te voorschijn.

16° *Chlorwaterstofzuur* en *chlorzouten*. Beide worden aangewezen door het witte, aan het licht zwart wordend

praecipitaat, hetwelk eene oplossing van salpeterzuur zilver in de waterige oplossing te weeg brengt. Dit praecipitaat is oplosbaar in ammoniak, maar onoplosbaar in salpeterzuur, en bestaat uit kleine tot vlokken vereenigde zeer ondoorschijnende en zich daarom bij doervallend licht zwart vertoonende ligchaampjes.

Ook de aanwending van dit reagens is alleen volkomen zeker, zoolang er geene organische zelfstandigheden tevens in de vloeistof voorhanden zijn, daar vele van deze dergelijke, ofschoon, bij doervallend licht door het mikroskoop gezien, minder ondoorschijnende praecipitaten met salpeterzuur zilver geven. De meest gewone chlorverbindingen, die hier in aanmerking komen, namelijk chlorsodium, chlorpotassium en chlorammonium kunnen in zulk een geval met grootere zekerheid ontdekt worden, door eenen droppel van het vocht te laten verdampen, en het achterblijvende door het mikroskoop te onderzoeken, daar de kristallen der genoemde zouten gemakkelijk van alle andere te onderscheiden zijn (z. fig. 46, 50, 85 bl. 228). Chlorcalcium en chlormagnesium, welke niet op die wijze te ontdekken zijn, komen zelden anders voor dan in voorwerpen, die men verbranden kan, om er de asch van te onderzoeken, die daartoe met water wordt uitgetrokken.

17° *Phosphorzure zouten.* Onder de in organische lichamen voorkomende phosphorzure zouten zijn er eenige, namelijk die van potasch, soda en ammoniak, welke in water zeer oplosbaar, andere die daarin geheel onoplosbaar zijn, maar daarentegen gemakkelijk oplosbaar in verdund salpeterzuur en zoutzuur, t. w. phosphorzure kalk en phosphorzure ammoniak-magnesia; terwijl de phosphorzure magnesia zich wel in water oplost, maar daarvan meer (25 deelen) behoeft dan de alkalische phosphaten.

Van de drie isomere vormen, waaronder het phosphorzuur voorkomen kan, worden bij organisch-chemische onderzoekingen alleen aangetroffen: het tribasische (gewoon phosphorzuur, c phosphorzuur) en het bibasische (pyro-phosphorzuur, a phosphorzuur). Om het bestaan van een' dezer beide vormen in eene onzijdige waterige vloeistof te ontdekken, bezigt men eene oplossing van *salpeterzuur zilver*. Dit geeft met het eerste een geel praecipitaat, waarvan de kleur nog bij eene 50 malige vergrooting zeer goed kan herkend worden, terwijl de kleur van het met de zouten van het bibasische zuur ontstaande praecipitaat helder wit is. Zoowel het gele als het witte praecipitaat zijn oplosbaar in ammoniak en in salpeterzuur, waardoor het van het met chlorzouten gevormde onderscheiden wordt. Ook geven de phosphorzuren zouten, met *azijnzuur ijzeroxyd*, een in ammoniak oplosbaar praecipitaat, hetwelk met chlorzouten het geval niet is.

Daar echter metaalzouten met verscheidene andere organische zelfstandigheden, zoowel indifferenten stoffen als zuren, praecipitaten vormen, zoo zijn de daarmee verkregen uitkomsten niet altijd te vertrouwen, tenzij het onderzoek met de asch wordt in het werk gesteld, in welk geval het tribasische phosphorzuur altijd in het bibasische veranderd is. Verkieslijker is in zulke gevallen bij het vocht eene oplossing van *zwavelzure magnesia*, en daarna *ammoniak* of *koolstofzure ammoniak* te voegen. Er ontstaat, bij de tegenwoordigheid van phosphorzuren zouten, een aanvankelijk amorph praecipitaat, dat, zich weder oplossend, later voor een kristallinisch plaats maakt (fig. 64 B verg. bl. 258).

Onder de in water niet oplosbare phosphaten, onderscheidt zich het in dierlijke stoffen veelvuldig voorkomende dubbelzout van ammoniak en magnesia door den kenmerken-

den vorm van deszelfs kristallen (z. fig. 65). Overigens worden zoowel deze verbinding, als de phosphorzure kalk en phosphorzure magnesia uit hunne zure oplossingen door ammoniak gepraecipiteerd, en kunnen dan somwijlen aan den kristalvorm herkend worden (verg. bl. 255). Is dit niet het geval, dan toont het door ammoniak te weeg gebrachte praecipitaat slechts dan met zekerheid het bestaan der aardephosphaten aan, wanneer de organische zuren, waaronder er ook zijn, wier kalk- en magnesia-zouten door ammoniak gepraecipiteerd worden, vooraf door verbranding in koolstofzuur zijn veranderd.

18° *Ammoniakzouten.* Deze zouten worden het best, door mikroskopisch onderzoek van de na verdamping op een voorwerpplaatje overblijvende stof, ontdekt, daar de meesten zich door ligtelijk herkenbare kristalvormen onderscheiden, waarvan het meerendeel op Pl. II fig. 50, 51, 52, 53, 59 te vinden is. Bij scheikundige nasporingen, die zonder de hulp van het mikroskoop worden in het werk gesteld, loopt men groot gevaar de aanwezigheid van ammoniak over het hoofd te zien, inzonderheid wanneer men zich alleen bepaalt bij het onderzoek van de door verbranding verkregen asch, daar, alle ammoniakzouten vlugtig zijnde, hierin geen spoor meer van hen te vinden is.

Deze vlugtigheid door blootstelling aan verwarming, behoort mede tot de goede kenmerken, om met zekerheid te beslissen of kristallen, die na de verdamping van eenig vocht op een glasplaatje achterblijven, tot een ammoniakzout behooren. Men moet hierbij intusschen niet uit het oog verliezen, dat deze vervlugtiging door de tegenwoordigheid van organische stoffen, vooral van eiwit, die mede op het glasplaatje zijn ingedroogd, zeer belemmerd wordt, zoodat eerst

door eene hitte, waarbij de organische stof verkoolt, en tot asch begint te verbranden, het ammoniakzout verdwijnt, terwijl het, uit eene enkel waterige oplossing overblijvende, reeds bij eene veel geringere temperatuur vervliegt.

De tegenwoordigheid van ammoniak in amorphe organische zouten, b. v. in urinzure ammoniak, kan worden aangetoond, door er een weinig zoutzuur bij te voegen; in het verdampende vocht zullen dan de kristallen van chlorammonium (fig. 50) gevormd worden. Hierbij is het echter noodig zich vooraf te overtuigen, dat het zoutzuur niet reeds chlorammonium bevat, daar men dit zout gewoonlijk in meerdere of mindere hoeveelheid aantreft in zoutzuur, dat met de lucht in aanraking is geweest.

19° *Potaschzouten* worden herkend aan het gele praecipitaat, dat eene alcoholische oplossing van *deutochloruretum platini* met hen geeft. Dit praecipitaat is echter amorph, en daar bovendien verscheidene organische stoffen, alsmede ammoniakzouten er door gepraecipiteerd worden, zoo kan men daardoor alleen met zekerheid de potasch ontdekken in de asch welke van organische zelfstandigheden door verbranding overblijft.

Als mikroskopisch herkenningmiddel verdient daarom *wijnsteen* de voorkeur, hetwelk, bij niet al te verdunde oplossingen van potaschzouten, in overmaat gevoegd, daarin een kristallinisch praecipitaat doet ontstaan (fig. 45 verg. bl. 250), waarvan de kristallen, inzonderheid indien zij zich door langzame vermenging gevormd hebben, bezwaarlijk kunnen verwisseld worden met de kristallen van de mede in water weinig oplosbare wijnsteenzure ammoniak, terwijl de overige moeilijk oplosbare tartraten amorph zijn.

20° *Sodazouten*. Het beste reagens voor soda is het kie-

zelsfluorwaterstofzuur, hetwelk daarmede het weinig oplosbare fluorkieselsodium vormt, uit kristallen (z. fig. 48 verg. bl. 229) hestaande, wier vorm zoo eigendomslijk is, dat men daaraan de tegenwoordigheid der geringste hoeveelheid soda met de grootste zekerheid herkent. Daar deze verbinding in water echter niet geheel onoplosbaar is, zoo ziet men in zeer verdunde oplossingen van sodazouten, b. v. in urine, de kristallen eerst te voorschijn komen, nadat de druppel op het voorwerpplaatje begonnen is te verdampen.

Met ammoniak-, potasch-, kalk- en magnesia-zouten, geeft het kiezelsfluorwaterstofzuur geen praecipitaat, en de, trouwens bij organisch-chemische onderzoekingen niet in aanmerking komende, barytzouten vormen er een kristallinisch praecipitaat van eenen geheel anderen vorm mede (z. fig. 49).

Een ander herkenningsmiddel van soda is eene oplossing van *antimoniumzure potasch*, het eerst door Fremy, later door Wackenroder (1) aanbevolen. Het hierdoor te weeg gebragte praecipitaat is ook kristallinisch; de kristallen zijn quadratische prismata met regelmatig afgestompte hoeken, somwijlen tot tweelingen en drielingen vereenigd. Komen koolstofzure potasch en koolstofzure soda te zamen voor, en is de eerste in groote overmaat voorhanden, dan scheidt zich dit praecipitaat niet af. De praecipitaten, welke hetzelfde reagens in de oplossingen van ammoniak- baryt- en kalkzouten te weeg brengt, zijn amorph. Met magnesia-zouten ontstaat echter een kristallinisch praecipitaat, waarvan de kristallen zich als korte scheeve rhombische prismata

(1) De laatste heeft, over de gevoeligheid van dit réactief en over deszelfs verhouding tot de zouten met andere bases, uitvoerige onderzoekingen medegedeeld in het *Archiv der Pharmacie* 1843. XXXIV. s. 263.

vertoonen, en derhalve wel van diegene verschillen, welke met sodazouten ontstaan, doch bij niet zeer naauwkeurige beschouwing daarvoor ligtelijk zouden kunnen gehouden worden, tenzij men zich vooraf van de afwezigheid van magnesia-zouten in het vocht overtuigd heeft.

21° *Kalkzouten*. De opgeloste kalkzouten geven met *oxalzuur*, *oxalzure ammoniak*, of *zure oxalzure potasch* een in zout- en salpeterzuur oplosbaar, in azijnzuur en ammoniak onoplosbaar praecipitaat van oxalzuren kalk. Door de beide eersten gevormd is dit praecipitaat amorph, terwijl dat, hetwelk door de oplossing van zure oxalzure potasch wordt te weeg gebracht, uit kleine, meestal octaëdrische kristalletjes bestaat (fig. 61 I, verg. bl. 255). Als mikrochemisch herkenningsmiddel verdient derhalve eene oplossing van zure oxalzure potasch de voorkeur.

Een goed reagens op kalk is verders verdund *zwavelzuur*, waarmede deszelfs tegenwoordigheid ook kan worden aangetoond in de oplossing van phosphorzuren kalk in zout- of salpeterzuur, daar de hierbij ontstaande zwavelzure kalk in die zuren niet meer oplosbaar is dan in water. De gipskristallen (fig. 57) zijn bovendien altijd merkelyk grooter dan die van oxalzuren kalk, zoodat zij onder het mikroskoop met meer zekerheid herkend worden. Alleenlyk zij men indachtig, dat, indien de hoeveelheid kalk in de oplossing slechts gering is, de kristallen eerst bij de verdamping te voorschijn komen. Ook vermijde men het gebruik van geconcentreerd zwavelzuur, dewijl dit aanvankelyk een amorph vliezig praecipitaat geeft, hetwelk eerst later voor een kristallinisch plaats maakt. De oplossingen van zwavelzure soda en van zwavelzure magnesia kunnen mede worden aangewend, en verdienen, bij de tegenwoordigheid van organische stoffen, zelfs de voorkeur.

De aanwezigheid van kalk in koolstofzuren kalk, kan eerst, nadat deze in salpeterzuren kalk of chlorcalcium veranderd is, worden aangetoond, door bij het onzijdige vocht zure oxalzure potasch, of, indien er overmaat van zuur is, zwavelzuur te voegen.

22° *Magnesiumzouten*. De onzijdige in water opgeloste magnesiumzouten worden door *ammoniak* geprecipiteerd; het precipitaat is vliezig, en geheel oplosbaar in eene chlorammonium-oplossing. Daar dit laatste zout in organische vochten zeer algemeen is, zoo verhindert het de precipitatie der magnesia door ammoniak, en kan dit derhalve alleen gebruikt worden om de in water oplosbare magnesiumzouten in de asch op te sporen

Een zekerder reagens is *phosphorzure soda*, waardoor in tamelijk geconcentreerde oplossingen een aanvankelijk amorph later kristallinisch precipitaat (fig. 62, verg. bl. 257) ontstaat. Zijn de oplossingen meer verdund, dan ontstaat noch door de bijvoeging van phosphorzure soda, noch ook door onzijdige phosphorzure ammoniak, een precipitaat, maar voegt men dan ammoniak in overmaat daarbij, dan zetten zich na eenigen tijd de kristallen van phosphorzure ammoniak-magnesia af, zoo als zij in fig. 64 B (verg. bl. 257) zijn afgebeeld. Is er phosphorzure magnesia reeds als zoodanig in een vocht voorhanden dan ontstaat het genoemde dubbelzout reeds door enkele bijvoeging van ammoniak, gelijk b. v. in urine het geval is, waar de kristallen van bibasische phosphorzure ammoniak-magnesia (fig. 64 A) hierdoor geprecipiteerd worden.

23° *IJzer*. Bij het scheikundig onderzoek van organische voorwerpen, kan de tegenwoordigheid van dit metaal meestal alleen in hunne asch worden aangetoond. Deze wordt met

zoutzuur uitgetrokken, ten einde het aanwezige protoxyd of deutoxyd op te lossen.

In deze oplossing wordt de aanwezigheid van het *ijzerprotoxyd* aangeduid door het donker blaauwe praecipitaat, hetwelk *deutocyanuretum potassii et ferri* daarin te weeg brengt. Ontstaat er daarentegen hiermede geen praecipitaat, maar wel een, desgelijks blaauw gekleurd, met *protocyanuretum potassii et ferri*, dan was het ijzer als deutoxyd voorhanden. Beide deze praecipitaten bestaan, wanneer zij in eenigzins geconcentreerde oplossingen van ijzerzouten worden gevormd, uit vliezige massas met sterke plooiën; in zeer verdunde oplossingen zijn de vliezige lapjes uiterst dun, zoodat de randen ter naauwernood zichtbaar zijn, en zij alleen aan de kleur herkent worden.

Een mede uitstekend reagens voor ijzerdeutoxydzouten is de oplossing van *sulpho-cyanuretum potassii*, waarmede zij eene donkerroode kleur aannemen. Bij de aanwending hiervan moet de oplossing echter geene te groote overmaat van zuur bevatten, daar anders de kleur geelachtig is.

Galnooten-tinctuur is als mikrochemisch herkenningsmiddel van ijzer minder doelmatig, eensdeels dewijl het zwarte praecipitaat, hetwelk zij met ijzerdeutoxydzouten vormt, alleen dan ontstaat wanneer deze volkomen onzijdig zijn, anderendeels omdat het uit zeer kleine moleculen bestaat, waarvan de kleur door het mikroskoop, althans bij doorvallend licht, bezwaarlijk kan herkend worden. Ook zijn de bovenvermelde reagentia reeds meer dan toereikend, om de allergeeringste sporen van ijzer met zekerheid aan te toonen.

De overige metalen komen bij organisch-chemische onderzoekingen te zelden in aanmerking, dan dat het noodig zoude zijn hier hunne herkenningsmiddelen op te geven.

554. Bij het mikrochemisch onderzoek van dierlijke vochten, moet men niet alleen acht geven op de eigenlijk scheikundige bestanddeelen, maar heeft men tevens gelegenheid tot waarneming van de georganiseerde daarin voorkomende ligchaampjes, hetgeen dikwerf, vooral bij pathologische afwijkingen, van niet minder belang is, dan de opsporing der scheikundige samenstelling.

De volgende tafel moge den lezer een algemeen denkbeeld geven, van de wijze waarop zulk een onderzoek uit dit dubbele oogpunt kan worden in het werk gesteld. Ik heb daartoe de urine gekozen, omdat in deze, in den normalen en den pathologischen toestand, verreweg het grootste gedeelte der bestanddeelen kunnen voorkomen, die ook elders worden aangetroffen. Hoe groot het getal dier mogelijke bestanddeelen ook zij, zoo is eene zeer geringe hoeveelheid urine, b. v. een med. ons en zelfs minder, volkomen toereikend om de tegenwoordigheid van deze allen, met behulp van het mikroskoop, eenige voorwerpplaatjes, een paar horologieglazen, een paar proefbuisjes, en eenige reagentia te ontdekken. Inderdaad kan elk geneesheer, zonder veel bezwaar, verscheidene der kleine fleschjes met zich voeren, die tot inzameling der urine, of van andere vochten van even zoo veel lijders kunnen dienen, en deze vervolgens, te huis gekomen, op zijn gemak aan een kwalitatief onderzoek onderwerpen. Hij die hiermede voor het eerst aanvangt, zal natuurlijk aan zulk een onderzoek vrij wat tijd moeten besteden, alvorens hij tot voldoende uitkomsten is geraakt, maar hij zal tevens bevinden, dat men door eenige oefening zich weldra eene groote vaardigheid in dergelijke onderzoekingen kan eigen maken, zoodat dezelve betrekkelijk zeer weinig tijd kosten.

Ik voeg hier voor den gebruiker der tafel alleen nog bij, dat de korte daarin bevatte diagnostiek niet voor alle gevallen toereikend is, maar dat het somwijlen, tot zekerstelling van den aard van het gevondene, noodig is de in de beide vorige §§ breedvoeriger aangegeven kenmerken te raadplegen. Ook moet de gang van het onderzoek naar omstandigheden eenigermate gewijzigd worden; b. v., indien er eiwit in de urine is, kan, gelijk reeds vroeger gezegd is, het ureum niet in de tot siroopdikte uitgedampte vloeistof worden opgespoord, maar moet de na geheele verdamping van het vocht overblijvende stof eerst met alcohol worden uitgetrokken; en zoo in andere gevallen meer, welke voor den in de scheikunde niet geheel onervaren lezer geene bepaalde aanwijzing vorderen.

Eindelijk zij men bedacht, dat zeer vele stoffen, met het voedsel of als geneesmiddel gebruikt in de urine overgaan, en daarin als zoodanig of in eenigzins veranderden toestand kunnen worden teruggevonden. Eene optelling hiervan, vergezeld van de aanwijzing om hen in gegeven gevallen te ontdekken, zoude echter aan het meer algemeene doel van dit hoofdstuk vreemd zijn.

255. Ten slotte moeten wij hier nog kortelijk gewag maken van den invloed, dien sommige der reeds vroeger genoemde herkenningsmiddelen op den vorm en de zichtbaarheid van sommige elementaire deelen hebben, en welke men *morphologische reagentia* zoude kunnen noemen, daar hunne aanwending veelal alleen ten doel heeft om het maaksel der voorwerpen, welke men onderzoekt, duidelijker te doen te voorschijn treden (1).

(1) Een uitvoeriger overzicht van den invloed, dien vele scheikundig werkende stoffen op de elementaire deelen der plantenweefsels hebben, vindt

Voor de plantenweefsels vindt men hiervan voorbeelden in het zichtbaar worden van het inwendige blaasje (*utriculus internus*, *primordialis* volgens Mohl), hetwelk in jeugdige cellen den inhoud omgeeft, door de inwerking van alcohol, van de meeste zuren en van zoutoplossingen. Bijzonder goed treedt hetzelfde na eenige uren te voorschijn door de gemaakte doorsneden in eene *sublimaat*-oplossing (1 deel op 100 deelen water) te laten liggen; desgelijks in eene verzaadigde *chlorcalcium*-oplossing.

Verders is het dikwerf noodig, ten einde de kernen in jeugdige plantencellen zichtbaar te maken, deze met azijnzuur of, nog beter, met verdund salpeterzuur te bevochtigen. Daar waar men vroeger geen spoor van kernen kon waarnemen, ziet men deze, na zulk eene bevochtiging, dikwerf met de grootste duidelijkheid.

Om de structuur der wanden van de cellen en vaten te kunnen erkennen, is het in vele gevallen noodig hen op de eene of andere wijze sterk te kleuren, omdat hunne glasachtige doorschijnendheid niet veroorlooft met zekerheid openingen in het vlies van verdunde of verdikte plaatsen daarin te onderscheiden. Hier kan men *iodium-tinctuur* bezigen, en waar de daardoor te weeg gebragte kleuring nog niet donker genoeg is, b. v. om de zeer kleine openingen in de wanden van jonge cellen te zien, kan men er vervolgens *zwavelzuur* bijvoegen, op de bl. 255 vermelde wijze, ten einde

de lezer in Mulder's *Physiologische Scheikunde* 5^{de} afl., en in de *Scheikund. Onderz.* III. 1845, terwijl eene reeks van door Donders en Mulder gezamenlijk in het werk gestelde onderzoekingen, oyer de werking der scheikundige reagentia op dierlijke weefsels, gevonden worden in de 6^{de} afl. der *Physiol. Scheikunde* en in het 1^{ste} en 2^{de} stuk der *Holländ. Beiträge*. 1847. 1.

het donkerblauw gekleurde iodium-amyloid te doen ontstaan.

Ook zijn er sommige gevallen, waar het bestaan en de vormingswijze van het een of ander deel duidelijk gemaakt en opgehelderd wordt door de wijze, waarop sterk werkende reagentia daarop inwerken. Een voorbeeld hiervan levert de cuticula, zoowel die der epidermiscellen, als der houtcellen, welker afgescheiden bestaan overtuigend bewezen wordt door hare verhouding tegen over sterk zwavelzuur, dat, al het overige oplossend, haar onaangetast laat.

Bij dierlijke weefsels is de aanwending van zulke de structuur ophelderende reagentia van geen minder gewigt.

De *iodium-tinctuur* kan ook hier dikwerf met vrucht worden gebezigd om de tedere wanden van celletjes en buisjes te kleuren, die anders moeilijk zichtbaar zouden wezen. De bloedligchaampjes b. v., welke door water uitgezet zijnde, uiterst doorschijnend worden, kan men, gelijk Schultz heeft getoond, weder waarneembaar maken door bijvoeging van iodium-tinctuur. Zoo ook komt deze te stade tot het zichtbaar maken van hoogst tedere cilien, en in andere dergelijke gevallen meer.

Onder de minerale zuren kan het geconcentreerde *zwavelzuur* dienen ter isolering van het anders dikwerf moeilijk zichtbare epithelium der haren, terwijl het *salpeterzuur*, door deszelfs eigenschap om de protéine-bestanddeelen geel te kleuren, een der belangrijkste herkenningmiddelen voor organische spiervezelen is, waarover, tevens met opgave der hierbij vereischte voorzorgen, reeds op bl. 247 het noodige gezegd is. Bovendien doet dit zuur sommige deelen beter te voorschijn komen, zoo als b. v. de fijnste anders moeilijk waarneembare zenuwtakjes der weekdieren (1).

(1) Zie hierover Pappenheim en Berthelen, *Comptes rendus* 1848. XXVI. p. 333.

Van nog meer algemeene aanwending zijn eenige plantenzuren, *wijnsteenzuur*, *citroenzuur*, *azijnzuur*, welke in werking nagenoeg overeenkomen, maar waarvan het laatste het meest gebruikt wordt. Geconcentreerd azijnzuur heeft in de eerste plaats de eigenschap van alle kernen veel duidelijker te maken, zoodat hun bestaan zeer dikwijls eerst door dit zuur kan worden erkend. Verders doet het alle uit protéine bestaande deelen eerst sterk opzwellen, om dezelve later op te lossen. Op deze eigenschap berust deszelfs aanwending door Bowmann ter aantooning van het bestaan van het sarcolemma der primitiefbundels van de spieren, daar de door azijnzuur sterk opgezwollen primitiefvezelen bezems-gewijs uit de hierdoor niet veranderde vliezige scheede naar buiten puilen.

Ook de elementaire vezelen van het lijmgevend weefsel ondergaan door azijnzuur eene opzwellling, waardoor tevens eene veel grootere doorschijnendheid der geheele massa en een verdwijnen van de grenslijnen der afzonderlijke vezelen ontstaat. Daar nu de vezelen van het veerkrachtig weefsel, welke altijd in meerdere of mindere mate die van het lijmgevend weefsel vergezellen, door azijnzuur geenerlei verandering ondergaan, zoo heeft men hierin een middel, om hunne tegenwoordigheid, en het aandeel dat zij aan de vorming van het geheele weefsel nemen, te ontdekken.

Van niet minder belang is het gebruik van azijnzuur tot het zichtbaar maken der primitiefbuizen van de zenuwen, alsmede der haarvaten, te midden der weefsels, waarin beiden zich verbreiden. Terwijl namelijk alle omringende deelen, die grootendeels uit protéine-bestanddeelen of de vezelen van het lijmgevend weefsel bestaan, door azijnzuur zeer doorschijnend worden gemaakt, ondergaan noch de haar-

vaten, noch de zenuwbuisjes daardoor eenige in het oog loopende verandering, en kan men de netten der eersten en den slingerenden loop der laatsten met de grootste klaarheid waarnemen. Ik moet hier echter doen opmerken, dat eene verwisseling der eene met de andere zeer ligt mogelijk is, en dat alleen een zeer naauwkeurig onderzoek, waarbij men inzonderheid op den oorsprong der buisjes of kanaaltjes moet letten, hiervoor in vele gevallen behoeden kan.

Eindelijk behoort ook eene oplossing van *bijtende potasch* tot de bij mikrochemische onderzoekingen van vele dierlijke weefsels onmisbare hulpmiddelen, waarop Donders en Mulder het eerst meer bepaald opmerkzaam hebben gemaakt. De inwerking van dit reagens is echter langzaam, en daarom is het verkieslijk het te onderzoeken voorwerp daarmede te digereren in een horologieglas, onder afsluiting der lucht. Men bezigt het best eene verzadigde oplossing, en voegt vervolgens bij het op een glasplaatje overgebragte voorwerp een weinig water.

Vooraf is de aanwending van dit reagens van gewigt bij het onderzoek van alle hoornweefsels, welker bestaan uit ware cellen eerst hierdoor volkomen duidelijk wordt, daar deze, na de toevoeging van water, eene sterke uitzetting ondergaan, en van plat, zoo als zij vroeger waren, bolrond worden.

Dewijl de protéine-verbindingen in potasch oplosbaar zijn, zoo worden de daaruit bestaande elementaire deelen, zoo als die van de willekeurige en onwillekeurige spieren, ook daarin opgelost; dit geschiedt echter niet in de verzadigde potasch-oplossing, maar eerst nadat er water is bijgevoegd.

Ook de vezelen van het bindweefsel, de haarvaten en primitiefbuizen der zenuwen verdwijnen er door, maar de veerkrachtige vezelen blijven daardoor geheel onaangetast.



356. De bepaling van de grootte der door het mikroskoop waargenomen voorwerpen is in meer dan een opzigt belangrijk. Hier toch, waar alleen de door het zintuig des gezichts waarneembare eigenschappen der voorwerpen ons overblijven, om hunnen aard te erkennen, en hen van andere lichamen te onderscheiden, wint elke eigenschap in belangrijkheid; en inzonderheid behoort de bepaling van de grootte der voorwerpen tot hunne gewichtigste herkenningmiddelen, omdat het een der weinigen is, waarbij de uitkomsten van de subjectiviteit des waarnemers geheel onafhankelijk zijn.

Sommigen hebben intusschen gemeend, dat zeer naauwkeurige grootte-bepalingen, althans voor organische voorwerpen, die toch zoo verschillend van grootte zijn, niet gevorderd worden, en hebben gemeend, dat men volstaan kan met haar ongeveer bij benadering te kennen, en vervolgens door een cijfer uit te drukken, hetwelk wel geschikt is om door deszelfs eenvoudigheid de verbeelding te hulp te komen, en zich eenige voorstelling te vormen van de kleinheid der door het mikroskoop waargenomen voorwerpen, maar geenszins altijd als het eigenlijke resultaat van naauwkeurig in het werk gestelde metingen kan beschouwd worden. Deze mee-

ning, dat het er bij organische voorwerpen zoo juist niet op aan komt, is echter geheel verkeerd. Onder honderd Negerschedels zullen er, wel is waar, geen twee worden aangetroffen, die volmaakt even groot zijn, evenmin als onder een gelijk getal schedels van Europeanen; en, vergelijkt men schedel voor schedel der beide reeksen, dan zal men welligt onder de eersten er eenige ontmoeten, die in grootte eenige der laatsten overtreffen. Maar vergelijkt men daarentegen de gemiddelde cijfers, die verkregen worden door al de afzonderlijke grootten in elk der beide reeksen bij elkander te tellen en door 100 te deelen, dan lijdt het geen twijfel of men zal bevinden, dat dit gemiddelde cijfer voor de eerste reeks kleiner is dan voor de tweede, en men heeft dan ook volkomen regt, om als algemeenen regel te stellen, dat een Neger eenen kleineren schedel heeft dan een Europeaan.

Zoo is het ook gelegen met de elementaire deelen, die de organische weefsels zamenstellen; zij verschillen onderling in grootte, maar dit verschil beweegt zich tusschen zekere grenzen, die men kan leeren kennen; terwijl, indien men een genoegzaam getal metingen heeft in het werk gesteld van onderscheidene dier elementare deelen, men de gemiddelde uitkomst kan aanmerken als uitdrukkende eene zekere waarde, welke, behoudens de waarschijnlijke fout, die van zulke uitkomsten altijd onafscheidelijk is, als vast staande kan worden beschouwd, en dus een van de beste kenmerken der voorwerpen oplevert.

537. Zal echter dit gemiddelde cijfer juist zijn, dan moeten ook alle de afzonderlijke bepalingen zoo naauwkeurig mogelijk wezen, en dit wordt vooral van belang, indien deze gemiddelde uitkomsten tot grondslag worden gelegd van be-

rekeningen, ten einde de numerische ontwikkeling der do organische weefsels zamenstellende bestanddeelen, gedurende de onderscheiden tijdperken van het leven, te leeren kennen.

De beste mikrometrische methode is derhalve in het algemeen die, welke zoo na mogelijk volstrekt juiste uitkomsten geeft. Even zeer echter als het mikroskopische zien deszelfs grenzen heeft, zoo heeft dit ook de mikrometrische bepaling van de grootte der voorwerpen; het uiterste, dat men met regt van eenige mikrometrische methode kan verlangen, is: dat zij ons in staat stelt, om tot uitkomsten te geraken, waarvan de waarschijnlijke fout geringer is, dan de grootte van het kleinste voorwerp, hetwelk nog door het mikroskoop kan worden waargenomen. Wij zullen straks zien, dat er onder de verschillende mikrometrische methoden eenige zijn, waardoor men inderdaad deze uiterste grens van naauwkeurigheid bereiken kan.

338. Het is echter niet genoeg, dat door eene mikrometrische methode uitkomsten kunnen verkregen worden, welke de hoogst mogelijke *betrekkelijke* naauwkeurigheid bezitten; deze uitkomsten moeten ook, zoo na mogelijk, *volstrekt* juist zijn, en hiertoe wordt vereischt, dat de door de meting aangegeven maten ware onderdeelen zijn van eenige algemeene standaardmaat.

Aan dit vereischte nu voldoet geen der door werktuigelijke middelen daargestelde mikrometers, gelijk een opzettelijk onderzoek (1) van een aantal dezer werktuigen, uit de beste werkplaatsen afkomstig, mij geleerd heeft; en de gevonden

(1) De uitkomsten van dit onderzoek zijn uitvoerig medegedeeld in: *Recherches micrométriques sur le développement des tissus et des organes du corps humain, précédées d'un examen critique des différentes méthodes micrométriques*. Utrecht 1845.

verschillen zijn geenszins zoo gering, dat men hen zonder belangrijke dwaling kan veronachtzamen, daar zij tot $\frac{1}{20}$, en in één geval zelfs $\frac{1}{8}$ bleken te bedragen van de waarde der gelijknamige maten bij andere mikrometers.

Daar nu de uitkomsten der met zulke werktuigen verrigte metingen hierdoor ophouden vergelijkbaar te zijn, zoo is het wenschelijk een middel te bezitten, waardoor men met genoegzame zekerheid de volstreckte grootte der afdeelingen van elken mikrometer bepalen kan. Heeft men eenmaal gevonden, hoeveelmalen deze kleiner of grooter dan de ware maat zijn, dan is het niet moeilijk de gevonden grootte tot de ware grootte te herleiden.

Het hier bedoelde middel is zeer eenvoudig, en reeds vóór meer dan eene eeuw, wat de hoofdzaak aanbelangt, door Jurin aangegeven. Het bestaat in het winden van eenen dunnen metaaldraad om eenen dikkeren, waarna men de windingen telt, en de lengte van het omwonden gedeelte meet. Deze lengte gedeeld door het getal der windingen levert dan als quotient de dikte van den draad.

Om zich op die wijze eenen juisten maatstaf te verschaffen, moeten echter verscheidene voorzorgen worden in acht genomen.

1° De draad, welke voor de omwinding dient, behoort overal even dik te zijn, waarvan men zich door onderzoek behoort te overtuigen. Bezigt men eene koperen klaviersnaar, welke tot dit oogmerk zeer geschikt, en in elken ijzerwinkel te bekomen is, dan moet men er op bedacht zijn, dat deze, op de bolle zijde gemeten (dat is die, welke bij de windingen naar het oog gekeerd is) altijd iets dikker wordt bevonden, dan wanneer de draad om eenen hoek van 90° gedraaid wordt. Heeft men dus eenmaal, door telling der win-

dingen, de dikte bepaald, dan moeten alle opvolgende metingen aan dezelfde zijde worden bewerkstelligd.

2° Bij het gebruik van eenen koperen draad is het verkieslijk dezen om eenen regtgebogen ijzeren draad van tamelijke dikte, b. v. van 6—8 millim., te winden, daar beide metalen, van kleur verschillende, beter gelegenheid geven, om door eene genoegzaam vergrootende loupe, of nog beter bij eene 40—50 malige vergrooing door het zamengestelde mikroskoop, te onderzoeken of de windingen behoorlijk aaneensluiten, waarvan natuurlijk de naauwkeurigheid der uitkomst grootendeels afhangt.

3° De omwinding geschiedt het best op eene draaibank, vooral omdat men dan, door het tellen der omdraaijingen der bovenste schijf, beter gelegenheid heeft het getal der omwindingen te bepalen.

4° Eindelijk spreekt het van zelf, dat de lengte, door de gezamenlijke windingen ingenomen, met de grootste naauwkeurigheid moet gemeten worden, terwijl de graad van juistheid, waartoe deze handelwijze regt geeft te besluiten, in regtstreeksche verhouding staat tot het aantal der windingen zelve.

Als voorbeeld hiervan moge de mededeeling dienen eener op gezegde wijze door mij verrigte bepaling der dikte van eene koperen klaviersnaar. Een getal van 1048 windingen werden hiervan vereischt, om te beantwoorden aan eene vooraf zorgvuldig gemeten, en op den dikkeren draad afgeteekende lengte van 140 millim. (1). De dikte dier klaviersnaar bedraagt derhalve $\frac{140}{1048}$ millim. = 0,13359 millim.; en,

(1) Voor deze bepaling diende een ijzeren meter, vroeger door van Swinden te Parijs geverifieerd, en alhier bewaard in het kabinet van natuurkundige werktuigen.

daar het getal der windingen , tot op minstens eene halve winding na , met zekerheid bekend is, zoo kan het grootste verschil hoogstens $\frac{1}{20000}$ van het geheel bedragen , hetgeen op den doormeter des draads overgebracht , niet meer dan ongeveer $\frac{1}{14000}$ millim. is, zoodat dus het gevonden cijfer tot in de vierde decimaal als volkomen juist kan worden beschouwd. Toen de bolle zijde van dezen draad , en die , welke daarvan om 90° verwijderd is, achtereenvolgens met eenen oculair-schroefmikrometer gemeten werden , bleek het , dat de laatste 0,00299 millim. smaller is dan de eerste (1).

Neemt men nu de aldus gevonden dikte van zulk eenen draad als maatstaf aan , dan kan men niet alleen hiermede de waarde der verdeelingen van glas- en schroefmikrometers vergelijken , maar mag men zelfs met veel waarschijnlijkheid aannemen , dat deze uitkomsten geldig zijn voor alle mikrometers , die op hetzelfde verdeelwerktuig vervaardigd , en uit dezelfde werkplaats afkomstig zijn. Indien derhalve hij , die zijne metingen mededeelt , zorg draagt den oorsprong aan te geven van het door hem gebezigd werktuig , of van de door hem tot grondslag aangenomen mikrometrischen maatstaf , dan kan men de door hem gevonden cijfers tot de ware grootte herleiden , door vermenigvuldiging met eenen zekeren coëfficiënt , welk uit een vroeger onderzoek van eenen uit dezelfde werkplaats afkomstigen mikrometer is afgeleid. Zoo heeft eene zorgvuldige toetsing der volgende mikrometers geleerd , dat maten met hen genomen , met de daarnevens gevoegde cijfers moeten vermenigvuldigd worden , om tot de ware maat

(1) Dit verschil in dikte , waardoor de draad eenigzins plat wordt , is hier , even als in andere gevallen , b. v. bij het hoofdhaar , de oorzaak van het rullen van zulk eenen draad.

te worden herleid, zooals deze door den bovenvermelden metaaldraad wordt aangegeven :

| | | |
|------------------------------|-----------------|-------|
| Schroefmikrometer van Schiek | | 0,957 |
| Glasmikrometer | » Oberhäuser | 0,959 |
| Schroefmikrometer | » Powell | 0,967 |
| Glasmikrometer | » Ch. Chevalier | 0,969 |
| Glasmikrometer | » Dollond | 0,981 |
| Schroefmikrometer | » Plöszl | 0,991 |
| Glasmikrometer | » Plöszl | 1,067 |

539. Een ander punt, dat hier in aanmerking komt, is de wijze, waarop mikrometriscbe maten behooren te worden uitgedrukt. Hierbij moet men twee doeleinden in het oog houden; vooreerst om door het gebruikte cijfer aan de verbeelding de voorstelling der grootte van het gemeten voorwerp gemakkelijk te maken; maar ook ten tweede, om aan het cijfer den vereischten graad van naauwkeurigheid, en bovendien de geschiktheid voor het gebruik tot berekeningen te geven.

Aan het eerste doel beantwoordt het best de uitdrukking in eene gewone breuk. Het lijdt geen twijfel, of $\frac{1}{22\sigma}$ geeft eene duidelijker voorstelling dan 0,004424, terwijl ook het eerste cijfer in naauwkeurigheid het tweede evenaart, daar een verschil eener éénheid in den noemer hier beantwoordt aan een verschil in het laatste cijfer der decimale breuk, en dus slechts de millioenste deelen van het geheel kan treffen. Zoodra het echter de uitdrukking geldt van een grooter gedeelte, wordt de zaak anders; alle grootbeden liggende tusschen 0,05776 en 0,05929 kunnen als gewone breuk slechts door $\frac{1}{2\sigma}$ worden aangeduid. In zulke gevallen mag derhalve de naauwkeurigheid van de uitgedrukte waarde niet aan de meerdere gemakkelijheid der voorstelling worden ten offer ge-

bragt, en daar bovendien decimale breuken voor berekeningen geschikter zijn dan gewone, zoo verdienen de eersten over het algemeen de voorkeur. Ten einde verders te gemoet te komen aan het zoo even genoemde bezwaar, dat namelijk de vele cijfers, en vooral de nullen bij eene breuk van dien vorm, de uitdrukking minder bevattelijk maken, en daarenboven voor het geheugen eenen noodelozen last opleveren, zoo heb ik sedert eenige jaren, en ook in de vroegere gedeelten van dit werk, eene mikroskopische éénheid aangenomen, namelijk 0,001 millim., uitgedrukt door *mmm* (mikromillimeter, millimillimeter). De keuze van juist deze grootheid als éénheid is niet zonder grond geschied. Het zal namelijk door later aan te voeren daadzaken blijken, dat men, bij onderzoekingen in het gebied der organische natuur, schier nimmer in het geval komt, om kleinere grootheden dan tienduizendste deelen van den millimeter uit te drukken, terwijl men zelfs in vele gevallen zich met voldoende nauwkeurigheid tot de uitdrukking in duizendste deelen kan bepalen; en daar nu de meeste mikroskopische voorwerpen, waarvan men den doormeter wil aangeven, beneden dien van 0,1 millim. blijven, zoo kan men bijna altijd volstaan met een getal, uitgedrukt door twee of hoogstens drie cijfers. Zulk een getal wordt gemakkelijk genoeg begrepen en onthouden; alleen dan, wanneer zeer kleine onderdeelen van 1 *mmm* moeten worden uitgedrukt, gelijk op sommige vroegere plaatsen van dit werk het geval is geweest, kan de gewone breuk van gelijke waarde er ter tegemoetkoming van de verbeelding worden bijgevoegd.

540. Bij de schrijvers zijn nog verschillende maateenheden in gebruik, omdat elk vervaardiger van mikrometers deze

indeelt overeenkomstig de maat, die in zijn land als de meest algemeene is aangenomen. Het is niet te ontkennen, dat deze verschillende wijze, van dezelfde grootheden uit te drukken, het lezen van geschriften over mikroskopische onderwerpen noodeloos bemoeijelijkt, en zelfs aanleiding tot verwarring en dwaling kan geven, omdat velen verzuimen op te geven, welk soort van duimen of lijnen door hen ten grondslag is gelegd, zich vergenoegende met achter het cijfer der maat te zetten: " of '". Bij uiterst geringe grootten maakt dit, wel is waar, geen zeer belangrijk verschil, maar bij voorwerpen van iets grooteren doormeter kan dit geenszins veronachtzaamd worden. Eén millimeter namelijk is gelijk aan :

| | | | |
|-----------|-----------------|--------|------------------|
| 0,0569415 | Parijsche duim. | 0,4455 | Parijsche lijn. |
| 0,0595706 | Engelsche " | 0,4724 | Engelsche " (1). |
| 0,0579624 | Weener " | 0,4555 | Weener " |
| 0,0582251 | Rhijnlans. " | 0,4587 | Rhijnlans. " |

De waarde in millimeters uitdrukkende, is:

| | | | |
|--------------------|---|---------|---------|
| een Parijsche duim | = | 27,0700 | millim. |
| " " lijn | " | 2,2558 | " |
| " Engelsche duim | " | 25,5997 | " |
| " " lijn | " | 2,1166 | " |
| " Weener duim | " | 26,5419 | " |
| " " lijn | " | 2,1952 | " |
| " Rhijnlans. duim | " | 26,1622 | " |
| " " lijn | " | 2,1802 | " |

Overigens heb ik, ten gemakke des lezers, aan het einde van

(1) De Engelsche duim wordt zoowel verdeeld in 12 als in 10 lijnen; het bovenstaande cijfer geldt voor het eerste geval; voor het tweede wordt de waarde gevonden door verplaatsing van het decimaalpunt in het cijfer voor den Engelschen duim.

dit hoofdstuk eene herleidingstafel gevoegd, waarin de meest gebruikelijke maten zijn opgenomen, en onderling vergeleken.

341. Het getal der mikrometrische methoden is vrij aanzienlijk. In het volgende zullen wij ons echter alleen bepalen tot de beschouwing van de zoodanige, die tegenwoordig in algemeen gebruik zijn; de vermelding der overige besparende voor het laatste deel, omdat zij, slechts door eenen enkelen of weinigen in toepassing gebragt zijnde, voor het oogenblik van meer geschiedkundig dan praktisch belang zijn.

In de eerste plaats komen in aanmerking de:

Glasmikrometers. Men heeft het in de kunst om met eene diamant fijne verdeelingen op glas te trekken zeer ver gebragt. Elk vervaardiger van mikroskopen voegt, voor den des verlangenden, bij zijne werktuigen glasplaatjes, waarop b. v. de millimeter in 100, 500 en zelfs meer deelen verdeeld is. Behalve door de fijnheid der verdeeling, onderscheiden zich de glasmikrometers nog door de wijze, waarop de verdeelingen daarop zijn aangebragt. Bij sommigen namelijk zijn de streepjes alle van gelijke lengte, en is het verschil in de grootte der afdeelingen alleen aangeduid door onderscheiden groepen, waarin de onderlinge afstand der streepjes verschilt. Beter zijn de zoodanigen, waar de verdeelingen op de wijze van eenen gewonen maatstaf zijn ingesneden, met aanduiding der grootere verdeelingen door uitspringende streepjes. Eindelijk zijn er nog anderen, waarop slechts ééne soort van verdeelingen gevonden wordt, doch waarvan de streepen elkander regthoekig snijden, en dus ruitjes vormen. Beide deze laatste verdeelingswijzen hebben hunne bijzondere nuttigheid; die, welke op de manier van eenen maatstok zijn vervaardigd, zijn meer geschikt om bij het doen van eigen-

lijke metingen gebruikt te worden, terwijl de ruitmikrometers meer te pas komen bij het tellen van voorwerpen in eene zekere ruimte van het gezichtsveld begrepen, als ook bij het vervaardigen van teekeningen.

Bij de beoordeeling van eenen glasmikrometer, moet op drie omstandigheden gelet worden:

1° op de juistheid der betrekkelijke grootte van elk der gelijknamige verdeelingen. Dit is inderdaad het belangrijkste vereischte in iedere mikrometrische verdeeling, en waaraan slechts weinige in zoo volkomene mate voldoen, als voor de nauwkeurigheid der daarmede verrigte metingen noodig is. Het is geene zeldzaamheid bij glasmikrometers, uit de beste werkplaatsen afkomstig, verschillen aan te treffen, die $\frac{1}{25}$ en zelfs tot $\frac{1}{7}$ van de gelijknamige afdeelingen bedragen. Het spreekt van zelf, dat deze verschillen, hoe betrekkelijk groot zij ook zijn, echter, indien de verdeelingen zelve klein zijn, door het bloote zien alleen moeilijk met zekerheid kunnen worden ontdekt. Het tellen van het aantal der afdeelingen, die de ruimte van het gezichtsveld innemen, wanneer onderscheiden gedeelten des mikrometers daarin gebragt worden, kan alleen zeer belangrijke verschillen doen kennen, daar de randen van het gezichtsveld slechts zelden aan weerszijden juist op een afdeelingstreepje zullen vallen. Wil men geringe verschillen met zekerheid ontdekken, dan moeten de afdeelingen des mikrometers bij opvolging elk afzonderlijk gemeten worden, volgens eene der nauwkeurigste verder te vermelden mikrometrische methoden.

2° Een tweede punt, dat hier in aanmerking komt, is de bepaling der volstrekte grootte van de op eenen glasmikrometer aangebragte afdeelingen. Dat deze grootte, zooals zij door den vervaardiger is opgegeven, geenszins, zonder nadere beproe-

ving, als de ware kan worden aangemerkt, is reeds (bl. 295) gebleken. Heeft men zich, op de aangegeven wijze, eenen metaaldraad verschaft, waarvan men den juisten doormeter kent, dan kan men dezen op den glasmikrometer leggen, en zien in hoeverre zijne breedte met eene gelijke ruimte op den laatsten overeenkomt. Intusschen zal het ook hier zelden gebeuren, dat de randen van den draad juist vallen op de streepjes, die eene zekere afdeeling aanduiden, en is het daarom in den regel beter voor zulk eene vergelijking gebruik te maken van de uitkomsten, verkregen, door volgens andere methoden verrigte naauwkeurige metingen van den draad en van de afdeelingen des glasmikrometers.

3° Ook moet op de dikte der op het glas getrokken streepjes worden acht geslagen. Bij eenen glasmikrometer, welke bestemd is, om als een voorwerp op de voorwerptafel gelegd te worden, behooren deze streepjes zoo dun mogelijk te zijn, en tevens gladde niet afgeschilferde randen te bezitten. Is het daarentegen de bestemming van den mikrometer, om voor metingen in het oculair gebragt te worden, dan kunnen en moeten zelfs de streepjes merkelyk dikker zijn, zoodat zij bij het zien door het mikroskoop gemakkelijk in het oog vallen.

Ook zij men bij het doen van metingen bedacht, dat de grootte der afdeelingen niet begrepen is tusschen de naar elkander toegekeerde kanten van twee streepjes, maar tusschen hunne middengedeelten, of tusschen hunne naar regts of naar links gekeerde randen.

De glasmikrometers kunnen op meer dan eene wijze tot het doen van metingen worden aangewend.

In de eerste plaats kan men het te meten voorwerp op den glasmikrometer zelveu leggen, en beiden te gelijk door

het mikroskoop beschouwen. Deze handelwijze is echter in meer dan één opzicht gebrekkig. Eensdeels toch kunnen aldus met zekerheid slechts zulke grootten worden gemeten, welke niet beneden die der kleinste verdeelingen van den mikrometer zijn; en daar de verdeeling op glas uit den aard der zaak zekere grenzen niet kan overschrijden, zoo zal men nimmer op die wijze zulke fijne metingen kunnen bewerkstelligen als volgens andere methoden mogelijk zijn. Anderdeels zijn de uitkomsten van zulke metingen behebt met al de fouten van den mikrometer, terwijl het bovendien in de meeste gevallen, vooral bij het aanwenden van sterke vergrootingen, niet gelukt het voorwerp en de streepjes, die de afdeelingen aanduiden, terzelfder tijd scherp te zien, daar beiden zich nimmer geheel in hetzelfde vlak bevinden.

Dit laatste bezwaar is niet eigen aan eene andere manier om den glasmikrometer te gebruiken, welke daarin bestaat, dat in een der bij het mikroskoop behoorende oculairen, op twee tegen elkander overgestelde punten, twee schroeven worden aangebragt, welke in fijne spitsen eindigen, die zich in het gezigtveld vertoonen, en aldaar verder van of digter bij elkander kunnen gebragt worden. Tot het meten van eenig voorwerp worden de beide schroeven dan zoo ver gedraaid, totdat de randen van het beeld in aanraking schijnen te zijn met de spitsen der schroeven; hierop het voorwerp verwijderende, en in deszelfs plaats eenen glasmikrometer leggende, leest men de maat af, die zich dan tusschen de beide punten vertoont.

Deze methode is iets beter dan de eerste. Niet alleen toch ziet men de verdeelingen des mikrometers en de punten der schroeven te gelijker tijd even scherp, maar door na elkander verschillende gedeelten van den mikrometer tusschen

de punten te brengen, en de gemiddelde uitkomst uit deze metingen te nemen, kan men ook de fouten des mikrometers onschadelijk maken. Zij heeft echter het groote nadeel van hierdoor en door de gedurige verwisseling met het voorwerp, meer tijdroovend dan eenige andere te zijn. Bovendien zijn de grenzen van fijnheid der meting hier even spoedig bereikt als bij de vorige. De fijnste mikrometrische verdeling op glas, welke door de beste onzer tegenwoordige mikroskopen nog kan onderscheiden worden, is die der 9^{de} groep van het proefplaatje van Nobert (z. Dl. I. bl. 404), waar de onderlinge afstand der lijntjes ongeveer $\frac{1}{1520}$ millim. bedraagt, en dit geeft tevens de uiterste grens van naauwkeurigheid aan, waartoe men het door deze methode, bij het gebruik der beste tegenwoordig vervaardigde glasmikrometers brengen kan, en zelfs mag men aannemen, dat deze naauwkeurighedsgraad, uit hoofde van de diffractie aan de uiteinden der spitsen, bezwaarlijk immer bereikt kan worden.

Doch men kan den glasmikrometer ook nog op eene derde wijze aanwenden, welke in meer dan één opzigt de voorkeur verdient boven de beide reeds genoemden. In stede namelijk van hem op de voorwerptafel te leggen, brengt men hem in het oculair. Het best dient hiertoe een Ramsdensch oculair (z. Dl. I. § 161), omdat de mikrometer, tusschen de beide glazen van een gewoon Huygensch oculair gebragt zijnde, een te gebogen beeld zoude geven.

De voordeelen dezer handelwijze bestaan in de eerste plaats hierin, dat men, om metingen van gelijke fijnheid te bewerkstelligen, eenen glasmikrometer kan aanwenden, waarop de streepen op veel grooteren afstand van elkander staan, dan bij het gebruik van den glasmikrometer als voorwerp ver-

eischt wordt. De reden hiervan is, dat de eenige vergroo-
ting, welke de mikrometrische afdeelingen in dit geval onder-
gaan, door het oculair geschiedt. Gesteld zijnde dat een
oculair 10 malen vergroot, en de mikrometer verdeeld is
in 20^{ste} deelen van den millimeter, dan zal zich elke afdee-
ling, op den aangenomen duidelijkheidsafstand geprojici-
eerd, $\frac{1}{2}$ millim. groot vertoonen; bedraagt dan de aange-
wende vergroo-ting van het geheele mikroskoop, voor dien-
zelfden duidelijkheidsafstand berekend, 500 maal, dan be-
antwoordt elke afdeeling, zoo als zij in het gezigtveld wordt
gezien, aan $\frac{1}{1000}$ millim. Daar men nu nog sterkere ver-
groo-tingen kan aanwenden, en ook nog iets fijner verdeelde
mikrometers, zoo is het niet moeilijk door deze methode nog
 $\frac{1}{2000}$ — $\frac{1}{2500}$ millim. regtstreeks en met zekerheid te meten,
waartoe vooral bijdraagt, dat de streepjes op den tot zulk een ge-
bruik bestemden mikrometer merkelyk breeder en dieper zijnde,
dan bij andere zeer fijne verdeelde mogelijk is, met potlood kun-
nen worden ingewreven, waardoor zij veel zichtbaarder worden.

Het hoofdvoordeel dezer methode bestaat echter daarin,
dat de fouten des mikrometers door haar geheel onmerkbaar
worden. Heeft men b. v. gevonden, dat iedere afdeeling
beantwoordt aan $\frac{1}{1000}$ millim., dan zullen, door een verschil
van $\frac{1}{7}$ tusschen de waarden der afzonderlijke afdeelingen (het
grootst tot hiertoe door mij waargenomene), de uitkomsten der
metingen niet meer dan $\frac{1}{7000}$ millim. onderling kunnen af-
wijken, derhalve zoo weinig, dat het verschil voor zeer vele
voorwerpen reeds buiten de grenzen der waarneembaarheid ligt.

Intusschen heeft deze handelwijze ook hare nadelen. Ten
eerste geeft zij geene regtstreeksche maten, maar zij vordert
vooraf eene opzettelijke bepaling van de waarde der afdeelin-
gen, en dit wel voor elk objectiefstelsel in het bijzonder, de-

wijl deze waarde daalt, naar gelang de vergrooting door gene klimt. Voor deze bepaling kan elk voorwerp dienen, waarvan men den doormeter met juistheid kent; het best derhalve de meer genoemde metaaldraad, of ook een tweede glasmikrometer, mits men zorg draagt verscheidene afdeelingen van dezen met die van den oculair-mikrometer te vergelijken, en de gemiddelde waarde daaruit te berekenen.

Een meer gewichtig bezwaar tegen het gebruik van den glasmikrometer in het oculair is de moeilijkheid, waarmede men de streepjes nog onderscheidt, zoodra vele voorwerpen op en door elkander liggend in het gezigtveld worden waargenomen. Het meten van bloedschijfjes en dergelijke zich geïsoleerd vertoonende voorwerpen kan daarmede met het grootste gemak en met veel nauwkeurigheid geschieden, maar het meten van gangliencellen te midden van het hen omgevende weefsel, van vetcellen, die in onderlingen zamenhang zijn, enzv. is op die wijze hoogst moeilijk, en dikwerf volstrekt onmogelijk.

542. *Schroefmikrometers.* Wanneer men eene schroef ronddraait, dan ondergaat deze eene voorwaartsche of achterwaartsche beweging, welke des te geringer is, hoe meer schroefwindingen in eenen gegeven afstand bevat zijn. Zijn er 5 op elken millimeter, dan doet iedere geheele omdraaijing de schroef $\frac{1}{5}$ millim. vooruit of achteruit gaan; heeft men dan het naar buiten uitstekend einde der schroef van eene wijzerplaat voorzien, welke in 100 deelen verdeeld is, dan zal de beweging der schroef voor ieder dier afdeelingen of graden $\frac{1}{500}$ millim. bedragen. Bevindt er zich bovendien een nonius aan, waardoor 10^{de} gedeelten der graden worden aangegeven, dan kan men de schroef om $\frac{1}{5000}$ millimeter voor- of achteruit doen gaan.

Op deze eigenschap der schroef berust hare aanwending als mikrometer. Gewoonlijk echter is hier de inrigting gemaakt, dat de vaarschroef vast staat, zoodat deze noch vóór- noch achteruit kan bewogen, maar alleen rondgedraaid worden, terwijl het daarentegen de moerschroef is, welke, glijdende in een daarvoor bestemd raam, voortbewogen wordt, en tevens het voorwerp medevoert, waaraan men eene langzame beweging wil mededeelen.

De tegenwoordig in gebruik zijnde schroefmikrometers zijn van tweederlei soort, namelijk *voorwerptafel-schroefmikrometers* en *oculair-schroefmikrometers*.

De voorwerptafel-schroefmikrometer dient, om aan een gedeelte van de voorwerptafel, en hiermede tevens aan het voorwerp, eene beweging mede te deelen, waarvan de lengte gemeten wordt, door achtereenvolgens de beide randen van het beeld in aanraking te brengen met eenen in het oculair gespannen draad, terwijl vervolgens de afgehoopen weg wordt aangewezen, door het getal omdraaijingen of gedeelten van omdraaijingen, die de schroef heeft ondergaan.

Het is evenwel boven (bl. 295) gebleken, dat men zich op de volstrekte juistheid der aldus verkregen maten niet geheel verlaten kan, iets trouwens dat dengenen, die de wijze kent, waarop zulke schroeven gesneden worden, en waarbij ligtelijk fouten kunnen worden begaan, welke $\frac{1}{1000}$ ^{ste} of meer van het geheel bedragen, niet verwonderen kan. Om de juiste waarde der afdeelingen van eenigen schroefmikrometer te kennen, is het daarom volstrekt noodig, dezelve aan eenigen vasten maatstaf te toetsen, waartoe dan de reeds (bl. 290) vermelde metaaldraad zeer geschikt is. Het tellen der schroefwindingen in eene bepaalde ruimte, hetgeen door velen aangeraden wordt, levert eene hoogst onzekere uitkomst,

dewijl de schroef hiertoe veel te kort is. Een glasmikrometer kan alleen dan als maatstaf worden gebruikt, wanneer de waarde van deszelfs afdeelingen vooraf met juistheid bepaald is; terwijl men dan de onderlinge verschillen van deze onschadelijk maakt, door het verrigten van een aantal metingen op onderscheiden gedeelten.

Voor het onderzoek van eenen schroefmikrometer komen echter nog andere punten in aanmerking. Bij slecht vervaardigde werktuigen van die soort neemt men in meerdere of mindere mate eenen zoogenaamden dooden gang waar, dat is, de wijzerplaat kan worden bewogen, zonder dat de schroef of het voorwerp zich ter zelfder tijd voortbeweegt. Dit gebrek ontstaat na verloop van tijd zelfs bij de beste schroefmikrometers door een menigvuldig gebruik, daar hierdoor de veer, welke den achteruitgang der schroef moet regelen, allengs verlamd wordt, waaruit de regel voortvloeit, dat men zulk een werktuig nimmer anders dan tot metingen moet aanwenden, maar niet tot het enkel bewegen der voorwerpen in het gezichtsveld. Bestaat dit gebrek eenmaal, en is de toestel overigens ongeschonden, dan kan men deszelfs invloed op de uitkomsten der metingen vermijden, door den eenen rand van het beeld van het voorwerp in aanraking te brengen met den draad in het oculair, en dan de schroef steeds in denzelfden zin voort te draaijen, tot dat de andere rand daarmede in aanraking komt; elke heen en weder beweging van het voorwerp is hier schadelijk.

Verders moeten ook de vaste fouten der schroef onderzocht en gekend worden. Bij werktuigen, die uit goede werkplaatzen afkomstig zijn, zijn deze fouten, wel is waar, gering, doch, waar het op naauwkeurigheid aankomt, mogen zij toch niet worden veronachtzaamd. Niet alle gedeelten der schroef geven bij hun gebruik volkomen gelijke maten, zooals blijken

kan door achtereenvolgens hetzelfde voorwerp met onderscheiden schroefgedeelten te meten. Kent men echter eenmaal deze kleine verschillen, dan kan men hen later bij de uitkomsten in rekening brengen.

De draad, welke in het oculair is gespannen, is gewoonlijk een spinnewebdraad, ofschoon men ook andere draden en haren, alsmede streepen met eenen diamant op glas getrokken, daarvoor gebruiken kan. Het doet er eigenlijk weinig toe, of zulk een draad zeer dun is, daar het alleen op de scherpte der randen aankomt, welke met die van het beeld des voorwerps moeten worden in aanraking gebracht. Een bezwaar echter, hetwelk alle metingen met den schroefmikrometer aankleeft, is de invloed, welken de diffractie op de uitkomst der metingen heeft, daar zij maakt, dat moeilijk met volkomen zekerheid het oogenblik kan worden bepaald, waarop de randen van draad en voorwerp onderling in aanraking zijn. Om dit bezwaar weg te nemen, heeft v. Mohl (1) aangeraden, in plaats van eenen draad, eene naald met eene fijne punt in het oculair te brengen, zoodat deze in het midden van het gezichtsveld gezien wordt; hierdoor verbetert men de zaak echter niet, daar de buiging der lichtstralen zoowel plaats heeft tusschen zulk eene punt en den rand van het voorwerp, als tusschen dezen en eenen draad. Het eenige middel, om de diffractie geheel weg te nemen, is de meting bij opvallend licht te bewerkstelligen, doch dit kan natuurlijk alleen bij sommige voorwerpen en bij niet te sterke vergrotingen te pas komen.

Om de grenzen van naauwkeurigheid te bepalen, waartoe het gebruik van den voorwerptafel-schroefmikrometer in staat

(1) *Linnaea* 1842. s. 502.

stelt, hebben v. Mohl en ik beide eenige proefmetingen daarmede in het werk gesteld, en daaruit de waarschijnlijke fout, zoowel voor elke meting in het bijzonder, als voor de gemiddelde uitkomst van een aantal metingen berekend. V. Mohl vond bij het meten van voorwerpen van onderscheiden grootte met eenen Plöszlschen schroefmikrometer, dat de waarschijnlijke fout der gemiddelde uitkomst van 10 metingen van hetzelfde voorwerp $\frac{1}{25000}$ tot $\frac{1}{9200}$ millim. bedraagt, gemiddeld $\frac{1}{13700}$ millim. Bij het meten van een bloedschijfje, met eenen schroefmikrometer van Plöszl en eenen anderen van Powell, verkreeg ik de volgende uitkomsten voor een gelijk getal van metingen.

| | Grootste verschil tusschen de afzon- derlijke metingen. | Waarschijnlijke fout der gemidd. uitkomst. | Waarschijnlijke fout van elke meting. |
|--------|---|--|---|
| Powell | $\frac{1}{492}$ millim. | $\frac{1}{9010}$ millim. | $\frac{1}{2500}$ millim. |
| Plöszl | $\frac{1}{700}$ " | $\frac{1}{10100}$ " | $\frac{1}{3000}$ " |

Hieruit blijkt dus, dat, hoewel de waarschijnlijke fout der gemiddelde uitkomst van een aantal metingen van hetzelfde voorwerp zoo gering is, dat zij in de meeste gevallen kan worden verwaarloosd, er echter bij eene enkele meting eene waarschijnlijke fout begaan wordt, die bij voorwerpen, welke beneden 1 *mm* groot zijn, tot $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ van hunnen doormeter bedraagt, en zelfs, in weerwil der grootste zorgvuldigheid tijdens het doen der meting, nog merkelyk hooger stijgen kan.

De oorzaak, dat de best vervaardigde schroefmikrometers van deze inrigting geene naauwkeuriger uitkomsten geven, ligt gedeeltelyk daarin, dat, in weerwil eener tamelyke stevigheid van het geheele statief, toch bij het in beweging brengen der schroef, door de drukking der vingers, ligtelyk eenige verandering ontstaat in de betrekkelijke plaats van het voorwerp,

onafhankelijk van den voortgang der schroef, zoodat wanneer dezelfs tegenovergestelde rand den draad bereikt heeft, men niet volkomen zeker is, dat de afgeloopen weg juist gelijk is aan den te meten doormeter. Hier komt bij, dat alle begane fouten, zoowel die bij het in aanraking stellen met den draad, als die, welke in de schroef zelve huisvesten, in gelijke mate met de aangewende vergrooting toenemen.

Het is om deze redenen, dat de voorwerptafel-schroefmikrometer in naauwkeurigheid moet wijken voor den oculair-schroefmikrometer. De meest gebruikelijke inrigting des laatsten is dezelfde, welke ook bij astronomische kijkers in gebruik is, en bestaat uit een Ramsdensch oculair, in welks gezichtsveld zich twee evenwijdig loopende draden bevinden, waarvan de eene vast staat, terwijl de andere door eene schroef op en neder kan worden bewogen. Bij het gebruik worden dan de randen van het beeld tusschen de beide draden gebragt. De waarde van elken schroefomgang en van de op de wijzerplaat ingesneden verdeelingen moet vooraf door de reeds meermalen aangevoerde middelen bepaald worden, en verschilt natuurlijk voor ieder objectiefstelsel.

Het is duidelijk, dat, bij deze wijze van den schroef als mikrometer te gebruiken, eene veel grootere naauwkeurigheid bereikbaar moet zijn. Dezelfde schroef b. v., welke 3 windingen in den millimeter tellende, in werkelijkheid een voorwerp slechts $\frac{1}{3}$ millim. bij elke geheele omdraaijing van plaats zoude doen veranderen, zal, indien het beeld vóór het oculair 100 maal vergroot is, bij elke geheele omdraaijing, aan $\frac{1}{300}$ millim. van een voorwerp op de voorwerptafel beantwoorden. Is dan de wijzerplaat nog in 100 deelen verdeeld, dan wordt door elke afdeeling $\frac{1}{30000}$ millim. gemeten. Zulk eene fijnheid der meting, welke door het aanbrengen van

eenen nonius zelfs nog zoude kunnen vermeerderd worden, is schier overbodig te noemen, en men bezigt dan ook in oculair - schroefmikrometers gewoonlijk iets dikkere schroeven, met een geringer getal windingen, doch die juist hierom met meerdere naauwkeurigheid kunnen vervaardigd worden, dan de zeer fijne schroeven, welke gevorderd worden in mikrometers, waardoor het voorwerp zelf bewogen wordt.

Met eenen Dollondsch en mikrometer van deze inrigting, waaraan de waarde van elke afdeeling op de wijzerplaat, bij eene 455 malige vergrooting, 0,094 *mm* ($\frac{1}{10630}$ millim.), en, bij eene vergrooting van 820 maal, 0,051 *mm* ($\frac{1}{19600}$ millim.) bedraagt (1), zijn van eenige voorwerpen telkens een tiental metingen verrigt, welke de volgende uitkomsten hebben opgeleverd:

| Voorwerp. | Ver-groo-ting. | Grootste ver-schil. | Waarschijnlijke fout der gemidd. uitkomst. | van elke meting. |
|--|----------------|----------------------|--|----------------------|
| Een bloedschijfje. | 455. | $\frac{1}{2040}$ mm. | $\frac{1}{31200}$ mm. | $\frac{1}{2940}$ mm. |
| 0,05 millim. van eenen glasmikrometer. | 455. | $\frac{1}{2040}$ " | $\frac{1}{30000}$ " | $\frac{1}{2300}$ " |
| 0,01 millim. van eenen glasmikrometer. | 850. | $\frac{1}{2700}$ " | $\frac{1}{37000}$ " | $\frac{1}{18200}$ " |
| Onderlinge afstand tusschen twee streepjes op een der kleinste schubbetjes van <i>Lepisma saccharina</i> . | 850. | $\frac{1}{2250}$ " | $\frac{1}{80000}$ " | $\frac{1}{27000}$ " |

Hieruit blijkt, dat de waarschijnlijke fout der gemiddelde uitkomst inderdaad ver buiten de grenzen ligt, welke wij

(1) Deze cijfers verschillen iets van die, welke in de *Recherches micrométriques* p. 18 opgegeven zijn, omdat daar de waarde der Oberhausersche mikrometer-afdeelingen ten grondslag is gelegd, terwijl ik later eene naauwkeuriger bepaling door middel van den op bl. 291 vermelden metaaldraad heb verrigt.

vroeger (bl. 87) voor de zichtbaarheid van ondoorschijnende voorwerpen door het mikroskoop gevonden hebben, terwijl zelfs die van elke meting daaraan zeer nabij komt. Dit is de hoogst mogelijke trap van naauwkeurigheid, die eene mikrometrische methode bereiken kan, en werkelijk overtreft de oculair-schroefmikrometer in dit opzigt alle de overigen.

Het eenige beletsel, dat zijn algemeen gebruik in den weg staat, is de meerdere kostbaarheid; want behalve den mikrometer zelve, die uit den aard der zaak tot de duurere werktuigen behoort, moet de voorwerptafel van het mikroskoop hier ook voorzien zijn van eene beweegbare slede, om den eenen rand van het beeld in aanraking te brengen met den vaststaanden der beide draden, daar zulks onmogelijk met genoegzame zekerheid door de hand kan verrigt worden.

545. Onder de handelwijzen om de grootte der mikroskopische voorwerpen te meten, zijn er eenigen, die onderling daarin overeenkomen, dat het vergrootte beeld op eene oppervlakte geprojectieerd, hierop gemeten, en vervolgens de gevonden doormeter door het vergrootingscijfer gedeeld wordt; het quotient is dan de doormeter van het voorwerp.

Dit is in het algemeen de weg, dien men volgt bij:

- 1° het gebruik der onderscheiden soorten van *dioptrische* en *katoptrische projectiemiddelen*;
- 2° de aanwending van het *beeldmikroskoop*, en
- 3° het *dubbelzien*.

Al deze handelwijzen vorderen derhalve in de eerste plaats eene naauwkeurige kennis van het vergrootingscijfer, waaromtrent men de in § 206, D. I. gegevene voorschriften kan vergelijken. Alleenlijk herinner ik hier, dat voor het tot dit doel vereischte vergrootingscijfer geen duidelijkheidsafstand hoegenaamd

in aanmerking komt, maar dat slechts de vraag moet worden beantwoord: hoe sterk is de vergrooting van het voorwerp voor eenen zekeren altijd vasten afstand van het vlak, waarop deszelfs beeld geprojecteerd wordt? Deze eerste bepaling moet natuurlijk met groote nauwkeurigheid verrigt worden, en even zoo moet men bij elke volgende bepaling, waarbij men van het gevonden vergrootingscijfer gebruik maakt, zorgvuldig acht geven, dat de aangenomen afstand voor het beeld onveranderlijk dezelfde blijft.

Verders moet men hier vooral ook den invloed in het oog houden, welke de kromming van het beeld (verg. D. I. bl. 554, 585) op de vergrooting uitoefent, en onderzoeken, welk verschil in dit opzigt de onderscheidene gedeelten van het gezigtsveld opleveren; overigens kan men dit verschil geheel onschadelijk maken, door in het oculair eenen ring te leggen, en vóór elke meting het voorwerp zoo te plaatsen, dat deszelfs beeld zich aan de randen van dien ring vertoont.

In de tweede plaats moet de doormeter van het beeld zoo nauwkeurig mogelijk, dat is voor het minst tot in tiende deelen van den millimeter, worden gemeten; het best bedient men zich hiertoe van den reeds D. I. bl. 556 beschreven dubbelen passer, waardoor de maat vervijfvoudigd wordt, terwijl men, bij het gemis van dezen, ook tot andere, aldaar vermelde middelen zijne toevlugt kan nemen.

544. Het is voor het doen van metingen tamelijk onverschillig, aan welk der onderscheidene dioptrische en katoptrische middelen tot het projecteeren der beelden (de verschillende soorten der *camera lucida*, het Sömmeringsche spiegeltje enzv., voor welke beschrijving ik den lezer naar D. I. § 177 en vervolg verwijs) men de voorkeur geeft. Al-

len vorderen echter, dat het mikroskoop óf horizontaal gesteld wordt, óf dat de straalbundels door een regthoekig glasprisma in eene horizontale rigting gebragt worden, daar beelden, die op een vertikaal vlak geprojectieerd worden, bezwaarlijk met de noodige juistheid kunnen gemeten worden, uit hoofde van het gebrek aan ondersteuning der hand. Geschiedt de projectie, zoo als verkieslijk is, op eene lei, dan drage men zorg steeds dezelfde of eene van gelijke dikte hiervoor te bezigen.

Dat men, bij het in acht nemen van alle noodige voorzorgen, door deze middelen zeer naauwkeurige uitkomsten kan verkrijgen, mogen de volgende opgaven van eenige met het Sömmeringsche spiegelkje verrigte metingen bewijzen:

| Voorwerp. | Ver- groo- ting. | Grootste verschil. | Waarschijnlijke fout. | |
|---|------------------------|--------------------------|---|--------------------------|
| | | | der gemidd. uitkomst van 10 metingen. | van elke meting. |
| Bloedschijfje. | 740. | $\frac{1}{1480}$ millim. | $\frac{1}{24100}$ millim. | $\frac{1}{7030}$ millim. |
| 0,05 millim. van eenen glasmikrometer. | 569. | $\frac{1}{520}$ » | $\frac{1}{7812}$ » | $\frac{1}{2730}$ » |

De grootte van de waarschijnlijkste fout is in deze beide gevallen tamelijk uiteenlopend. Dit ontspruit uit twee oorzaken. Vooreerst klimt de naauwkeurigheid der uitkomst naar mate de vergrooting toeneemt. Wel is waar zijn, bij eene 740 malige vergrooting, de omtrekken niet meer zoo scherp als bij eene 569 malige, maar ook worden alle fouten der meting bij de laatstgenoemde nagenoeg dubbel zoo groot als bij de eerste. De tweede omstandigheid, waaraan deze verschillende uitkomst moet worden toegeschreven, is het onderscheid in grootte tusschen de beide gebezigde voorwerpen. Die van het bloedschijfje bedroeg 6,3 *mm*, dat is ongeveer $\frac{1}{8}$ van de als voorwerp gebezigde mikrometerafdeeling; het beeld was dus

in het eerste geval ongeveer 4 malen kleiner dan in het tweede. Hoe kleiner nu het beeld is, des te gemakkelijker worden deszelfs beide grenslijnen op hetzelfde oogenblik door het oog waargenomen, en gevolgelijk is dan ook de meting met den passer des te zekerder. Neemt het beeld daarentegen een grooter gedeelte van het gezichtsveld in, dan wordt het gelijktijdig zien van deszelfs beide randen hoe langer hoe moeilijker, en vermeederen dus ook de kansen om fouten bij de meting te begaan.

In dit opzigt doet derhalve deze handelwijze onder voor het gebruik der schroefmikrometers, waarmede grootere en kleinere voorwerpen met gelijken graad van nauwkeurigheid kunnen gemeten worden. Daarentegen overtreft zij den voorwerptafel-schroefmikrometer voor het meten van zeer kleine voorwerpen, terwijl zij in dit opzigt met den oculair-schroefmikrometer bijna gelijk staat.

545. De verschillende soorten van *beeldmikroskopen* (z. Dl. I. § 150 en vervolg) kunnen alle tot het doen van metingen worden aangewend. Bij hunne gewone inrigting, waarbij een donker gemaakt vertrek wordt gevorderd, is hun gebruik hiertoe echter veel te omslagtig. Anders is het echter gelegen met de draagbare werktuigen van deze soort, bepaaldelijk met dat, hetwelk in fig. 25 is afgebeeld, en waarvan de beschrijving in het volgende hoofdstuk zal gegeven worden. Hier wordt het beeld opgevangen op eene mat geslepen glazen plaat, en aldaar met inachtneming der zoo even (§ 545) opgegeven voorzorgen gemeten.

De volgende uitkomsten van eenige met dien toestel verrigte metingen mogen hier eene plaats vinden.

| Voorwerpen. | Ver- groot- ting. | Grootste ver- schil der uitkomsten. | Waarschijnlijke fout | |
|---|-------------------------|---|---|--------------------------|
| | | | der gemidd. uitkomst van 10 metingen. | van elke meting. |
| Bloedschijfje. | 595. | $\frac{1}{1500}$ millim. | $\frac{1}{24400}$ millim. | $\frac{1}{7840}$ millim. |
| 0,05 millim. van eene glasmikro- meter. | id. | $\frac{1}{840}$ " | $\frac{1}{13900}$ " | $\frac{1}{4400}$ " |

Zij toonen aan, dat men ook op die wijze den doormeter der voorwerpen met groote naauwkeurigheid meten kan, mits men eene tamelijk sterke vergrooting gebruikt, daar het van zelf spreekt, dat, even als bij de vorige methode, de grootte der waarschijnlijke fout toeneemt bij vermindering der vergrooting. Ook de doormeter der voorwerpen oefent hier, gelijk men ziet, eenigen invloed uit, hoewel merkelijk minder, dan bij het gebruik van het Sömmeringsche spiegeltje, hetgeen zijne verklaring daarin vindt, dat hier niet, gelijk daar, grootere beelden met mindere zekerheid kunnen gemeten worden, alleen omdat zij grooter zijn, maar dewijl de door het beeldmikroskoop gevormde beelden in het midden van het veld altijd de scherpste randen bezitten.

564. De laatste mikrometrische methode eindelijk, welke hier moet vermeld worden, is die, waarbij men door het *dubbelzien* de beelden der voorwerpen, welke met het eene oog in het gezichtsveld worden waargenomen, met het andere op de voorwerptafel projiciëert, en aldaar meet. Over het dubbelzien is reeds D. I. § 185 gesproken; hier moeten nog slechts de voorzorgen worden vermeld, welke bij het verrigten van metingen behooren te worden in acht genomen.

1° Gedurende de meting moet de rigting der as van het oog geene verandering ondergaan, en dit dus zoo onbeweeglijk mogelijk worden gehouden.

2° Ten einde de punten van den tot meting gebezigten passer telkens op denzelfden afstand van het oog te houden, moet het zamengestelde mikroskoop voorzien zijn van eene groote voorwerptafel, waarop de punten des passers rusten kunnen. Is de voorwerptafel, zooals bij vele mikroskopen het geval is, te klein, dan kan men haar vergrooten, door tusschen den vedertoestel een stuk behoorlijk vlak kaartenblad te bevestigen. Bij het gebruik van het enkelvoudig mikroskoop, als ook bij een zamengesteld mikroskoop van geringe hoogte, kan de passer worden gehouden op de tafel, waarop het werktuig rust, of wel op het kistje, waarop het is vastgeschroefd.

3° Op de oppervlakte, waarop men het beeld projiciëert, legt men een stuk papier, hetwelk zoo na mogelijk de kleur van het gezichtsveld bezit; hierdoor namelijk wordt de illusie, als of beide oogen het beeld en den metenden passer te gelijker tijd zien, aanmerkelijk bevorderd.

4° Men moet groote zorg dragen, dat de afstand tusschen het vlak, waarop de meting geschiedt, en het oog altijd gelijk blijft. De glasplaatjes, waarop de voorwerpen worden geplaatst, mogen derhalve niet van verschillende dikte zijn, even min als het papier, dat men op de voorwerptafel legt.

Dat men eindelijk bij de bepaling der vergrootingen, en bij het doen der metingen zelve al de reeds vroeger (§ 345) vermelde algemeene voorzorgen moet in acht nemen, behoeft hier niet herhaald te worden.

Ook de uitkomsten van eenige op deze wijze bewerkstelligde metingen zijn aan eene berekening der waarschijnlijke fout onderworpen.

| Voorwerpen. | Ver. grooting. | Grootste verschil. | Waarschijnlijke fout | |
|--|----------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|
| | | | der gemidd. uitkomst van 10 metingen. | van elke meting. |
| Bloedschijfje. | 579. | $\frac{1}{1940}$ mm. | $\frac{1}{27000}$ mm. | $\frac{1}{8330}$ mm. |
| id. | 332. | $\frac{1}{1660}$ " | $\frac{1}{22100}$ " | $\frac{1}{7040}$ " |
| 0,05 millim. van eenen glasmikrometer. | 579. | $\frac{1}{828}$ " | $\frac{1}{13200}$ " | $\frac{1}{4000}$ " |
| id. | 332. | $\frac{1}{550}$ " | $\frac{1}{8850}$ " | $\frac{1}{2800}$ " |
| 0,01 millim. van eenen glasmikrometer. | 910. | $\frac{1}{2280}$ " | $\frac{1}{34500}$ " | $\frac{1}{10700}$ " |
| Onderlinge afstand van twee streepjes op een der kleinste schubbetjes van <i>Lepisma sacharina</i> . | 910. | $\frac{1}{4550}$ " | $\frac{1}{75800}$ " | $\frac{1}{24000}$ " |

Het is blijkbaar, dat ook hier de naauwkeurigheid klimmen moet met de aangewende vergrooting en de kleinheid van het voorwerp, gelijk de bovenstaande getallen dit ook duidelijk genoeg aanwijzen. Uit dezelve volgt tevens, dat deze handelwijze, welke de eenvoudigste is van alle mikrometrische methoden, en bovendien de algemeenst aanwendbare, daar zij zoowel op het enkelvoudig als op het zamengesteld mikropkoop toepasselijk is, zich ook door eene groote naauwkeurigheid aanbeveelt, die zelfs alle overigen, den oculair-schroefmikrometer alleen uitgezonderd, overtreft. Het spreekt echter van zelf, dat deze naauwkeurigheid niet dan na veel oefening kan bereikt worden, doch hij, die zich daardoor in het dubbelzien eene voldoende vaardigheid heeft eigen gemaakt, zal hoogst zelden genoodzaakt zijn eene andere handelwijze aan te wenden. En het is van te meer belang zich deze vaardigheid te verwerven, omdat er geene is, welke met het dubbelzien in spoed der uitvoering kan wedijveren,

iets dat, waar het op het verrigten van een groot aantal metingen aankomt, ten einde gemiddelde grootten te erlangen, van zeer wezenlijk gewigt is.

Tot het doen van 20 metingen aan hetzelfde bloedligchaampje, werden gevorderd, bij het gebruik van:

| | |
|--|--------|
| verschillende schroefmikrometers, 26 tot 50 minuten, | |
| het draagbaar zonmikroskoop, | 18 » |
| » Sömmeringsche spiegelkje, | 16 » |
| » dubbelzien, | 11 » ; |

terwijl het van zelf spreekt, dat, indien grootere voorwerpen gemeten worden, de aanwending van schroefmikrometers nog veel meer tijd kost.

547. Er doet zich bij de keuze eener mikroskopische methode echter nog eene andere vraag op, namelijk: welke is de graad van naauwkeurigheid die in haar, voor eenig bepaald doel, wordt gevorderd? Het spreekt van zelf, dat, indien door eene enkele meting van eenig voorwerp deszelfs doormeter zoo na mogelijk moet gekend worden, alsdan de naauwkeurigste methode onvoorwaardelijk ook de beste is. Zoo b. v. zal men, ter bepaling der betrekkelijke grootte van eene luchtbel en van het beeld van eenig daaronder geplaatst voorwerp, ten einde daaruit den brekingsaanwijzer van het de luchtbel omgevende vocht te berekenen (z. § 522), aan den oculair-schroefmikrometer boven alle andere hulpmiddelen de voorkeur moeten toekennen. Doch bij organische voorwerpen, waar het te doen is om een gemiddeld cijfer, getrokken uit een altijd beperkt getal metingen van verschillende voorwerpen, komt nog iets anders in aanmerking, te weten: de grootte der waarschijnlijke fout, waarmede zulk een gemiddeld cijfer altijd behebt is, en welke in sommige gevallen grooter

kan wezen, dan de waarschijnlijke fout, welke men bij de toepassing van eene zekere mikrometriscche methode begaaf. Om te ontdekken, in hoeverre deze vooronderstelling inderdaad gegrond is, heb ik met den oculair-schroefmikrometer de volgende metingen verrigt, en daaruit de waarschijnlijke fout der gemiddelde uitkomst berekend:

| | Getal der metingen. | Gemiddelde doormeter. | | Waarschijnlijke fout. millim. |
|--|---------------------|-----------------------|-----------------|-------------------------------|
| | | mm. | millim. | |
| Bindweefselvezelen. | 10 | 1,1 | $\frac{1}{909}$ | $\frac{1}{17000}$ |
| Bloedschijfje van eenen man. | 15 | 7,7 | $\frac{1}{130}$ | $\frac{1}{8000}$ |
| Primitiefbundels van den <i>musc. gastrocnemius</i> van een pasgeboren kind. | 20 | 5,8 | $\frac{1}{173}$ | $\frac{1}{4170}$ |
| Primitiefbuizen van den <i>nervus medianus</i> van eenen man. | 15 | 16,6 | $\frac{1}{60}$ | $\frac{1}{980}$ |
| Primitiefbundels van den <i>musc. psoas</i> van eenen volwassen' man. | 21 | 51,6 | $\frac{1}{19}$ | $\frac{1}{500}$ |

Men ziet hieruit dadelijk, dat, naar mate de doormeter der organische elementaire deelen grooter is, ook de waarschijnlijke fout in den regel grooter zal wezen, en dat deze, ten zij het getal der metingen veel aanzienlijker is dan dat der hier verrigte, voor zulke organische voorwerpen, die eenen doormeter van $\frac{1}{60}$ — $\frac{1}{20}$ millim. bezitten, inderdaad zoo groot is, dat zij de waarschijnlijke fout van alle de tot hiertoe beschrevene mikrometriscche methoden te boven gaat. Het is derhalve voor het meten van zoodanige voorwerpen, wat de naauwkeurigheid der uitkomst betreft, geheel onverschillig, aan welke dier methoden men de voorkeur geeft.

Anders is het echter gelegen met de voorwerpen van geringeren doormeter, gelijk de bloedschijfjes, de primitiefvezelen van het bindweefsel, der pezen, der spieren, enzv. Zoodra voorwerpen van eenen zoo geringen doormeter zullen

gemeten worden, wordt de keus veel beperkter, daar noodwendig al zulke methoden moeten worden buitengesloten, waarvan het gebleken is, dat hare waarschijnlijke fout eeningen merkbaren invloed kan hebben op de einduitkomst der meting. Dit is niet alleen het geval met de verschillende wijzen om glasmikrometers tot metingen te bezigen, maar ditzelfde geldt ook van de voorwerptafel-schroefmikrometers, daar hunne waarschijnlijke fout, reeds bij het meten van één en hetzelfde bloedschijfje, meer dan het dubbele bedraagt van de waarschijnlijke fout der gemiddelde uitkomst, afgeleid uit de metingen van een aantal verschillende bloedschijfjes.

Is de doormeter der voorwerpen nog geringer, dan wordt die invloed nog belangrijker, en gevolgelyk moet men in alle zulke gevallen zijne toevlugt nemen tot naauwkeuriger hulpmiddelen, waaronder de oculair-schroefmikrometer, wel is waar, den eersten rang bekleedt, doch door de camera lucida, het Sömmeringsche spiegeltje, het zonnemikroskoop, en vooral het dubbelzien schier geëvenaard wordt.

548. Eindelijk blijkt nog uit de grootte der waarschijnlijke fout, die men begaat bij de bepaling van den gemiddelden doormeter van organische voorwerpen, — welke fout geheel onvermijdelijk is, en slechts dan eenigzins zoude verminderd worden, indien een veel grooter getal metingen tot het vinden der gemiddelde werd aangewend, — dat het geheel noodeloos is, bij de uitdrukking in cijfers van zulke mikrometrische uitkomsten, zekere grenzen te overschrijden. Voor de primitiefbundels der spieren van eenen volwassen man, werd b. v. een gemiddelde doormeter gevonden van 51,6 *mm* met eene waarschijnlijke fout van $\frac{1}{300}$ millim. of 2 *mm*, dat wil zeggen: het is even waarschijnlijk, dat die

doormeter 49,6 als 53,6 *mmm* bedraagt. In zulk een geval is het behoud van de tienduizendste gedeelten van den millimeter in de uitdrukking eene geheel overbodige en alleen schijnbare naauwkeurigheid, en kan men zich veilig tot die in *mmm* bepalen.

Bij het kleinste der in het tafeltje genoemde voorwerpen bedraagt de gemiddelde doormeter 1,1 *mmm*, met eene waarschijnlijke fout van $\frac{1}{17000}$ millim. of 0,06 *mmm*, zoodat dus de grenzen, waartusschen de ware doormeter inderdaad gerekend kan worden bekend te wezen, 1,04 en 1,16 zijn. Hier moeten derhalve ook de tienduizendste deelen van den millimeter in de uitdrukking worden opgenomen, maar tevens kan men veilig aannemen, dat, voor zoover het organische voorwerpen betreft, dit de uiterste grens is, waartoe de naauwkeurigheid in de uitdrukking immer behoeft gedreven te worden; gelijk ik mij dan ook, bij de berekening der volgende tafel, hierbij bepaald heb. De onderdeelen van de lijn zijn echter tot in honderdduizendste, en die der duimen tot in millioenste deelen uitgedrukt, ofschoon in verreweg de meeste gevallen het laatste decimaalcijfer veilig kan worden verwaarloosd.

TAFEL voor de herleiding der mikrometrisehe maten.

| mm. | Millimeter. | Parijsche duim. | Parijsche lijn. | Engelsche duim. | Weener duim. |
|-----|-------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| 0,1 | 0,0001 | $\frac{1}{10000}$ | $\frac{1}{271000}$ | $\frac{1}{22570}$ | $\frac{1}{255000}$ |
| 0,2 | 0,0002 | $\frac{1}{5000}$ | $\frac{1}{135500}$ | $\frac{1}{11280}$ | $\frac{1}{127000}$ |
| 0,3 | 0,0003 | $\frac{1}{3333}$ | $\frac{1}{91000}$ | $\frac{1}{7550}$ | $\frac{1}{85000}$ |
| 0,4 | 0,0004 | $\frac{1}{2500}$ | $\frac{1}{67200}$ | $\frac{1}{5640}$ | $\frac{1}{63500}$ |
| 0,5 | 0,0005 | $\frac{1}{2000}$ | $\frac{1}{54100}$ | $\frac{1}{4500}$ | $\frac{1}{50800}$ |
| 0,6 | 0,0006 | $\frac{1}{1666}$ | $\frac{1}{45000}$ | $\frac{1}{3700}$ | $\frac{1}{42300}$ |
| 0,7 | 0,0007 | $\frac{1}{1429}$ | $\frac{1}{38700}$ | $\frac{1}{3220}$ | $\frac{1}{36300}$ |
| 0,8 | 0,0008 | $\frac{1}{1250}$ | $\frac{1}{33000}$ | $\frac{1}{2820}$ | $\frac{1}{31800}$ |
| 0,9 | 0,0009 | $\frac{1}{1111}$ | $\frac{1}{28200}$ | $\frac{1}{2500}$ | $\frac{1}{28200}$ |
| 1,0 | 0,0010 | $\frac{1}{1000}$ | $\frac{1}{27100}$ | $\frac{1}{2257}$ | $\frac{1}{25500}$ |
| 1,1 | 0,0011 | $\frac{1}{909}$ | $\frac{1}{24000}$ | $\frac{1}{2083}$ | $\frac{1}{23100}$ |
| 1,2 | 0,0012 | $\frac{1}{833}$ | $\frac{1}{22000}$ | $\frac{1}{1880}$ | $\frac{1}{21000}$ |
| 1,3 | 0,0013 | $\frac{1}{769}$ | $\frac{1}{20000}$ | $\frac{1}{1735}$ | $\frac{1}{19500}$ |
| 1,4 | 0,0014 | $\frac{1}{714}$ | $\frac{1}{19000}$ | $\frac{1}{1613}$ | $\frac{1}{18100}$ |
| 1,5 | 0,0015 | $\frac{1}{666}$ | $\frac{1}{18100}$ | $\frac{1}{1513}$ | $\frac{1}{16900}$ |
| 1,6 | 0,0016 | $\frac{1}{625}$ | $\frac{1}{17000}$ | $\frac{1}{1408}$ | $\frac{1}{15900}$ |
| 1,7 | 0,0017 | $\frac{1}{588}$ | $\frac{1}{16000}$ | $\frac{1}{1308}$ | $\frac{1}{14900}$ |
| 1,8 | 0,0018 | $\frac{1}{555}$ | $\frac{1}{15000}$ | $\frac{1}{1210}$ | $\frac{1}{14000}$ |
| 1,9 | 0,0019 | $\frac{1}{526}$ | $\frac{1}{14000}$ | $\frac{1}{1120}$ | $\frac{1}{13100}$ |
| 2,0 | 0,0020 | $\frac{1}{500}$ | $\frac{1}{13000}$ | $\frac{1}{1030}$ | $\frac{1}{12300}$ |
| 2,1 | 0,0021 | $\frac{1}{476}$ | $\frac{1}{12000}$ | $\frac{1}{947}$ | $\frac{1}{11500}$ |
| 2,2 | 0,0022 | $\frac{1}{454}$ | $\frac{1}{11000}$ | $\frac{1}{872}$ | $\frac{1}{10800}$ |
| 2,3 | 0,0023 | $\frac{1}{434}$ | $\frac{1}{10000}$ | $\frac{1}{801}$ | $\frac{1}{10100}$ |
| 2,4 | 0,0024 | $\frac{1}{417}$ | $\frac{1}{9500}$ | $\frac{1}{743}$ | $\frac{1}{9500}$ |
| 2,5 | 0,0025 | $\frac{1}{400}$ | $\frac{1}{9000}$ | $\frac{1}{688}$ | $\frac{1}{9000}$ |
| 2,6 | 0,0026 | $\frac{1}{384}$ | $\frac{1}{8400}$ | $\frac{1}{639}$ | $\frac{1}{8400}$ |
| 2,7 | 0,0027 | $\frac{1}{370}$ | $\frac{1}{8000}$ | $\frac{1}{590}$ | $\frac{1}{7900}$ |
| 2,8 | 0,0028 | $\frac{1}{357}$ | $\frac{1}{7700}$ | $\frac{1}{547}$ | $\frac{1}{7400}$ |
| 2,9 | 0,0029 | $\frac{1}{345}$ | $\frac{1}{7400}$ | $\frac{1}{509}$ | $\frac{1}{7000}$ |
| 3,0 | 0,0030 | $\frac{1}{333}$ | $\frac{1}{7100}$ | $\frac{1}{473}$ | $\frac{1}{6600}$ |
| 3,1 | 0,0031 | $\frac{1}{323}$ | $\frac{1}{6700}$ | $\frac{1}{438}$ | $\frac{1}{6100}$ |
| 3,2 | 0,0032 | $\frac{1}{313}$ | $\frac{1}{6400}$ | $\frac{1}{405}$ | $\frac{1}{5700}$ |
| 3,3 | 0,0033 | $\frac{1}{303}$ | $\frac{1}{6100}$ | $\frac{1}{374}$ | $\frac{1}{5300}$ |
| 3,4 | 0,0034 | $\frac{1}{294}$ | $\frac{1}{5900}$ | $\frac{1}{344}$ | $\frac{1}{5000}$ |
| 3,5 | 0,0035 | $\frac{1}{285}$ | $\frac{1}{5700}$ | $\frac{1}{315}$ | $\frac{1}{4700}$ |
| 3,6 | 0,0036 | $\frac{1}{278}$ | $\frac{1}{5500}$ | $\frac{1}{288}$ | $\frac{1}{4400}$ |
| 3,7 | 0,0037 | $\frac{1}{270}$ | $\frac{1}{5300}$ | $\frac{1}{262}$ | $\frac{1}{4100}$ |
| 3,8 | 0,0038 | $\frac{1}{263}$ | $\frac{1}{5100}$ | $\frac{1}{237}$ | $\frac{1}{3800}$ |
| 3,9 | 0,0039 | $\frac{1}{256}$ | $\frac{1}{4900}$ | $\frac{1}{212}$ | $\frac{1}{3500}$ |

TAFEL voor de herleiding der mikrometrisehe maten.

| mm. | Millimeter. | Parijsche duim. | Parijsche lijn. | Engelsche duim. | Weener duim. |
|-----|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 0,1 | 0,0001 $\frac{1}{10000}$ | 0,000004 $\frac{1}{271000}$ | 0,00004 $\frac{1}{25570}$ | 0,000004 $\frac{1}{255000}$ | 0,000004 $\frac{1}{253300}$ |
| 0,2 | 0,0002 $\frac{1}{5000}$ | 0,000007 $\frac{1}{130000}$ | 0,00009 $\frac{1}{11280}$ | 0,000008 $\frac{1}{127000}$ | 0,000008 $\frac{1}{131730}$ |
| 0,3 | 0,0003 $\frac{1}{3333}$ | 0,000011 $\frac{1}{91000}$ | 0,00015 $\frac{1}{7330}$ | 0,000012 $\frac{1}{85000}$ | 0,000011 $\frac{1}{83200}$ |
| 0,4 | 0,0004 $\frac{1}{2500}$ | 0,000013 $\frac{1}{67900}$ | 0,00018 $\frac{1}{5640}$ | 0,000016 $\frac{1}{63500}$ | 0,000013 $\frac{1}{63700}$ |
| 0,5 | 0,0005 $\frac{1}{2000}$ | 0,000018 $\frac{1}{54100}$ | 0,00022 $\frac{1}{4500}$ | 0,000020 $\frac{1}{50000}$ | 0,000019 $\frac{1}{52700}$ |
| 0,6 | 0,0006 $\frac{1}{1666}$ | 0,000022 $\frac{1}{45000}$ | 0,00027 $\frac{1}{3700}$ | 0,000024 $\frac{1}{42300}$ | 0,000023 $\frac{1}{34900}$ |
| 0,7 | 0,0007 $\frac{1}{1429}$ | 0,000026 $\frac{1}{38700}$ | 0,00031 $\frac{1}{3220}$ | 0,000028 $\frac{1}{36300}$ | 0,000027 $\frac{1}{37000}$ |
| 0,8 | 0,0008 $\frac{1}{1250}$ | 0,000030 $\frac{1}{33900}$ | 0,00033 $\frac{1}{2820}$ | 0,000031 $\frac{1}{31800}$ | 0,000030 $\frac{1}{32900}$ |
| 0,9 | 0,0009 $\frac{1}{1111}$ | 0,000033 $\frac{1}{30200}$ | 0,00040 $\frac{1}{2500}$ | 0,000033 $\frac{1}{28200}$ | 0,000034 $\frac{1}{29300}$ |
| 1,0 | 0,0010 $\frac{1}{1000}$ | 0,000037 $\frac{1}{27100}$ | 0,00044 $\frac{1}{2257}$ | 0,000039 $\frac{1}{25500}$ | 0,000038 $\frac{1}{26550}$ |
| 1,1 | 0,0011 $\frac{1}{909}$ | 0,000041 $\frac{1}{24000}$ | 0,00048 $\frac{1}{2083}$ | 0,000043 $\frac{1}{23100}$ | 0,000042 $\frac{1}{24000}$ |
| 1,2 | 0,0012 $\frac{1}{833}$ | 0,000044 $\frac{1}{22000}$ | 0,00053 $\frac{1}{1880}$ | 0,000047 $\frac{1}{21200}$ | 0,000046 $\frac{1}{21930}$ |
| 1,3 | 0,0013 $\frac{1}{769}$ | 0,000048 $\frac{1}{20900}$ | 0,00057 $\frac{1}{1755}$ | 0,000051 $\frac{1}{19500}$ | 0,000049 $\frac{1}{20200}$ |
| 1,4 | 0,0014 $\frac{1}{714}$ | 0,000052 $\frac{1}{19300}$ | 0,00062 $\frac{1}{1613}$ | 0,000053 $\frac{1}{18100}$ | 0,000053 $\frac{1}{18820}$ |
| 1,5 | 0,0015 $\frac{1}{666}$ | 0,000053 $\frac{1}{18100}$ | 0,00066 $\frac{1}{1513}$ | 0,000059 $\frac{1}{16900}$ | 0,000057 $\frac{1}{17300}$ |
| 1,6 | 0,0016 $\frac{1}{625}$ | 0,000059 $\frac{1}{16900}$ | 0,00070 $\frac{1}{1408}$ | 0,000063 $\frac{1}{15900}$ | 0,000061 $\frac{1}{16400}$ |
| 1,7 | 0,0017 $\frac{1}{588}$ | 0,000063 $\frac{1}{15800}$ | 0,00073 $\frac{1}{1353}$ | 0,000067 $\frac{1}{14900}$ | 0,000063 $\frac{1}{15000}$ |
| 1,8 | 0,0018 $\frac{1}{555}$ | 0,000067 $\frac{1}{14800}$ | 0,00079 $\frac{1}{1260}$ | 0,000071 $\frac{1}{14000}$ | 0,000063 $\frac{1}{14000}$ |
| 1,9 | 0,0019 $\frac{1}{526}$ | 0,000070 $\frac{1}{14200}$ | 0,00084 $\frac{1}{1190}$ | 0,000076 $\frac{1}{13300}$ | 0,000072 $\frac{1}{13700}$ |
| 2,0 | 0,0020 $\frac{1}{500}$ | 0,000074 $\frac{1}{13000}$ | 0,00090 $\frac{1}{1128}$ | 0,000079 $\frac{1}{12700}$ | 0,000076 $\frac{1}{13170}$ |
| 2,1 | 0,0021 $\frac{1}{476}$ | 0,000077 $\frac{1}{12900}$ | 0,00095 $\frac{1}{1074}$ | 0,000085 $\frac{1}{12100}$ | 0,000080 $\frac{1}{12540}$ |
| 2,2 | 0,0022 $\frac{1}{454}$ | 0,000081 $\frac{1}{12300}$ | 0,00098 $\frac{1}{1027}$ | 0,000087 $\frac{1}{11500}$ | 0,000084 $\frac{1}{11900}$ |
| 2,3 | 0,0023 $\frac{1}{434}$ | 0,000085 $\frac{1}{11800}$ | 0,00102 $\frac{1}{981}$ | 0,000090 $\frac{1}{11050}$ | 0,000087 $\frac{1}{11400}$ |
| 2,4 | 0,0024 $\frac{1}{417}$ | 0,000089 $\frac{1}{11300}$ | 0,00106 $\frac{1}{943}$ | 0,000094 $\frac{1}{10590}$ | 0,000091 $\frac{1}{10930}$ |
| 2,5 | 0,0025 $\frac{1}{400}$ | 0,000092 $\frac{1}{10800}$ | 0,00111 $\frac{1}{903}$ | 0,000098 $\frac{1}{10170}$ | 0,000093 $\frac{1}{10540}$ |
| 2,6 | 0,0026 $\frac{1}{384}$ | 0,000096 $\frac{1}{10400}$ | 0,00115 $\frac{1}{869}$ | 0,000102 $\frac{1}{9790}$ | 0,000099 $\frac{1}{10010}$ |
| 2,7 | 0,0027 $\frac{1}{370}$ | 0,000100 $\frac{1}{10000}$ | 0,00120 $\frac{1}{830}$ | 0,000106 $\frac{1}{9440}$ | 0,000103 $\frac{1}{9700}$ |
| 2,8 | 0,0028 $\frac{1}{357}$ | 0,000103 $\frac{1}{9700}$ | 0,00124 $\frac{1}{807}$ | 0,000110 $\frac{1}{9080}$ | 0,000106 $\frac{1}{9390}$ |
| 2,9 | 0,0029 $\frac{1}{345}$ | 0,000107 $\frac{1}{9400}$ | 0,00128 $\frac{1}{779}$ | 0,000114 $\frac{1}{8790}$ | 0,000110 $\frac{1}{9080}$ |
| 3,0 | 0,0030 $\frac{1}{333}$ | 0,000110 $\frac{1}{9100}$ | 0,00133 $\frac{1}{753}$ | 0,000118 $\frac{1}{8500}$ | 0,000114 $\frac{1}{8820}$ |
| 3,1 | 0,0031 $\frac{1}{323}$ | 0,000114 $\frac{1}{8700}$ | 0,00137 $\frac{1}{728}$ | 0,000122 $\frac{1}{8190}$ | 0,000118 $\frac{1}{8490}$ |
| 3,2 | 0,0032 $\frac{1}{313}$ | 0,000118 $\frac{1}{8470}$ | 0,00142 $\frac{1}{703}$ | 0,000126 $\frac{1}{7980}$ | 0,000122 $\frac{1}{8230}$ |
| 3,3 | 0,0033 $\frac{1}{303}$ | 0,000122 $\frac{1}{8210}$ | 0,00146 $\frac{1}{684}$ | 0,000130 $\frac{1}{7770}$ | 0,000123 $\frac{1}{7930}$ |
| 3,4 | 0,0034 $\frac{1}{294}$ | 0,000123 $\frac{1}{7970}$ | 0,00151 $\frac{1}{664}$ | 0,000134 $\frac{1}{7510}$ | 0,000129 $\frac{1}{7730}$ |
| 3,5 | 0,0033 $\frac{1}{280}$ | 0,000129 $\frac{1}{7740}$ | 0,00153 $\frac{1}{643}$ | 0,000138 $\frac{1}{7250}$ | 0,000135 $\frac{1}{7520}$ |
| 3,6 | 0,0036 $\frac{1}{278}$ | 0,000133 $\frac{1}{7530}$ | 0,00159 $\frac{1}{620}$ | 0,000142 $\frac{1}{7000}$ | 0,000137 $\frac{1}{7320}$ |
| 3,7 | 0,0037 $\frac{1}{270}$ | 0,000137 $\frac{1}{7320}$ | 0,00164 $\frac{1}{607}$ | 0,000146 $\frac{1}{6870}$ | 0,000141 $\frac{1}{7120}$ |
| 3,8 | 0,0038 $\frac{1}{263}$ | 0,000140 $\frac{1}{7130}$ | 0,00168 $\frac{1}{594}$ | 0,000150 $\frac{1}{6700}$ | 0,000144 $\frac{1}{6930}$ |
| 3,9 | 0,0039 $\frac{1}{256}$ | 0,000144 $\frac{1}{6940}$ | 0,00173 $\frac{1}{579}$ | 0,000154 $\frac{1}{6530}$ | 0,000148 $\frac{1}{6730}$ |

| mm. | Millimeter. | Parijsche duim. | Parijsche lijn. | Engelsche duim. | Weener duim. | | | | | |
|-----|-------------|-----------------|-----------------|------------------|--------------|-----------------|----------|------------------|----------|------------------|
| 4,0 | 0,0040 | $\frac{1}{250}$ | 0,000148 | $\frac{1}{6750}$ | 0,00177 | $\frac{1}{564}$ | 0,000138 | $\frac{1}{7250}$ | 0,000152 | $\frac{1}{6570}$ |
| 4,1 | 0,0041 | $\frac{1}{244}$ | 0,000151 | $\frac{1}{6610}$ | 0,00182 | $\frac{1}{551}$ | 0,000161 | $\frac{1}{6190}$ | 0,000156 | $\frac{1}{6430}$ |
| 4,2 | 0,0042 | $\frac{1}{239}$ | 0,000155 | $\frac{1}{6460}$ | 0,00186 | $\frac{1}{537}$ | 0,000165 | $\frac{1}{6050}$ | 0,000159 | $\frac{1}{6270}$ |
| 4,5 | 0,0045 | $\frac{1}{223}$ | 0,000159 | $\frac{1}{6300}$ | 0,00191 | $\frac{1}{523}$ | 0,000169 | $\frac{1}{5910}$ | 0,000163 | $\frac{1}{6120}$ |
| 4,4 | 0,0044 | $\frac{1}{228}$ | 0,000162 | $\frac{1}{6160}$ | 0,00195 | $\frac{1}{513}$ | 0,000173 | $\frac{1}{5770}$ | 0,000167 | $\frac{1}{5980}$ |
| 4,5 | 0,0045 | $\frac{1}{222}$ | 0,000166 | $\frac{1}{6020}$ | 0,00199 | $\frac{1}{502}$ | 0,000177 | $\frac{1}{5640}$ | 0,000171 | $\frac{1}{5850}$ |
| 4,6 | 0,0046 | $\frac{1}{217}$ | 0,000170 | $\frac{1}{5880}$ | 0,00204 | $\frac{1}{491}$ | 0,000181 | $\frac{1}{5520}$ | 0,000175 | $\frac{1}{5730}$ |
| 4,7 | 0,0047 | $\frac{1}{213}$ | 0,000173 | $\frac{1}{5760}$ | 0,00208 | $\frac{1}{480}$ | 0,000185 | $\frac{1}{5400}$ | 0,000178 | $\frac{1}{5610}$ |
| 4,8 | 0,0048 | $\frac{1}{209}$ | 0,000177 | $\frac{1}{5650}$ | 0,00215 | $\frac{1}{470}$ | 0,000189 | $\frac{1}{5290}$ | 0,000182 | $\frac{1}{5490}$ |
| 4,9 | 0,0049 | $\frac{1}{204}$ | 0,000181 | $\frac{1}{5520}$ | 0,00217 | $\frac{1}{460}$ | 0,000193 | $\frac{1}{5180}$ | 0,000186 | $\frac{1}{5380}$ |
| 5,0 | 0,0050 | $\frac{1}{200}$ | 0,000185 | $\frac{1}{5410}$ | 0,00222 | $\frac{1}{450}$ | 0,000197 | $\frac{1}{5080}$ | 0,000190 | $\frac{1}{5270}$ |
| 5,1 | 0,0051 | $\frac{1}{196}$ | 0,000188 | $\frac{1}{5310}$ | 0,00226 | $\frac{1}{442}$ | 0,000201 | $\frac{1}{4980}$ | 0,000194 | $\frac{1}{5170}$ |
| 5,2 | 0,0052 | $\frac{1}{192}$ | 0,000192 | $\frac{1}{5200}$ | 0,00231 | $\frac{1}{434}$ | 0,000205 | $\frac{1}{4890}$ | 0,000197 | $\frac{1}{5070}$ |
| 5,5 | 0,0055 | $\frac{1}{183}$ | 0,000196 | $\frac{1}{5110}$ | 0,00235 | $\frac{1}{427}$ | 0,000209 | $\frac{1}{4800}$ | 0,000201 | $\frac{1}{4970}$ |
| 5,4 | 0,0054 | $\frac{1}{185}$ | 0,000200 | $\frac{1}{5000}$ | 0,00239 | $\frac{1}{419}$ | 0,000215 | $\frac{1}{4710}$ | 0,000205 | $\frac{1}{4880}$ |
| 5,5 | 0,0055 | $\frac{1}{182}$ | 0,000205 | $\frac{1}{4920}$ | 0,00244 | $\frac{1}{411}$ | 0,000217 | $\frac{1}{4620}$ | 0,000209 | $\frac{1}{4780}$ |
| 5,6 | 0,0056 | $\frac{1}{179}$ | 0,000207 | $\frac{1}{4830}$ | 0,00248 | $\frac{1}{403}$ | 0,000221 | $\frac{1}{4540}$ | 0,000215 | $\frac{1}{4710}$ |
| 5,7 | 0,0057 | $\frac{1}{176}$ | 0,000211 | $\frac{1}{4750}$ | 0,00255 | $\frac{1}{395}$ | 0,000225 | $\frac{1}{4460}$ | 0,000216 | $\frac{1}{4620}$ |
| 5,8 | 0,0058 | $\frac{1}{172}$ | 0,000214 | $\frac{1}{4670}$ | 0,00257 | $\frac{1}{387}$ | 0,000228 | $\frac{1}{4380}$ | 0,000220 | $\frac{1}{4540}$ |
| 5,9 | 0,0059 | $\frac{1}{169}$ | 0,000218 | $\frac{1}{4590}$ | 0,00262 | $\frac{1}{379}$ | 0,000232 | $\frac{1}{4300}$ | 0,000224 | $\frac{1}{4460}$ |
| 6,0 | 0,0060 | $\frac{1}{166}$ | 0,000222 | $\frac{1}{4510}$ | 0,00266 | $\frac{1}{371}$ | 0,000236 | $\frac{1}{4220}$ | 0,000228 | $\frac{1}{4380}$ |
| 6,1 | 0,0061 | $\frac{1}{164}$ | 0,000225 | $\frac{1}{4440}$ | 0,00270 | $\frac{1}{363}$ | 0,000240 | $\frac{1}{4140}$ | 0,000232 | $\frac{1}{4300}$ |
| 6,2 | 0,0062 | $\frac{1}{161}$ | 0,000229 | $\frac{1}{4370}$ | 0,00275 | $\frac{1}{354}$ | 0,000244 | $\frac{1}{4060}$ | 0,000235 | $\frac{1}{4230}$ |
| 6,5 | 0,0065 | $\frac{1}{153}$ | 0,000255 | $\frac{1}{4300}$ | 0,00279 | $\frac{1}{353}$ | 0,000248 | $\frac{1}{4030}$ | 0,000239 | $\frac{1}{4180}$ |
| 6,4 | 0,0064 | $\frac{1}{155}$ | 0,000256 | $\frac{1}{4230}$ | 0,00284 | $\frac{1}{352}$ | 0,000252 | $\frac{1}{3970}$ | 0,000245 | $\frac{1}{4110}$ |
| 6,5 | 0,0065 | $\frac{1}{154}$ | 0,000240 | $\frac{1}{4160}$ | 0,00288 | $\frac{1}{347}$ | 0,000256 | $\frac{1}{3910}$ | 0,000247 | $\frac{1}{4050}$ |
| 6,6 | 0,0066 | $\frac{1}{151}$ | 0,000244 | $\frac{1}{4100}$ | 0,00292 | $\frac{1}{342}$ | 0,000260 | $\frac{1}{3850}$ | 0,000251 | $\frac{1}{3990}$ |
| 6,7 | 0,0067 | $\frac{1}{149}$ | 0,000247 | $\frac{1}{4040}$ | 0,00297 | $\frac{1}{337}$ | 0,000264 | $\frac{1}{3790}$ | 0,000254 | $\frac{1}{3930}$ |
| 6,8 | 0,0068 | $\frac{1}{147}$ | 0,000251 | $\frac{1}{3990}$ | 0,00301 | $\frac{1}{332}$ | 0,000268 | $\frac{1}{3730}$ | 0,000258 | $\frac{1}{3880}$ |
| 6,9 | 0,0069 | $\frac{1}{145}$ | 0,000255 | $\frac{1}{3950}$ | 0,00306 | $\frac{1}{327}$ | 0,000272 | $\frac{1}{3680}$ | 0,000262 | $\frac{1}{3790}$ |
| 7,0 | 0,0070 | $\frac{1}{143}$ | 0,000258 | $\frac{1}{3870}$ | 0,00310 | $\frac{1}{322}$ | 0,000276 | $\frac{1}{3630}$ | 0,000266 | $\frac{1}{3760}$ |
| 7,1 | 0,0071 | $\frac{1}{141}$ | 0,000262 | $\frac{1}{3820}$ | 0,00314 | $\frac{1}{318}$ | 0,000280 | $\frac{1}{3570}$ | 0,000270 | $\frac{1}{3710}$ |
| 7,2 | 0,0072 | $\frac{1}{139}$ | 0,000266 | $\frac{1}{3760}$ | 0,00319 | $\frac{1}{314}$ | 0,000284 | $\frac{1}{3520}$ | 0,000275 | $\frac{1}{3660}$ |
| 7,5 | 0,0075 | $\frac{1}{137}$ | 0,000270 | $\frac{1}{3700}$ | 0,00325 | $\frac{1}{310}$ | 0,000287 | $\frac{1}{3470}$ | 0,000277 | $\frac{1}{3610}$ |
| 7,4 | 0,0074 | $\frac{1}{135}$ | 0,000275 | $\frac{1}{3650}$ | 0,00328 | $\frac{1}{306}$ | 0,000291 | $\frac{1}{3430}$ | 0,000281 | $\frac{1}{3560}$ |
| 7,5 | 0,0075 | $\frac{1}{133}$ | 0,000277 | $\frac{1}{3610}$ | 0,00332 | $\frac{1}{302}$ | 0,000295 | $\frac{1}{3380}$ | 0,000285 | $\frac{1}{3510}$ |
| 7,6 | 0,0076 | $\frac{1}{132}$ | 0,000281 | $\frac{1}{3560}$ | 0,00337 | $\frac{1}{298}$ | 0,000299 | $\frac{1}{3340}$ | 0,000289 | $\frac{1}{3460}$ |
| 7,7 | 0,0077 | $\frac{1}{130}$ | 0,000284 | $\frac{1}{3520}$ | 0,00341 | $\frac{1}{293}$ | 0,000303 | $\frac{1}{3300}$ | 0,000292 | $\frac{1}{3420}$ |
| 7,8 | 0,0078 | $\frac{1}{128}$ | 0,000288 | $\frac{1}{3470}$ | 0,00345 | $\frac{1}{289}$ | 0,000307 | $\frac{1}{3260}$ | 0,000296 | $\frac{1}{3370}$ |
| 7,9 | 0,0079 | $\frac{1}{127}$ | 0,000292 | $\frac{1}{3430}$ | 0,00350 | $\frac{1}{285}$ | 0,000311 | $\frac{1}{3220}$ | 0,000300 | $\frac{1}{3330}$ |
| 8,0 | 0,0080 | $\frac{1}{125}$ | 0,000296 | $\frac{1}{3390}$ | 0,00355 | $\frac{1}{282}$ | 0,000315 | $\frac{1}{3180}$ | 0,000304 | $\frac{1}{3290}$ |

| mm. | Millimeter. | Parijsche duim. | Parijsche lijn. | Engelsche duim. | Weener duim. | |
|-----|-------------|-----------------|-----------------|------------------|--------------|------------------|
| 4,0 | 0,0040 | $\frac{1}{250}$ | 0,000148 | $\frac{1}{6790}$ | 0,000158 | $\frac{1}{6350}$ |
| 4,1 | 0,0041 | $\frac{1}{244}$ | 0,000151 | $\frac{1}{6640}$ | 0,000161 | $\frac{1}{6250}$ |
| 4,2 | 0,0042 | $\frac{1}{238}$ | 0,000155 | $\frac{1}{6490}$ | 0,000165 | $\frac{1}{6150}$ |
| 4,3 | 0,0043 | $\frac{1}{233}$ | 0,000159 | $\frac{1}{6340}$ | 0,000169 | $\frac{1}{6050}$ |
| 4,4 | 0,0044 | $\frac{1}{228}$ | 0,000162 | $\frac{1}{6190}$ | 0,000173 | $\frac{1}{5950}$ |
| 4,5 | 0,0045 | $\frac{1}{222}$ | 0,000166 | $\frac{1}{6040}$ | 0,000177 | $\frac{1}{5850}$ |
| 4,6 | 0,0046 | $\frac{1}{217}$ | 0,000170 | $\frac{1}{5890}$ | 0,000181 | $\frac{1}{5750}$ |
| 4,7 | 0,0047 | $\frac{1}{213}$ | 0,000173 | $\frac{1}{5740}$ | 0,000185 | $\frac{1}{5650}$ |
| 4,8 | 0,0048 | $\frac{1}{209}$ | 0,000177 | $\frac{1}{5590}$ | 0,000189 | $\frac{1}{5550}$ |
| 4,9 | 0,0049 | $\frac{1}{204}$ | 0,000181 | $\frac{1}{5440}$ | 0,000193 | $\frac{1}{5450}$ |
| 5,0 | 0,0050 | $\frac{1}{200}$ | 0,000185 | $\frac{1}{5290}$ | 0,000197 | $\frac{1}{5350}$ |
| 5,1 | 0,0051 | $\frac{1}{195}$ | 0,000188 | $\frac{1}{5140}$ | 0,000201 | $\frac{1}{5250}$ |
| 5,2 | 0,0052 | $\frac{1}{192}$ | 0,000192 | $\frac{1}{4990}$ | 0,000205 | $\frac{1}{5150}$ |
| 5,3 | 0,0053 | $\frac{1}{189}$ | 0,000196 | $\frac{1}{4840}$ | 0,000209 | $\frac{1}{5050}$ |
| 5,4 | 0,0054 | $\frac{1}{185}$ | 0,000200 | $\frac{1}{4690}$ | 0,000213 | $\frac{1}{4950}$ |
| 5,5 | 0,0055 | $\frac{1}{182}$ | 0,000205 | $\frac{1}{4540}$ | 0,000217 | $\frac{1}{4850}$ |
| 5,6 | 0,0056 | $\frac{1}{179}$ | 0,000207 | $\frac{1}{4390}$ | 0,000221 | $\frac{1}{4750}$ |
| 5,7 | 0,0057 | $\frac{1}{176}$ | 0,000211 | $\frac{1}{4240}$ | 0,000225 | $\frac{1}{4650}$ |
| 5,8 | 0,0058 | $\frac{1}{172}$ | 0,000214 | $\frac{1}{4090}$ | 0,000228 | $\frac{1}{4550}$ |
| 5,9 | 0,0059 | $\frac{1}{169}$ | 0,000218 | $\frac{1}{3940}$ | 0,000232 | $\frac{1}{4450}$ |
| 6,0 | 0,0060 | $\frac{1}{165}$ | 0,000222 | $\frac{1}{3790}$ | 0,000236 | $\frac{1}{4350}$ |
| 6,1 | 0,0061 | $\frac{1}{162}$ | 0,000225 | $\frac{1}{3640}$ | 0,000240 | $\frac{1}{4250}$ |
| 6,2 | 0,0062 | $\frac{1}{159}$ | 0,000229 | $\frac{1}{3490}$ | 0,000244 | $\frac{1}{4150}$ |
| 6,3 | 0,0063 | $\frac{1}{155}$ | 0,000233 | $\frac{1}{3340}$ | 0,000248 | $\frac{1}{4050}$ |
| 6,4 | 0,0064 | $\frac{1}{152}$ | 0,000236 | $\frac{1}{3190}$ | 0,000252 | $\frac{1}{3950}$ |
| 6,5 | 0,0065 | $\frac{1}{149}$ | 0,000240 | $\frac{1}{3040}$ | 0,000256 | $\frac{1}{3850}$ |
| 6,6 | 0,0066 | $\frac{1}{145}$ | 0,000244 | $\frac{1}{2890}$ | 0,000260 | $\frac{1}{3750}$ |
| 6,7 | 0,0067 | $\frac{1}{142}$ | 0,000247 | $\frac{1}{2740}$ | 0,000264 | $\frac{1}{3650}$ |
| 6,8 | 0,0068 | $\frac{1}{139}$ | 0,000251 | $\frac{1}{2590}$ | 0,000268 | $\frac{1}{3550}$ |
| 6,9 | 0,0069 | $\frac{1}{135}$ | 0,000255 | $\frac{1}{2440}$ | 0,000272 | $\frac{1}{3450}$ |
| 7,0 | 0,0070 | $\frac{1}{132}$ | 0,000258 | $\frac{1}{2290}$ | 0,000276 | $\frac{1}{3350}$ |
| 7,1 | 0,0071 | $\frac{1}{129}$ | 0,000262 | $\frac{1}{2140}$ | 0,000280 | $\frac{1}{3250}$ |
| 7,2 | 0,0072 | $\frac{1}{125}$ | 0,000266 | $\frac{1}{1990}$ | 0,000284 | $\frac{1}{3150}$ |
| 7,3 | 0,0073 | $\frac{1}{122}$ | 0,000270 | $\frac{1}{1840}$ | 0,000288 | $\frac{1}{3050}$ |
| 7,4 | 0,0074 | $\frac{1}{119}$ | 0,000275 | $\frac{1}{1690}$ | 0,000291 | $\frac{1}{2950}$ |
| 7,5 | 0,0075 | $\frac{1}{115}$ | 0,000277 | $\frac{1}{1540}$ | 0,000295 | $\frac{1}{2850}$ |
| 7,6 | 0,0076 | $\frac{1}{112}$ | 0,000281 | $\frac{1}{1390}$ | 0,000299 | $\frac{1}{2750}$ |
| 7,7 | 0,0077 | $\frac{1}{109}$ | 0,000284 | $\frac{1}{1240}$ | 0,000303 | $\frac{1}{2650}$ |
| 7,8 | 0,0078 | $\frac{1}{105}$ | 0,000288 | $\frac{1}{1090}$ | 0,000307 | $\frac{1}{2550}$ |
| 7,9 | 0,0079 | $\frac{1}{102}$ | 0,000292 | $\frac{1}{940}$ | 0,000311 | $\frac{1}{2450}$ |
| 8,0 | 0,0080 | $\frac{1}{99}$ | 0,000296 | $\frac{1}{790}$ | 0,000315 | $\frac{1}{2350}$ |

| mm. | Millimeter. | Parijsche duim. | Parijsche lijn. | Engelsche duim. | Weener duim. | | | | | |
|------|-------------|-----------------|-----------------|------------------|--------------|-----------------|----------|------------------|----------|------------------|
| 8,1 | 0,0081 | $\frac{1}{123}$ | 0,000299 | $\frac{1}{3340}$ | 0,00359 | $\frac{1}{279}$ | 0,000519 | $\frac{1}{3140}$ | 0,000508 | $\frac{1}{3230}$ |
| 8,2 | 0,0082 | $\frac{1}{122}$ | 0,000305 | $\frac{1}{3300}$ | 0,00365 | $\frac{1}{274}$ | 0,000525 | $\frac{1}{3100}$ | 0,000511 | $\frac{1}{3210}$ |
| 8,5 | 0,0085 | $\frac{1}{120}$ | 0,000307 | $\frac{1}{3280}$ | 0,00368 | $\frac{1}{270}$ | 0,000527 | $\frac{1}{3080}$ | 0,000515 | $\frac{1}{3170}$ |
| 8,4 | 0,0084 | $\frac{1}{119}$ | 0,000510 | $\frac{1}{3220}$ | 0,00372 | $\frac{1}{267}$ | 0,000551 | $\frac{1}{3020}$ | 0,000519 | $\frac{1}{3140}$ |
| 8,5 | 0,0085 | $\frac{1}{118}$ | 0,000514 | $\frac{1}{3180}$ | 0,00377 | $\frac{1}{265}$ | 0,000555 | $\frac{1}{2980}$ | 0,000525 | $\frac{1}{3100}$ |
| 8,6 | 0,0086 | $\frac{1}{116}$ | 0,000518 | $\frac{1}{3150}$ | 0,00381 | $\frac{1}{262}$ | 0,000559 | $\frac{1}{2950}$ | 0,000527 | $\frac{1}{3080}$ |
| 8,7 | 0,0087 | $\frac{1}{115}$ | 0,000521 | $\frac{1}{3110}$ | 0,00386 | $\frac{1}{259}$ | 0,000542 | $\frac{1}{2920}$ | 0,000530 | $\frac{1}{3050}$ |
| 8,8 | 0,0088 | $\frac{1}{114}$ | 0,000525 | $\frac{1}{3080}$ | 0,00390 | $\frac{1}{256}$ | 0,000546 | $\frac{1}{2880}$ | 0,000534 | $\frac{1}{2990}$ |
| 8,9 | 0,0089 | $\frac{1}{112}$ | 0,000529 | $\frac{1}{3050}$ | 0,00395 | $\frac{1}{253}$ | 0,000550 | $\frac{1}{2850}$ | 0,000538 | $\frac{1}{2960}$ |
| 9,0 | 0,0090 | $\frac{1}{111}$ | 0,000533 | $\frac{1}{3010}$ | 0,00399 | $\frac{1}{250}$ | 0,000554 | $\frac{1}{2820}$ | 0,000542 | $\frac{1}{2930}$ |
| 9,1 | 0,0091 | $\frac{1}{110}$ | 0,000536 | $\frac{1}{2980}$ | 0,00405 | $\frac{1}{248}$ | 0,000558 | $\frac{1}{2790}$ | 0,000545 | $\frac{1}{2900}$ |
| 9,2 | 0,0092 | $\frac{1}{109}$ | 0,000540 | $\frac{1}{2950}$ | 0,00408 | $\frac{1}{245}$ | 0,000562 | $\frac{1}{2760}$ | 0,000549 | $\frac{1}{2880}$ |
| 9,3 | 0,0095 | $\frac{1}{108}$ | 0,000544 | $\frac{1}{2910}$ | 0,00412 | $\frac{1}{242}$ | 0,000566 | $\frac{1}{2730}$ | 0,000555 | $\frac{1}{2850}$ |
| 9,4 | 0,0094 | $\frac{1}{107}$ | 0,000547 | $\frac{1}{2880}$ | 0,00417 | $\frac{1}{240}$ | 0,000570 | $\frac{1}{2700}$ | 0,000557 | $\frac{1}{2830}$ |
| 9,5 | 0,0095 | $\frac{1}{105}$ | 0,000551 | $\frac{1}{2850}$ | 0,00421 | $\frac{1}{237}$ | 0,000574 | $\frac{1}{2670}$ | 0,000561 | $\frac{1}{2800}$ |
| 9,6 | 0,0096 | $\frac{1}{104}$ | 0,000554 | $\frac{1}{2820}$ | 0,00425 | $\frac{1}{235}$ | 0,000578 | $\frac{1}{2640}$ | 0,000564 | $\frac{1}{2770}$ |
| 9,7 | 0,0097 | $\frac{1}{103}$ | 0,000558 | $\frac{1}{2790}$ | 0,00450 | $\frac{1}{233}$ | 0,000582 | $\frac{1}{2620}$ | 0,000568 | $\frac{1}{2740}$ |
| 9,8 | 0,0098 | $\frac{1}{102}$ | 0,000562 | $\frac{1}{2760}$ | 0,00454 | $\frac{1}{230}$ | 0,000586 | $\frac{1}{2590}$ | 0,000572 | $\frac{1}{2710}$ |
| 9,9 | 0,0099 | $\frac{1}{101}$ | 0,000566 | $\frac{1}{2730}$ | 0,00459 | $\frac{1}{228}$ | 0,000590 | $\frac{1}{2570}$ | 0,000576 | $\frac{1}{2680}$ |
| 10,0 | 0,0100 | $\frac{1}{100}$ | 0,000569 | $\frac{1}{2700}$ | 0,00462 | $\frac{1}{226}$ | 0,000594 | $\frac{1}{2550}$ | 0,000580 | $\frac{1}{2650}$ |
| 10,1 | 0,0101 | $\frac{1}{99}$ | 0,000573 | $\frac{1}{2670}$ | 0,00466 | $\frac{1}{224}$ | 0,000598 | $\frac{1}{2530}$ | 0,000584 | $\frac{1}{2630}$ |
| 10,2 | 0,0102 | $\frac{1}{98}$ | 0,000577 | $\frac{1}{2640}$ | 0,00470 | $\frac{1}{222}$ | 0,000602 | $\frac{1}{2510}$ | 0,000588 | $\frac{1}{2610}$ |
| 10,4 | 0,0104 | $\frac{1}{96}$ | 0,000584 | $\frac{1}{2610}$ | 0,00461 | $\frac{1}{219}$ | 0,000410 | $\frac{1}{2480}$ | 0,000595 | $\frac{1}{2580}$ |
| 10,6 | 0,0106 | $\frac{1}{94}$ | 0,000591 | $\frac{1}{2580}$ | 0,00470 | $\frac{1}{215}$ | 0,000418 | $\frac{1}{2410}$ | 0,000405 | $\frac{1}{2480}$ |
| 10,8 | 0,0108 | $\frac{1}{92}$ | 0,000597 | $\frac{1}{2510}$ | 0,00479 | $\frac{1}{212}$ | 0,000426 | $\frac{1}{2360}$ | 0,000411 | $\frac{1}{2440}$ |
| 11,0 | 0,0110 | $\frac{1}{91}$ | 0,000406 | $\frac{1}{2480}$ | 0,00487 | $\frac{1}{208}$ | 0,000435 | $\frac{1}{2310}$ | 0,000418 | $\frac{1}{2400}$ |
| 11,2 | 0,0112 | $\frac{1}{89}$ | 0,000415 | $\frac{1}{2420}$ | 0,00496 | $\frac{1}{204}$ | 0,000441 | $\frac{1}{2270}$ | 0,000426 | $\frac{1}{2350}$ |
| 11,4 | 0,0114 | $\frac{1}{87}$ | 0,000421 | $\frac{1}{2380}$ | 0,00505 | $\frac{1}{200}$ | 0,000449 | $\frac{1}{2230}$ | 0,000435 | $\frac{1}{2310}$ |
| 11,6 | 0,0116 | $\frac{1}{85}$ | 0,000428 | $\frac{1}{2340}$ | 0,00514 | $\frac{1}{196}$ | 0,000457 | $\frac{1}{2200}$ | 0,000441 | $\frac{1}{2280}$ |
| 11,8 | 0,0118 | $\frac{1}{84}$ | 0,000436 | $\frac{1}{2300}$ | 0,00525 | $\frac{1}{192}$ | 0,000465 | $\frac{1}{2160}$ | 0,000449 | $\frac{1}{2250}$ |
| 12,0 | 0,0120 | $\frac{1}{83}$ | 0,000445 | $\frac{1}{2260}$ | 0,00532 | $\frac{1}{188}$ | 0,000475 | $\frac{1}{2120}$ | 0,000456 | $\frac{1}{2210}$ |
| 12,2 | 0,0122 | $\frac{1}{82}$ | 0,000450 | $\frac{1}{2220}$ | 0,00540 | $\frac{1}{184}$ | 0,000481 | $\frac{1}{2080}$ | 0,000464 | $\frac{1}{2170}$ |
| 12,4 | 0,0124 | $\frac{1}{80}$ | 0,000458 | $\frac{1}{2180}$ | 0,00548 | $\frac{1}{181}$ | 0,000489 | $\frac{1}{2050}$ | 0,000472 | $\frac{1}{2130}$ |
| 12,6 | 0,0126 | $\frac{1}{79}$ | 0,000465 | $\frac{1}{2150}$ | 0,00557 | $\frac{1}{177}$ | 0,000498 | $\frac{1}{2020}$ | 0,000480 | $\frac{1}{2090}$ |
| 12,8 | 0,0128 | $\frac{1}{78}$ | 0,000473 | $\frac{1}{2120}$ | 0,00566 | $\frac{1}{177}$ | 0,000505 | $\frac{1}{1970}$ | 0,000487 | $\frac{1}{2050}$ |
| 13,0 | 0,0130 | $\frac{1}{77}$ | 0,000480 | $\frac{1}{2090}$ | 0,00574 | $\frac{1}{175}$ | 0,000512 | $\frac{1}{1950}$ | 0,000494 | $\frac{1}{2020}$ |
| 13,2 | 0,0132 | $\frac{1}{76}$ | 0,000487 | $\frac{1}{2050}$ | 0,00585 | $\frac{1}{172}$ | 0,000520 | $\frac{1}{1920}$ | 0,000502 | $\frac{1}{1990}$ |
| 13,4 | 0,0134 | $\frac{1}{75}$ | 0,000495 | $\frac{1}{2030}$ | 0,00591 | $\frac{1}{169}$ | 0,000528 | $\frac{1}{1890}$ | 0,000510 | $\frac{1}{1960}$ |
| 13,6 | 0,0136 | $\frac{1}{73}$ | 0,000502 | $\frac{1}{2000}$ | 0,00600 | $\frac{1}{166}$ | 0,000536 | $\frac{1}{1860}$ | 0,000517 | $\frac{1}{1930}$ |
| 13,8 | 0,0138 | $\frac{1}{72}$ | 0,000509 | $\frac{1}{1970}$ | 0,00608 | $\frac{1}{163}$ | 0,000544 | $\frac{1}{1830}$ | 0,000524 | $\frac{1}{1900}$ |
| 14,0 | 0,0140 | $\frac{1}{71}$ | 0,000517 | $\frac{1}{1950}$ | 0,00616 | $\frac{1}{161}$ | 0,000552 | $\frac{1}{1810}$ | 0,000531 | $\frac{1}{1880}$ |
| 14,2 | 0,0142 | $\frac{1}{70}$ | 0,000524 | $\frac{1}{1900}$ | 0,00625 | $\frac{1}{159}$ | 0,000560 | $\frac{1}{1780}$ | 0,000539 | $\frac{1}{1850}$ |

| mm. | Millimeter. | Parijsche duim. | Parijsche lijn. | Engelsche duim. | Weener duim. | | | |
|------|-------------|-----------------|-----------------|------------------|--------------|------------------|----------|------------------|
| 8,1 | 0,0081 | $\frac{1}{123}$ | 0,000299 | $\frac{1}{3340}$ | 0,00519 | $\frac{1}{3140}$ | 0,000508 | $\frac{1}{3250}$ |
| 8,2 | 0,0082 | $\frac{1}{122}$ | 0,000505 | $\frac{1}{3300}$ | 0,00565 | $\frac{1}{274}$ | 0,000511 | $\frac{1}{3210}$ |
| 8,5 | 0,0085 | $\frac{1}{120}$ | 0,000507 | $\frac{1}{3200}$ | 0,00568 | $\frac{1}{270}$ | 0,000515 | $\frac{1}{3170}$ |
| 8,4 | 0,0084 | $\frac{1}{119}$ | 0,000510 | $\frac{1}{3220}$ | 0,00572 | $\frac{1}{267}$ | 0,000519 | $\frac{1}{3140}$ |
| 8,5 | 0,0085 | $\frac{1}{118}$ | 0,000514 | $\frac{1}{3180}$ | 0,00577 | $\frac{1}{265}$ | 0,000525 | $\frac{1}{3100}$ |
| 8,6 | 0,0086 | $\frac{1}{116}$ | 0,000518 | $\frac{1}{3150}$ | 0,00581 | $\frac{1}{262}$ | 0,000527 | $\frac{1}{3080}$ |
| 8,7 | 0,0087 | $\frac{1}{115}$ | 0,000521 | $\frac{1}{3110}$ | 0,00586 | $\frac{1}{259}$ | 0,000530 | $\frac{1}{3030}$ |
| 8,8 | 0,0088 | $\frac{1}{114}$ | 0,000525 | $\frac{1}{3080}$ | 0,00590 | $\frac{1}{256}$ | 0,000534 | $\frac{1}{2990}$ |
| 8,9 | 0,0089 | $\frac{1}{112}$ | 0,000529 | $\frac{1}{3030}$ | 0,00595 | $\frac{1}{253}$ | 0,000538 | $\frac{1}{2950}$ |
| 9,0 | 0,0090 | $\frac{1}{111}$ | 0,000533 | $\frac{1}{3010}$ | 0,00599 | $\frac{1}{250}$ | 0,000542 | $\frac{1}{2930}$ |
| 9,1 | 0,0091 | $\frac{1}{110}$ | 0,000536 | $\frac{1}{2980}$ | 0,00403 | $\frac{1}{248}$ | 0,000538 | $\frac{1}{2900}$ |
| 9,2 | 0,0092 | $\frac{1}{109}$ | 0,000540 | $\frac{1}{2930}$ | 0,00408 | $\frac{1}{245}$ | 0,000562 | $\frac{1}{2860}$ |
| 9,5 | 0,0095 | $\frac{1}{108}$ | 0,000544 | $\frac{1}{2910}$ | 0,00412 | $\frac{1}{242}$ | 0,000566 | $\frac{1}{2830}$ |
| 9,4 | 0,0094 | $\frac{1}{106}$ | 0,000547 | $\frac{1}{2880}$ | 0,00417 | $\frac{1}{240}$ | 0,000570 | $\frac{1}{2800}$ |
| 9,5 | 0,0095 | $\frac{1}{105}$ | 0,000551 | $\frac{1}{2850}$ | 0,00421 | $\frac{1}{237}$ | 0,000574 | $\frac{1}{2770}$ |
| 9,6 | 0,0096 | $\frac{1}{104}$ | 0,000554 | $\frac{1}{2820}$ | 0,00425 | $\frac{1}{235}$ | 0,000578 | $\frac{1}{2740}$ |
| 9,7 | 0,0097 | $\frac{1}{103}$ | 0,000558 | $\frac{1}{2790}$ | 0,00450 | $\frac{1}{233}$ | 0,000582 | $\frac{1}{2710}$ |
| 9,8 | 0,0098 | $\frac{1}{102}$ | 0,000562 | $\frac{1}{2760}$ | 0,00454 | $\frac{1}{230}$ | 0,000586 | $\frac{1}{2680}$ |
| 9,9 | 0,0099 | $\frac{1}{101}$ | 0,000566 | $\frac{1}{2730}$ | 0,00459 | $\frac{1}{228}$ | 0,000590 | $\frac{1}{2650}$ |
| 10,0 | 0,0100 | $\frac{1}{100}$ | 0,000569 | $\frac{1}{2710}$ | 0,00462 | $\frac{1}{226}$ | 0,000594 | $\frac{1}{2630}$ |
| 10,4 | 0,0104 | $\frac{1}{96}$ | 0,000584 | $\frac{1}{2610}$ | 0,00461 | $\frac{1}{225}$ | 0,000402 | $\frac{1}{2450}$ |
| 10,6 | 0,0106 | $\frac{1}{94}$ | 0,000591 | $\frac{1}{2580}$ | 0,00470 | $\frac{1}{219}$ | 0,000410 | $\frac{1}{2400}$ |
| 10,8 | 0,0108 | $\frac{1}{92}$ | 0,000597 | $\frac{1}{2510}$ | 0,00479 | $\frac{1}{215}$ | 0,000418 | $\frac{1}{2410}$ |
| 11,0 | 0,0110 | $\frac{1}{91}$ | 0,000406 | $\frac{1}{2460}$ | 0,00487 | $\frac{1}{212}$ | 0,000426 | $\frac{1}{2360}$ |
| 11,2 | 0,0112 | $\frac{1}{89}$ | 0,000413 | $\frac{1}{2400}$ | 0,00496 | $\frac{1}{208}$ | 0,000435 | $\frac{1}{2310}$ |
| 11,4 | 0,0114 | $\frac{1}{87}$ | 0,000421 | $\frac{1}{2380}$ | 0,00496 | $\frac{1}{204}$ | 0,000441 | $\frac{1}{2270}$ |
| 11,6 | 0,0116 | $\frac{1}{85}$ | 0,000428 | $\frac{1}{2340}$ | 0,00505 | $\frac{1}{200}$ | 0,000449 | $\frac{1}{2230}$ |
| 11,8 | 0,0118 | $\frac{1}{84}$ | 0,000436 | $\frac{1}{2340}$ | 0,00514 | $\frac{1}{196}$ | 0,000457 | $\frac{1}{2200}$ |
| 12,0 | 0,0120 | $\frac{1}{83}$ | 0,000445 | $\frac{1}{2300}$ | 0,00525 | $\frac{1}{192}$ | 0,000465 | $\frac{1}{2160}$ |
| 12,2 | 0,0122 | $\frac{1}{82}$ | 0,000450 | $\frac{1}{2260}$ | 0,00532 | $\frac{1}{188}$ | 0,000475 | $\frac{1}{2120}$ |
| 12,4 | 0,0124 | $\frac{1}{80}$ | 0,000458 | $\frac{1}{2180}$ | 0,00540 | $\frac{1}{184}$ | 0,000481 | $\frac{1}{2080}$ |
| 12,6 | 0,0126 | $\frac{1}{79}$ | 0,000463 | $\frac{1}{2150}$ | 0,00548 | $\frac{1}{181}$ | 0,000489 | $\frac{1}{2030}$ |
| 12,8 | 0,0128 | $\frac{1}{78}$ | 0,000475 | $\frac{1}{2120}$ | 0,00557 | $\frac{1}{177}$ | 0,000498 | $\frac{1}{2000}$ |
| 13,0 | 0,0130 | $\frac{1}{77}$ | 0,000480 | $\frac{1}{2090}$ | 0,00566 | $\frac{1}{175}$ | 0,000505 | $\frac{1}{1970}$ |
| 13,2 | 0,0132 | $\frac{1}{76}$ | 0,000487 | $\frac{1}{2050}$ | 0,00574 | $\frac{1}{172}$ | 0,000512 | $\frac{1}{1930}$ |
| 13,4 | 0,0134 | $\frac{1}{75}$ | 0,000493 | $\frac{1}{2030}$ | 0,00585 | $\frac{1}{168}$ | 0,000520 | $\frac{1}{1890}$ |
| 13,6 | 0,0136 | $\frac{1}{73}$ | 0,000502 | $\frac{1}{2000}$ | 0,00591 | $\frac{1}{165}$ | 0,000528 | $\frac{1}{1850}$ |
| 13,8 | 0,0138 | $\frac{1}{72}$ | 0,000509 | $\frac{1}{1970}$ | 0,00600 | $\frac{1}{160}$ | 0,000536 | $\frac{1}{1800}$ |
| 14,0 | 0,0140 | $\frac{1}{71}$ | 0,000517 | $\frac{1}{1930}$ | 0,00608 | $\frac{1}{157}$ | 0,000544 | $\frac{1}{1760}$ |
| 14,2 | 0,0142 | $\frac{1}{70}$ | 0,000524 | $\frac{1}{1900}$ | 0,00616 | $\frac{1}{154}$ | 0,000552 | $\frac{1}{1720}$ |
| | | | | | 0,00625 | $\frac{1}{150}$ | 0,000560 | $\frac{1}{1680}$ |

| mm. | Millimeter. | Parijsche duim. | Parijsche lijn. | Engelsche duim. | Weener duim. | | | |
|------|-------------|-----------------|-----------------|------------------|--------------|------------------|----------|------------------|
| 14,4 | 0,0144 | $\frac{1}{70}$ | 0,000552 | $\frac{1}{1870}$ | 0,000568 | $\frac{1}{1750}$ | 0,000547 | $\frac{1}{1831}$ |
| 14,6 | 0,0146 | $\frac{1}{68}$ | 0,000559 | $\frac{1}{1850}$ | 0,000576 | $\frac{1}{1730}$ | 0,000554 | $\frac{1}{1800}$ |
| 14,8 | 0,0148 | $\frac{1}{67}$ | 0,000547 | $\frac{1}{1850}$ | 0,000584 | $\frac{1}{1710}$ | 0,000562 | $\frac{1}{1781}$ |
| 15,0 | 0,0150 | $\frac{1}{67}$ | 0,000554 | $\frac{1}{1810}$ | 0,000591 | $\frac{1}{1690}$ | 0,000569 | $\frac{1}{1750}$ |
| 15,2 | 0,0152 | $\frac{1}{66}$ | 0,000561 | $\frac{1}{1780}$ | 0,000599 | $\frac{1}{1670}$ | 0,000577 | $\frac{1}{1731}$ |
| 15,4 | 0,0154 | $\frac{1}{65}$ | 0,000569 | $\frac{1}{1750}$ | 0,000607 | $\frac{1}{1650}$ | 0,000584 | $\frac{1}{1711}$ |
| 15,6 | 0,0156 | $\frac{1}{64}$ | 0,000576 | $\frac{1}{1730}$ | 0,000615 | $\frac{1}{1630}$ | 0,000592 | $\frac{1}{1680}$ |
| 15,8 | 0,0158 | $\frac{1}{63}$ | 0,000584 | $\frac{1}{1710}$ | 0,000623 | $\frac{1}{1610}$ | 0,000600 | $\frac{1}{1660}$ |
| 16,0 | 0,0160 | $\frac{1}{63}$ | 0,000590 | $\frac{1}{1690}$ | 0,000630 | $\frac{1}{1590}$ | 0,000607 | $\frac{1}{1640}$ |
| 16,2 | 0,0162 | $\frac{1}{62}$ | 0,000597 | $\frac{1}{1660}$ | 0,000638 | $\frac{1}{1570}$ | 0,000615 | $\frac{1}{1620}$ |
| 16,4 | 0,0164 | $\frac{1}{61}$ | 0,000603 | $\frac{1}{1640}$ | 0,000646 | $\frac{1}{1550}$ | 0,000622 | $\frac{1}{1600}$ |
| 16,6 | 0,0166 | $\frac{1}{60}$ | 0,000612 | $\frac{1}{1620}$ | 0,000654 | $\frac{1}{1530}$ | 0,000630 | $\frac{1}{1585}$ |
| 16,8 | 0,0168 | $\frac{1}{59}$ | 0,000620 | $\frac{1}{1600}$ | 0,000662 | $\frac{1}{1510}$ | 0,000638 | $\frac{1}{1567}$ |
| 17,0 | 0,0170 | $\frac{1}{59}$ | 0,000627 | $\frac{1}{1580}$ | 0,000670 | $\frac{1}{1500}$ | 0,000645 | $\frac{1}{1550}$ |
| 17,2 | 0,0172 | $\frac{1}{58}$ | 0,000634 | $\frac{1}{1560}$ | 0,000678 | $\frac{1}{1480}$ | 0,000653 | $\frac{1}{1530}$ |
| 17,4 | 0,0174 | $\frac{1}{57}$ | 0,000642 | $\frac{1}{1540}$ | 0,000686 | $\frac{1}{1460}$ | 0,000660 | $\frac{1}{1520}$ |
| 17,6 | 0,0176 | $\frac{1}{57}$ | 0,000649 | $\frac{1}{1530}$ | 0,000694 | $\frac{1}{1440}$ | 0,000668 | $\frac{1}{1500}$ |
| 17,8 | 0,0178 | $\frac{1}{56}$ | 0,000664 | $\frac{1}{1520}$ | 0,000702 | $\frac{1}{1420}$ | 0,000675 | $\frac{1}{1485}$ |
| 18,0 | 0,0180 | $\frac{1}{56}$ | 0,000664 | $\frac{1}{1510}$ | 0,000709 | $\frac{1}{1410}$ | 0,000683 | $\frac{1}{1475}$ |
| 18,2 | 0,0182 | $\frac{1}{55}$ | 0,000671 | $\frac{1}{1490}$ | 0,000717 | $\frac{1}{1390}$ | 0,000691 | $\frac{1}{1460}$ |
| 18,4 | 0,0184 | $\frac{1}{54}$ | 0,000686 | $\frac{1}{1470}$ | 0,000725 | $\frac{1}{1370}$ | 0,000706 | $\frac{1}{1445}$ |
| 18,6 | 0,0186 | $\frac{1}{53}$ | 0,000694 | $\frac{1}{1440}$ | 0,000733 | $\frac{1}{1350}$ | 0,000714 | $\frac{1}{1435}$ |
| 18,8 | 0,0188 | $\frac{1}{53}$ | 0,000701 | $\frac{1}{1420}$ | 0,000741 | $\frac{1}{1340}$ | 0,000721 | $\frac{1}{1425}$ |
| 19,0 | 0,0190 | $\frac{1}{52}$ | 0,000708 | $\frac{1}{1400}$ | 0,000749 | $\frac{1}{1330}$ | 0,000729 | $\frac{1}{1415}$ |
| 19,2 | 0,0192 | $\frac{1}{52}$ | 0,000716 | $\frac{1}{1380}$ | 0,000757 | $\frac{1}{1320}$ | 0,000737 | $\frac{1}{1405}$ |
| 19,4 | 0,0194 | $\frac{1}{51}$ | 0,000723 | $\frac{1}{1360}$ | 0,000765 | $\frac{1}{1310}$ | 0,000745 | $\frac{1}{1395}$ |
| 19,6 | 0,0196 | $\frac{1}{51}$ | 0,000731 | $\frac{1}{1340}$ | 0,000773 | $\frac{1}{1300}$ | 0,000753 | $\frac{1}{1385}$ |
| 19,8 | 0,0198 | $\frac{1}{50}$ | 0,000738 | $\frac{1}{1320}$ | 0,000781 | $\frac{1}{1290}$ | 0,000761 | $\frac{1}{1375}$ |
| 20,0 | 0,0200 | $\frac{1}{50}$ | 0,000746 | $\frac{1}{1300}$ | 0,000789 | $\frac{1}{1280}$ | 0,000769 | $\frac{1}{1365}$ |
| 20,2 | 0,0202 | $\frac{1}{50}$ | 0,000754 | $\frac{1}{1280}$ | 0,000797 | $\frac{1}{1270}$ | 0,000777 | $\frac{1}{1355}$ |
| 20,4 | 0,0204 | $\frac{1}{49}$ | 0,000762 | $\frac{1}{1260}$ | 0,000805 | $\frac{1}{1260}$ | 0,000785 | $\frac{1}{1345}$ |
| 20,6 | 0,0206 | $\frac{1}{49}$ | 0,000770 | $\frac{1}{1240}$ | 0,000813 | $\frac{1}{1250}$ | 0,000793 | $\frac{1}{1335}$ |
| 20,8 | 0,0208 | $\frac{1}{48}$ | 0,000778 | $\frac{1}{1220}$ | 0,000821 | $\frac{1}{1240}$ | 0,000801 | $\frac{1}{1325}$ |
| 21,0 | 0,0210 | $\frac{1}{48}$ | 0,000786 | $\frac{1}{1200}$ | 0,000829 | $\frac{1}{1230}$ | 0,000809 | $\frac{1}{1315}$ |
| 21,2 | 0,0212 | $\frac{1}{48}$ | 0,000794 | $\frac{1}{1180}$ | 0,000837 | $\frac{1}{1220}$ | 0,000817 | $\frac{1}{1305}$ |
| 21,4 | 0,0214 | $\frac{1}{47}$ | 0,000802 | $\frac{1}{1160}$ | 0,000845 | $\frac{1}{1210}$ | 0,000825 | $\frac{1}{1295}$ |
| 21,6 | 0,0216 | $\frac{1}{47}$ | 0,000810 | $\frac{1}{1140}$ | 0,000853 | $\frac{1}{1200}$ | 0,000833 | $\frac{1}{1285}$ |
| 21,8 | 0,0218 | $\frac{1}{46}$ | 0,000818 | $\frac{1}{1120}$ | 0,000861 | $\frac{1}{1190}$ | 0,000841 | $\frac{1}{1275}$ |
| 22,0 | 0,0220 | $\frac{1}{46}$ | 0,000826 | $\frac{1}{1100}$ | 0,000869 | $\frac{1}{1180}$ | 0,000849 | $\frac{1}{1265}$ |
| 22,2 | 0,0222 | $\frac{1}{46}$ | 0,000834 | $\frac{1}{1080}$ | 0,000877 | $\frac{1}{1170}$ | 0,000857 | $\frac{1}{1255}$ |
| 22,4 | 0,0224 | $\frac{1}{45}$ | 0,000842 | $\frac{1}{1060}$ | 0,000885 | $\frac{1}{1160}$ | 0,000865 | $\frac{1}{1245}$ |

| mm. | Millimeter. | Parijsche duim. | Parijsche lijn. | Engelsche duim. | Weener duim. | | | | | |
|------|-------------|-----------------|-----------------|------------------|--------------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|
| 14,4 | 0,0144 | $\frac{1}{70}$ | 0,00052 | $\frac{1}{1875}$ | 0,00054 | $\frac{1}{1857}$ | 0,000568 | $\frac{1}{1750}$ | 0,000547 | $\frac{1}{1851}$ |
| 14,6 | 0,0146 | $\frac{1}{68}$ | 0,00059 | $\frac{1}{1850}$ | 0,00642 | $\frac{1}{155}$ | 0,000576 | $\frac{1}{1750}$ | 0,000554 | $\frac{1}{1800}$ |
| 14,8 | 0,0148 | $\frac{1}{67}$ | 0,000547 | $\frac{1}{1830}$ | 0,00651 | $\frac{1}{153}$ | 0,000584 | $\frac{1}{1710}$ | 0,000562 | $\frac{1}{1781}$ |
| 15,0 | 0,0150 | $\frac{1}{67}$ | 0,000554 | $\frac{1}{1810}$ | 0,00660 | $\frac{1}{152}$ | 0,000591 | $\frac{1}{1690}$ | 0,000569 | $\frac{1}{1750}$ |
| 15,2 | 0,0152 | $\frac{1}{66}$ | 0,000561 | $\frac{1}{1780}$ | 0,00669 | $\frac{1}{149}$ | 0,000599 | $\frac{1}{1670}$ | 0,000577 | $\frac{1}{1731}$ |
| 15,4 | 0,0154 | $\frac{1}{65}$ | 0,000569 | $\frac{1}{1750}$ | 0,00678 | $\frac{1}{147}$ | 0,000607 | $\frac{1}{1650}$ | 0,000584 | $\frac{1}{1711}$ |
| 15,6 | 0,0156 | $\frac{1}{64}$ | 0,000576 | $\frac{1}{1730}$ | 0,00687 | $\frac{1}{145}$ | 0,000615 | $\frac{1}{1630}$ | 0,000592 | $\frac{1}{1689}$ |
| 15,8 | 0,0158 | $\frac{1}{63}$ | 0,000584 | $\frac{1}{1710}$ | 0,00696 | $\frac{1}{143}$ | 0,000623 | $\frac{1}{1610}$ | 0,000600 | $\frac{1}{1668}$ |
| 16,0 | 0,0160 | $\frac{1}{63}$ | 0,000590 | $\frac{1}{1690}$ | 0,00704 | $\frac{1}{141}$ | 0,000630 | $\frac{1}{1590}$ | 0,000607 | $\frac{1}{1648}$ |
| 16,2 | 0,0162 | $\frac{1}{62}$ | 0,000597 | $\frac{1}{1680}$ | 0,00713 | $\frac{1}{139}$ | 0,000638 | $\frac{1}{1570}$ | 0,000615 | $\frac{1}{1628}$ |
| 16,4 | 0,0164 | $\frac{1}{61}$ | 0,000603 | $\frac{1}{1640}$ | 0,00722 | $\frac{1}{137}$ | 0,000646 | $\frac{1}{1550}$ | 0,000622 | $\frac{1}{1608}$ |
| 16,6 | 0,0166 | $\frac{1}{60}$ | 0,000612 | $\frac{1}{1620}$ | 0,00731 | $\frac{1}{136}$ | 0,000654 | $\frac{1}{1530}$ | 0,000630 | $\frac{1}{1588}$ |
| 16,8 | 0,0168 | $\frac{1}{59}$ | 0,000620 | $\frac{1}{1600}$ | 0,00740 | $\frac{1}{134}$ | 0,000662 | $\frac{1}{1510}$ | 0,000638 | $\frac{1}{1567}$ |
| 17,0 | 0,0170 | $\frac{1}{59}$ | 0,000627 | $\frac{1}{1580}$ | 0,00748 | $\frac{1}{133}$ | 0,000670 | $\frac{1}{1500}$ | 0,000645 | $\frac{1}{1550}$ |
| 17,2 | 0,0172 | $\frac{1}{58}$ | 0,000634 | $\frac{1}{1560}$ | 0,00757 | $\frac{1}{131}$ | 0,000678 | $\frac{1}{1480}$ | 0,000653 | $\frac{1}{1530}$ |
| 17,4 | 0,0174 | $\frac{1}{57}$ | 0,000642 | $\frac{1}{1540}$ | 0,00766 | $\frac{1}{130}$ | 0,000686 | $\frac{1}{1460}$ | 0,000660 | $\frac{1}{1520}$ |
| 17,6 | 0,0176 | $\frac{1}{57}$ | 0,000649 | $\frac{1}{1530}$ | 0,00775 | $\frac{1}{128}$ | 0,000694 | $\frac{1}{1440}$ | 0,000668 | $\frac{1}{1500}$ |
| 17,8 | 0,0178 | $\frac{1}{56}$ | 0,000654 | $\frac{1}{1520}$ | 0,00784 | $\frac{1}{127}$ | 0,000702 | $\frac{1}{1420}$ | 0,000675 | $\frac{1}{1480}$ |
| 18,0 | 0,0180 | $\frac{1}{56}$ | 0,000664 | $\frac{1}{1510}$ | 0,00794 | $\frac{1}{126}$ | 0,000709 | $\frac{1}{1410}$ | 0,000685 | $\frac{1}{1475}$ |
| 18,2 | 0,0182 | $\frac{1}{55}$ | 0,000671 | $\frac{1}{1490}$ | 0,00803 | $\frac{1}{125}$ | 0,000717 | $\frac{1}{1400}$ | 0,000694 | $\frac{1}{1465}$ |
| 18,4 | 0,0184 | $\frac{1}{54}$ | 0,000686 | $\frac{1}{1450}$ | 0,00821 | $\frac{1}{122}$ | 0,000735 | $\frac{1}{1380}$ | 0,000706 | $\frac{1}{1421}$ |
| 18,8 | 0,0188 | $\frac{1}{53}$ | 0,000694 | $\frac{1}{1440}$ | 0,00830 | $\frac{1}{120}$ | 0,000741 | $\frac{1}{1370}$ | 0,000714 | $\frac{1}{1413}$ |
| 19,0 | 0,0190 | $\frac{1}{53}$ | 0,000701 | $\frac{1}{1420}$ | 0,00838 | $\frac{1}{119}$ | 0,000749 | $\frac{1}{1350}$ | 0,000721 | $\frac{1}{1387}$ |
| 19,2 | 0,0192 | $\frac{1}{52}$ | 0,000708 | $\frac{1}{1410}$ | 0,00847 | $\frac{1}{117}$ | 0,000757 | $\frac{1}{1340}$ | 0,000729 | $\frac{1}{1372}$ |
| 19,4 | 0,0194 | $\frac{1}{51}$ | 0,000716 | $\frac{1}{1390}$ | 0,00856 | $\frac{1}{116}$ | 0,000765 | $\frac{1}{1330}$ | 0,000737 | $\frac{1}{1350}$ |
| 19,6 | 0,0196 | $\frac{1}{51}$ | 0,000725 | $\frac{1}{1380}$ | 0,00866 | $\frac{1}{115}$ | 0,000773 | $\frac{1}{1320}$ | 0,000745 | $\frac{1}{1342}$ |
| 19,8 | 0,0198 | $\frac{1}{50}$ | 0,000731 | $\frac{1}{1370}$ | 0,00876 | $\frac{1}{114}$ | 0,000780 | $\frac{1}{1310}$ | 0,000752 | $\frac{1}{1330}$ |
| 20,0 | 0,0200 | $\frac{1}{50}$ | 0,000738 | $\frac{1}{1360}$ | 0,00886 | $\frac{1}{113}$ | 0,000787 | $\frac{1}{1300}$ | 0,000759 | $\frac{1}{1317}$ |
| 20,2 | 0,0202 | $\frac{1}{50}$ | 0,000745 | $\frac{1}{1340}$ | 0,00895 | $\frac{1}{111}$ | 0,000795 | $\frac{1}{1290}$ | 0,000767 | $\frac{1}{1304}$ |
| 20,4 | 0,0204 | $\frac{1}{49}$ | 0,000752 | $\frac{1}{1330}$ | 0,00904 | $\frac{1}{110}$ | 0,000803 | $\frac{1}{1240}$ | 0,000775 | $\frac{1}{1291}$ |
| 20,6 | 0,0206 | $\frac{1}{49}$ | 0,000760 | $\frac{1}{1320}$ | 0,00915 | $\frac{1}{109}$ | 0,000811 | $\frac{1}{1230}$ | 0,000782 | $\frac{1}{1278}$ |
| 20,8 | 0,0208 | $\frac{1}{48}$ | 0,000767 | $\frac{1}{1300}$ | 0,00922 | $\frac{1}{108}$ | 0,000819 | $\frac{1}{1220}$ | 0,000790 | $\frac{1}{1260}$ |
| 21,0 | 0,0210 | $\frac{1}{48}$ | 0,000775 | $\frac{1}{1290}$ | 0,00931 | $\frac{1}{107}$ | 0,000826 | $\frac{1}{1210}$ | 0,000797 | $\frac{1}{1254}$ |
| 21,2 | 0,0212 | $\frac{1}{48}$ | 0,000782 | $\frac{1}{1280}$ | 0,00940 | $\frac{1}{106}$ | 0,000834 | $\frac{1}{1190}$ | 0,000805 | $\frac{1}{1242}$ |
| 21,4 | 0,0214 | $\frac{1}{47}$ | 0,000789 | $\frac{1}{1260}$ | 0,00949 | $\frac{1}{105}$ | 0,000842 | $\frac{1}{1180}$ | 0,000815 | $\frac{1}{1230}$ |
| 21,6 | 0,0216 | $\frac{1}{47}$ | 0,000797 | $\frac{1}{1250}$ | 0,00958 | $\frac{1}{104}$ | 0,000850 | $\frac{1}{1170}$ | 0,000820 | $\frac{1}{1218}$ |
| 21,8 | 0,0218 | $\frac{1}{46}$ | 0,000804 | $\frac{1}{1240}$ | 0,00967 | $\frac{1}{103}$ | 0,000858 | $\frac{1}{1160}$ | 0,000828 | $\frac{1}{1207}$ |
| 22,0 | 0,0220 | $\frac{1}{46}$ | 0,000812 | $\frac{1}{1230}$ | 0,00975 | $\frac{1}{103}$ | 0,000866 | $\frac{1}{1150}$ | 0,000833 | $\frac{1}{1190}$ |
| 22,2 | 0,0222 | $\frac{1}{46}$ | 0,000819 | $\frac{1}{1220}$ | 0,00984 | $\frac{1}{102}$ | 0,000874 | $\frac{1}{1140}$ | 0,000845 | $\frac{1}{1183}$ |
| 22,4 | 0,0224 | $\frac{1}{45}$ | 0,000826 | $\frac{1}{1210}$ | 0,00993 | $\frac{1}{101}$ | 0,000882 | $\frac{1}{1130}$ | 0,000850 | $\frac{1}{1175}$ |

| mm. | Millimeter. | Parijsche duim. | Parijsche lijn. | Engelsche duim. | Weener duim. | | | | | |
|------|-------------|-----------------|-----------------|------------------|--------------|-----------------|----------|------------------|----------|------------------|
| 22,6 | 0,0226 | $\frac{1}{43}$ | 0,000855 | $\frac{1}{1200}$ | 0,01002 | $\frac{1}{100}$ | 0,000890 | $\frac{1}{1120}$ | 0,000858 | $\frac{1}{1168}$ |
| 22,8 | 0,0228 | $\frac{1}{44}$ | 0,000840 | $\frac{1}{1190}$ | 0,01011 | $\frac{1}{99}$ | 0,000898 | $\frac{1}{1110}$ | 0,000866 | $\frac{1}{1155}$ |
| 23,0 | 0,0230 | $\frac{1}{44}$ | 0,000848 | $\frac{1}{1180}$ | 0,01019 | $\frac{1}{98}$ | 0,000905 | $\frac{1}{1105}$ | 0,000875 | $\frac{1}{1140}$ |
| 23,2 | 0,0232 | $\frac{1}{44}$ | 0,000855 | $\frac{1}{1170}$ | 0,01028 | $\frac{1}{97}$ | 0,000915 | $\frac{1}{1095}$ | 0,000881 | $\frac{1}{1130}$ |
| 23,4 | 0,0234 | $\frac{1}{43}$ | 0,000862 | $\frac{1}{1160}$ | 0,01037 | $\frac{1}{96}$ | 0,000921 | $\frac{1}{1080}$ | 0,000888 | $\frac{1}{1120}$ |
| 23,6 | 0,0236 | $\frac{1}{43}$ | 0,000870 | $\frac{1}{1150}$ | 0,01046 | $\frac{1}{95}$ | 0,000929 | $\frac{1}{1077}$ | 0,000895 | $\frac{1}{1110}$ |
| 23,8 | 0,0238 | $\frac{1}{42}$ | 0,000878 | $\frac{1}{1140}$ | 0,01053 | $\frac{1}{94}$ | 0,000937 | $\frac{1}{1068}$ | 0,000905 | $\frac{1}{1107}$ |
| 24,0 | 0,0240 | $\frac{1}{42}$ | 0,000886 | $\frac{1}{1130}$ | 0,01065 | $\frac{1}{94}$ | 0,000944 | $\frac{1}{1059}$ | 0,000911 | $\frac{1}{1098}$ |
| 24,2 | 0,0242 | $\frac{1}{42}$ | 0,000895 | $\frac{1}{1120}$ | 0,01072 | $\frac{1}{93}$ | 0,000952 | $\frac{1}{1051}$ | 0,000919 | $\frac{1}{1089}$ |
| 24,4 | 0,0244 | $\frac{1}{41}$ | 0,000900 | $\frac{1}{1110}$ | 0,01081 | $\frac{1}{92}$ | 0,000960 | $\frac{1}{1043}$ | 0,000927 | $\frac{1}{1080}$ |
| 24,6 | 0,0246 | $\frac{1}{41}$ | 0,000908 | $\frac{1}{1100}$ | 0,01090 | $\frac{1}{91}$ | 0,000968 | $\frac{1}{1035}$ | 0,000935 | $\frac{1}{1071}$ |
| 24,8 | 0,0248 | $\frac{1}{40}$ | 0,000915 | $\frac{1}{1090}$ | 0,01099 | $\frac{1}{91}$ | 0,000974 | $\frac{1}{1026}$ | 0,000942 | $\frac{1}{1062}$ |
| 25,0 | 0,0250 | $\frac{1}{40}$ | 0,000925 | $\frac{1}{1080}$ | 0,01107 | $\frac{1}{90}$ | 0,000985 | $\frac{1}{1017}$ | 0,000949 | $\frac{1}{1054}$ |
| 25,5 | 0,0255 | $\frac{1}{39}$ | 0,000941 | $\frac{1}{1060}$ | 0,01129 | $\frac{1}{88}$ | 0,001005 | $\frac{1}{999}$ | 0,000968 | $\frac{1}{1035}$ |
| 26,0 | 0,0260 | $\frac{1}{38}$ | 0,000959 | $\frac{1}{1040}$ | 0,01151 | $\frac{1}{87}$ | 0,001025 | $\frac{1}{979}$ | 0,000987 | $\frac{1}{1013}$ |
| 26,5 | 0,0265 | $\frac{1}{38}$ | 0,000977 | $\frac{1}{1020}$ | 0,01175 | $\frac{1}{85}$ | 0,001045 | $\frac{1}{961}$ | 0,001006 | $\frac{1}{994}$ |
| 27,0 | 0,0270 | $\frac{1}{37}$ | 0,000996 | $\frac{1}{1000}$ | 0,01195 | $\frac{1}{84}$ | 0,001062 | $\frac{1}{944}$ | 0,001025 | $\frac{1}{976}$ |
| 27,5 | 0,0275 | $\frac{1}{36}$ | 0,001014 | $\frac{1}{985}$ | 0,01217 | $\frac{1}{82}$ | 0,001082 | $\frac{1}{926}$ | 0,001044 | $\frac{1}{957}$ |
| 28,0 | 0,0280 | $\frac{1}{35}$ | 0,001055 | $\frac{1}{970}$ | 0,01259 | $\frac{1}{81}$ | 0,001102 | $\frac{1}{908}$ | 0,001063 | $\frac{1}{939}$ |
| 28,5 | 0,0285 | $\frac{1}{34}$ | 0,001081 | $\frac{1}{955}$ | 0,01261 | $\frac{1}{79}$ | 0,001122 | $\frac{1}{892}$ | 0,001082 | $\frac{1}{922}$ |
| 29,0 | 0,0290 | $\frac{1}{33}$ | 0,001070 | $\frac{1}{940}$ | 0,01265 | $\frac{1}{78}$ | 0,001141 | $\frac{1}{875}$ | 0,001101 | $\frac{1}{908}$ |
| 29,5 | 0,0295 | $\frac{1}{34}$ | 0,001088 | $\frac{1}{925}$ | 0,01505 | $\frac{1}{76}$ | 0,001161 | $\frac{1}{857}$ | 0,001120 | $\frac{1}{895}$ |
| 30,0 | 0,0300 | $\frac{1}{33}$ | 0,001107 | $\frac{1}{910}$ | 0,01550 | $\frac{1}{75}$ | 0,001180 | $\frac{1}{840}$ | 0,001159 | $\frac{1}{882}$ |
| 30,5 | 0,0305 | $\frac{1}{33}$ | 0,001126 | $\frac{1}{894}$ | 0,01552 | $\frac{1}{74}$ | 0,001200 | $\frac{1}{823}$ | 0,001158 | $\frac{1}{865}$ |
| 31,0 | 0,0310 | $\frac{1}{32}$ | 0,001144 | $\frac{1}{876}$ | 0,01574 | $\frac{1}{73}$ | 0,001220 | $\frac{1}{805}$ | 0,001177 | $\frac{1}{848}$ |
| 31,5 | 0,0315 | $\frac{1}{32}$ | 0,001162 | $\frac{1}{861}$ | 0,01596 | $\frac{1}{72}$ | 0,001240 | $\frac{1}{788}$ | 0,001196 | $\frac{1}{830}$ |
| 32,0 | 0,0320 | $\frac{1}{31}$ | 0,001181 | $\frac{1}{847}$ | 0,01418 | $\frac{1}{71}$ | 0,001260 | $\frac{1}{771}$ | 0,001215 | $\frac{1}{813}$ |
| 32,5 | 0,0325 | $\frac{1}{31}$ | 0,001199 | $\frac{1}{834}$ | 0,01440 | $\frac{1}{70}$ | 0,001280 | $\frac{1}{755}$ | 0,001234 | $\frac{1}{796}$ |
| 33,0 | 0,0330 | $\frac{1}{30}$ | 0,001218 | $\frac{1}{821}$ | 0,01462 | $\frac{1}{69}$ | 0,001299 | $\frac{1}{739}$ | 0,001255 | $\frac{1}{778}$ |
| 33,5 | 0,0335 | $\frac{1}{30}$ | 0,001236 | $\frac{1}{809}$ | 0,01484 | $\frac{1}{67}$ | 0,001319 | $\frac{1}{723}$ | 0,001272 | $\frac{1}{760}$ |
| 34,0 | 0,0340 | $\frac{1}{29}$ | 0,001255 | $\frac{1}{797}$ | 0,01506 | $\frac{1}{66}$ | 0,001338 | $\frac{1}{707}$ | 0,001291 | $\frac{1}{743}$ |
| 34,5 | 0,0345 | $\frac{1}{29}$ | 0,001275 | $\frac{1}{785}$ | 0,01528 | $\frac{1}{65}$ | 0,001358 | $\frac{1}{691}$ | 0,001310 | $\frac{1}{726}$ |
| 35,0 | 0,0350 | $\frac{1}{29}$ | 0,001292 | $\frac{1}{774}$ | 0,01550 | $\frac{1}{65}$ | 0,001378 | $\frac{1}{675}$ | 0,001329 | $\frac{1}{709}$ |
| 35,5 | 0,0355 | $\frac{1}{28}$ | 0,001310 | $\frac{1}{763}$ | 0,01572 | $\frac{1}{64}$ | 0,001398 | $\frac{1}{659}$ | 0,001348 | $\frac{1}{692}$ |
| 36,0 | 0,0360 | $\frac{1}{28}$ | 0,001328 | $\frac{1}{753}$ | 0,01594 | $\frac{1}{63}$ | 0,001417 | $\frac{1}{643}$ | 0,001367 | $\frac{1}{675}$ |
| 36,5 | 0,0365 | $\frac{1}{27}$ | 0,001346 | $\frac{1}{742}$ | 0,01616 | $\frac{1}{62}$ | 0,001427 | $\frac{1}{627}$ | 0,001386 | $\frac{1}{658}$ |
| 37,0 | 0,0370 | $\frac{1}{27}$ | 0,001365 | $\frac{1}{732}$ | 0,01638 | $\frac{1}{61}$ | 0,001437 | $\frac{1}{611}$ | 0,001405 | $\frac{1}{641}$ |
| 37,5 | 0,0375 | $\frac{1}{26}$ | 0,001385 | $\frac{1}{721}$ | 0,01660 | $\frac{1}{60}$ | 0,001477 | $\frac{1}{595}$ | 0,001424 | $\frac{1}{624}$ |
| 38,0 | 0,0380 | $\frac{1}{26}$ | 0,001402 | $\frac{1}{710}$ | 0,01682 | $\frac{1}{59}$ | 0,001496 | $\frac{1}{579}$ | 0,001445 | $\frac{1}{607}$ |
| 38,5 | 0,0385 | $\frac{1}{26}$ | 0,001420 | $\frac{1}{700}$ | 0,01704 | $\frac{1}{58}$ | 0,001516 | $\frac{1}{563}$ | 0,001462 | $\frac{1}{590}$ |
| 39,0 | 0,0390 | $\frac{1}{26}$ | 0,001439 | $\frac{1}{690}$ | 0,01726 | $\frac{1}{58}$ | 0,001536 | $\frac{1}{547}$ | 0,001481 | $\frac{1}{573}$ |

| mm. | Millimeter. | Parijsche duim. | Parijsche lijn. | Engelsche duim. | Weener duim. | | | | | |
|------|-------------|-----------------|-----------------|------------------|--------------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|
| 22,6 | 0,0226 | $\frac{1}{45}$ | 0,000855 | $\frac{1}{1200}$ | 0,000890 | $\frac{1}{1120}$ | 0,000838 | $\frac{1}{1100}$ | | |
| 22,8 | 0,0228 | $\frac{1}{44}$ | 0,000840 | $\frac{1}{1190}$ | 0,01011 | $\frac{1}{99}$ | 0,000898 | $\frac{1}{1110}$ | 0,000866 | $\frac{1}{1135}$ |
| 23,0 | 0,0230 | $\frac{1}{44}$ | 0,000848 | $\frac{1}{1180}$ | 0,01019 | $\frac{1}{98}$ | 0,000905 | $\frac{1}{1105}$ | 0,000875 | $\frac{1}{1140}$ |
| 23,2 | 0,0232 | $\frac{1}{44}$ | 0,000855 | $\frac{1}{1170}$ | 0,01028 | $\frac{1}{97}$ | 0,000915 | $\frac{1}{1095}$ | 0,000881 | $\frac{1}{1130}$ |
| 23,4 | 0,0234 | $\frac{1}{43}$ | 0,000862 | $\frac{1}{1160}$ | 0,01037 | $\frac{1}{96}$ | 0,000921 | $\frac{1}{1080}$ | 0,000888 | $\frac{1}{1120}$ |
| 23,6 | 0,0236 | $\frac{1}{43}$ | 0,000870 | $\frac{1}{1150}$ | 0,01046 | $\frac{1}{95}$ | 0,000929 | $\frac{1}{1077}$ | 0,000895 | $\frac{1}{1110}$ |
| 23,8 | 0,0238 | $\frac{1}{42}$ | 0,000878 | $\frac{1}{1140}$ | 0,01055 | $\frac{1}{94}$ | 0,000937 | $\frac{1}{1068}$ | 0,000905 | $\frac{1}{1107}$ |
| 24,0 | 0,0240 | $\frac{1}{42}$ | 0,000886 | $\frac{1}{1130}$ | 0,01065 | $\frac{1}{94}$ | 0,000944 | $\frac{1}{1059}$ | 0,000911 | $\frac{1}{1098}$ |
| 24,2 | 0,0242 | $\frac{1}{42}$ | 0,000895 | $\frac{1}{1120}$ | 0,01072 | $\frac{1}{93}$ | 0,000952 | $\frac{1}{1051}$ | 0,000919 | $\frac{1}{1089}$ |
| 24,4 | 0,0244 | $\frac{1}{41}$ | 0,000900 | $\frac{1}{1110}$ | 0,01081 | $\frac{1}{92}$ | 0,000960 | $\frac{1}{1043}$ | 0,000927 | $\frac{1}{1080}$ |
| 24,6 | 0,0246 | $\frac{1}{41}$ | 0,000908 | $\frac{1}{1100}$ | 0,01090 | $\frac{1}{91}$ | 0,000968 | $\frac{1}{1035}$ | 0,000935 | $\frac{1}{1071}$ |
| 24,8 | 0,0248 | $\frac{1}{40}$ | 0,000915 | $\frac{1}{1090}$ | 0,01099 | $\frac{1}{91}$ | 0,000974 | $\frac{1}{1026}$ | 0,000942 | $\frac{1}{1062}$ |
| 25,0 | 0,0250 | $\frac{1}{40}$ | 0,000925 | $\frac{1}{1080}$ | 0,01107 | $\frac{1}{90}$ | 0,000985 | $\frac{1}{1017}$ | 0,000949 | $\frac{1}{1054}$ |
| 25,3 | 0,0255 | $\frac{1}{39}$ | 0,000941 | $\frac{1}{1060}$ | 0,01129 | $\frac{1}{88}$ | 0,001005 | $\frac{1}{999}$ | 0,000968 | $\frac{1}{1035}$ |
| 26,0 | 0,0260 | $\frac{1}{38}$ | 0,000959 | $\frac{1}{1040}$ | 0,01151 | $\frac{1}{87}$ | 0,001025 | $\frac{1}{979}$ | 0,000987 | $\frac{1}{1015}$ |
| 26,5 | 0,0265 | $\frac{1}{38}$ | 0,000977 | $\frac{1}{1020}$ | 0,01175 | $\frac{1}{85}$ | 0,001045 | $\frac{1}{961}$ | 0,001006 | $\frac{1}{994}$ |
| 27,0 | 0,0270 | $\frac{1}{37}$ | 0,000996 | $\frac{1}{1000}$ | 0,01195 | $\frac{1}{84}$ | 0,001062 | $\frac{1}{944}$ | 0,001025 | $\frac{1}{976}$ |
| 27,5 | 0,0275 | $\frac{1}{36}$ | 0,001014 | $\frac{1}{985}$ | 0,01217 | $\frac{1}{82}$ | 0,001082 | $\frac{1}{926}$ | 0,001044 | $\frac{1}{957}$ |
| 28,0 | 0,0280 | $\frac{1}{35}$ | 0,001035 | $\frac{1}{970}$ | 0,01259 | $\frac{1}{81}$ | 0,001102 | $\frac{1}{908}$ | 0,001065 | $\frac{1}{939}$ |
| 28,5 | 0,0285 | $\frac{1}{34}$ | 0,001054 | $\frac{1}{955}$ | 0,01261 | $\frac{1}{79}$ | 0,001122 | $\frac{1}{893}$ | 0,001082 | $\frac{1}{923}$ |
| 29,0 | 0,0290 | $\frac{1}{34}$ | 0,001070 | $\frac{1}{940}$ | 0,01285 | $\frac{1}{78}$ | 0,001141 | $\frac{1}{877}$ | 0,001101 | $\frac{1}{908}$ |
| 29,5 | 0,0295 | $\frac{1}{34}$ | 0,001088 | $\frac{1}{925}$ | 0,01505 | $\frac{1}{76}$ | 0,001161 | $\frac{1}{861}$ | 0,001120 | $\frac{1}{893}$ |
| 30,0 | 0,0300 | $\frac{1}{33}$ | 0,001107 | $\frac{1}{910}$ | 0,01530 | $\frac{1}{75}$ | 0,001180 | $\frac{1}{845}$ | 0,001159 | $\frac{1}{878}$ |
| 30,5 | 0,0305 | $\frac{1}{33}$ | 0,001126 | $\frac{1}{894}$ | 0,01552 | $\frac{1}{74}$ | 0,001200 | $\frac{1}{833}$ | 0,001158 | $\frac{1}{865}$ |
| 31,0 | 0,0310 | $\frac{1}{32}$ | 0,001144 | $\frac{1}{876}$ | 0,01574 | $\frac{1}{73}$ | 0,001220 | $\frac{1}{819}$ | 0,001177 | $\frac{1}{849}$ |
| 31,5 | 0,0315 | $\frac{1}{32}$ | 0,001162 | $\frac{1}{861}$ | 0,01596 | $\frac{1}{72}$ | 0,001240 | $\frac{1}{808}$ | 0,001196 | $\frac{1}{836}$ |
| 32,0 | 0,0320 | $\frac{1}{31}$ | 0,001181 | $\frac{1}{847}$ | 0,01418 | $\frac{1}{71}$ | 0,001260 | $\frac{1}{797}$ | 0,001215 | $\frac{1}{823}$ |
| 32,5 | 0,0325 | $\frac{1}{31}$ | 0,001199 | $\frac{1}{834}$ | 0,01440 | $\frac{1}{70}$ | 0,001280 | $\frac{1}{786}$ | 0,001234 | $\frac{1}{810}$ |
| 33,0 | 0,0330 | $\frac{1}{30}$ | 0,001218 | $\frac{1}{821}$ | 0,01462 | $\frac{1}{69}$ | 0,001299 | $\frac{1}{776}$ | 0,001255 | $\frac{1}{798}$ |
| 33,5 | 0,0335 | $\frac{1}{30}$ | 0,001236 | $\frac{1}{809}$ | 0,01484 | $\frac{1}{67}$ | 0,001519 | $\frac{1}{759}$ | 0,001272 | $\frac{1}{786}$ |
| 34,0 | 0,0340 | $\frac{1}{29}$ | 0,001255 | $\frac{1}{797}$ | 0,01506 | $\frac{1}{66}$ | 0,001558 | $\frac{1}{747}$ | 0,001291 | $\frac{1}{775}$ |
| 34,5 | 0,0345 | $\frac{1}{29}$ | 0,001275 | $\frac{1}{785}$ | 0,01528 | $\frac{1}{65}$ | 0,001588 | $\frac{1}{737}$ | 0,001310 | $\frac{1}{763}$ |
| 35,0 | 0,0350 | $\frac{1}{29}$ | 0,001292 | $\frac{1}{774}$ | 0,01550 | $\frac{1}{65}$ | 0,001578 | $\frac{1}{726}$ | 0,001329 | $\frac{1}{752}$ |
| 35,5 | 0,0355 | $\frac{1}{28}$ | 0,001310 | $\frac{1}{763}$ | 0,01572 | $\frac{1}{64}$ | 0,001598 | $\frac{1}{715}$ | 0,001348 | $\frac{1}{742}$ |
| 36,0 | 0,0360 | $\frac{1}{28}$ | 0,001328 | $\frac{1}{753}$ | 0,01594 | $\frac{1}{63}$ | 0,001417 | $\frac{1}{706}$ | 0,001367 | $\frac{1}{732}$ |
| 36,5 | 0,0365 | $\frac{1}{27}$ | 0,001346 | $\frac{1}{742}$ | 0,01616 | $\frac{1}{62}$ | 0,001427 | $\frac{1}{696}$ | 0,001386 | $\frac{1}{722}$ |
| 37,0 | 0,0370 | $\frac{1}{27}$ | 0,001365 | $\frac{1}{732}$ | 0,01638 | $\frac{1}{61}$ | 0,001457 | $\frac{1}{687}$ | 0,001405 | $\frac{1}{712}$ |
| 37,5 | 0,0375 | $\frac{1}{26}$ | 0,001385 | $\frac{1}{721}$ | 0,01660 | $\frac{1}{60}$ | 0,001477 | $\frac{1}{678}$ | 0,001424 | $\frac{1}{702}$ |
| 38,0 | 0,0380 | $\frac{1}{26}$ | 0,001402 | $\frac{1}{713}$ | 0,01682 | $\frac{1}{59}$ | 0,001496 | $\frac{1}{670}$ | 0,001443 | $\frac{1}{693}$ |
| 38,5 | 0,0385 | $\frac{1}{26}$ | 0,001420 | $\frac{1}{703}$ | 0,01704 | $\frac{1}{58}$ | 0,001516 | $\frac{1}{661}$ | 0,001462 | $\frac{1}{684}$ |
| 39,0 | 0,0390 | $\frac{1}{26}$ | 0,001459 | $\frac{1}{694}$ | 0,01726 | $\frac{1}{58}$ | 0,001556 | $\frac{1}{653}$ | 0,001481 | $\frac{1}{675}$ |

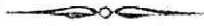
| mm. | Millimeter. | Parijsche duim. | Parijsche lijn. | Engelsche duim. | Weener duim. | | | | | |
|------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|
| 39,5 | 0,0595 | $\frac{1}{25}$ | 0,001437 | $\frac{1}{694}$ | 0,01748 | $\frac{1}{57}$ | 0,001556 | $\frac{1}{644}$ | 0,001500 | $\frac{1}{668}$ |
| 40,0 | 0,0400 | $\frac{1}{25}$ | 0,001476 | $\frac{1}{679}$ | 0,01775 | $\frac{1}{56}$ | 0,001573 | $\frac{1}{635}$ | 0,001518 | $\frac{1}{657}$ |
| 40,5 | 0,0405 | $\frac{1}{24}$ | 0,001494 | $\frac{1}{670}$ | 0,01795 | $\frac{1}{55}$ | 0,001593 | $\frac{1}{627}$ | 0,001557 | $\frac{1}{650}$ |
| 41,0 | 0,0410 | $\frac{1}{24}$ | 0,001515 | $\frac{1}{661}$ | 0,01817 | $\frac{1}{55}$ | 0,001614 | $\frac{1}{619}$ | 0,001556 | $\frac{1}{643}$ |
| 41,5 | 0,0415 | $\frac{1}{24}$ | 0,001531 | $\frac{1}{653}$ | 0,01859 | $\frac{1}{54}$ | 0,001654 | $\frac{1}{612}$ | 0,001573 | $\frac{1}{635}$ |
| 42,0 | 0,0420 | $\frac{1}{24}$ | 0,001550 | $\frac{1}{646}$ | 0,01861 | $\frac{1}{54}$ | 0,001654 | $\frac{1}{605}$ | 0,001594 | $\frac{1}{627}$ |
| 42,5 | 0,0425 | $\frac{1}{23}$ | 0,001568 | $\frac{1}{638}$ | 0,01885 | $\frac{1}{53}$ | 0,001674 | $\frac{1}{598}$ | 0,001615 | $\frac{1}{619}$ |
| 43,0 | 0,0430 | $\frac{1}{23}$ | 0,001587 | $\frac{1}{630}$ | 0,01905 | $\frac{1}{53}$ | 0,001695 | $\frac{1}{591}$ | 0,001632 | $\frac{1}{612}$ |
| 43,5 | 0,0435 | $\frac{1}{23}$ | 0,001603 | $\frac{1}{623}$ | 0,01927 | $\frac{1}{52}$ | 0,001715 | $\frac{1}{584}$ | 0,001651 | $\frac{1}{605}$ |
| 44,0 | 0,0440 | $\frac{1}{23}$ | 0,001624 | $\frac{1}{616}$ | 0,01949 | $\frac{1}{51}$ | 0,001755 | $\frac{1}{577}$ | 0,001670 | $\frac{1}{598}$ |
| 44,5 | 0,0445 | $\frac{1}{22}$ | 0,001642 | $\frac{1}{609}$ | 0,01971 | $\frac{1}{51}$ | 0,001755 | $\frac{1}{570}$ | 0,001689 | $\frac{1}{591}$ |
| 45,0 | 0,0450 | $\frac{1}{22}$ | 0,001661 | $\frac{1}{602}$ | 0,01995 | $\frac{1}{50}$ | 0,001772 | $\frac{1}{564}$ | 0,001708 | $\frac{1}{585}$ |
| 45,5 | 0,0455 | $\frac{1}{22}$ | 0,001679 | $\frac{1}{595}$ | 0,02015 | $\frac{1}{50}$ | 0,001792 | $\frac{1}{558}$ | 0,001727 | $\frac{1}{579}$ |
| 46,0 | 0,0460 | $\frac{1}{22}$ | 0,001697 | $\frac{1}{589}$ | 0,02057 | $\frac{1}{49}$ | 0,001811 | $\frac{1}{552}$ | 0,001746 | $\frac{1}{573}$ |
| 46,5 | 0,0465 | $\frac{1}{21}$ | 0,001715 | $\frac{1}{582}$ | 0,02059 | $\frac{1}{49}$ | 0,001851 | $\frac{1}{546}$ | 0,001765 | $\frac{1}{567}$ |
| 47,0 | 0,0470 | $\frac{1}{21}$ | 0,001754 | $\frac{1}{576}$ | 0,02082 | $\frac{1}{48}$ | 0,001851 | $\frac{1}{540}$ | 0,001784 | $\frac{1}{561}$ |
| 47,5 | 0,0475 | $\frac{1}{21}$ | 0,001752 | $\frac{1}{570}$ | 0,02105 | $\frac{1}{48}$ | 0,001871 | $\frac{1}{534}$ | 0,001805 | $\frac{1}{555}$ |
| 48,0 | 0,0480 | $\frac{1}{21}$ | 0,001771 | $\frac{1}{565}$ | 0,02127 | $\frac{1}{47}$ | 0,001890 | $\frac{1}{529}$ | 0,001822 | $\frac{1}{549}$ |
| 48,5 | 0,0485 | $\frac{1}{21}$ | 0,001789 | $\frac{1}{558}$ | 0,02149 | $\frac{1}{47}$ | 0,001910 | $\frac{1}{523}$ | 0,001841 | $\frac{1}{543}$ |
| 49,0 | 0,0490 | $\frac{1}{20}$ | 0,001810 | $\frac{1}{552}$ | 0,02172 | $\frac{1}{46}$ | 0,001950 | $\frac{1}{517}$ | 0,001860 | $\frac{1}{538}$ |
| 50 | 0,0500 | $\frac{1}{20}$ | 0,001847 | $\frac{1}{546}$ | 0,02199 | $\frac{1}{46}$ | 0,001950 | $\frac{1}{513}$ | 0,001879 | $\frac{1}{532}$ |
| 51 | 0,0510 | $\frac{1}{20}$ | 0,001884 | $\frac{1}{541}$ | 0,02217 | $\frac{1}{45}$ | 0,001969 | $\frac{1}{508}$ | 0,001898 | $\frac{1}{527}$ |
| 52 | 0,0520 | $\frac{1}{19}$ | 0,001921 | $\frac{1}{536}$ | 0,02261 | $\frac{1}{44}$ | 0,002008 | $\frac{1}{498}$ | 0,001956 | $\frac{1}{517}$ |
| 53 | 0,0530 | $\frac{1}{19}$ | 0,001938 | $\frac{1}{530}$ | 0,02503 | $\frac{1}{45}$ | 0,002048 | $\frac{1}{489}$ | 0,001974 | $\frac{1}{507}$ |
| 54 | 0,0540 | $\frac{1}{19}$ | 0,001993 | $\frac{1}{525}$ | 0,02549 | $\frac{1}{45}$ | 0,002087 | $\frac{1}{480}$ | 0,002012 | $\frac{1}{497}$ |
| 55 | 0,0550 | $\frac{1}{18}$ | 0,002032 | $\frac{1}{520}$ | 0,02595 | $\frac{1}{42}$ | 0,002127 | $\frac{1}{471}$ | 0,002050 | $\frac{1}{488}$ |
| 56 | 0,0560 | $\frac{1}{18}$ | 0,002068 | $\frac{1}{482}$ | 0,02437 | $\frac{1}{41}$ | 0,002166 | $\frac{1}{462}$ | 0,002088 | $\frac{1}{480}$ |
| 57 | 0,0570 | $\frac{1}{18}$ | 0,002105 | $\frac{1}{483}$ | 0,02481 | $\frac{1}{40}$ | 0,002205 | $\frac{1}{454}$ | 0,002126 | $\frac{1}{471}$ |
| 58 | 0,0580 | $\frac{1}{17}$ | 0,002142 | $\frac{1}{473}$ | 0,02525 | $\frac{1}{40}$ | 0,002245 | $\frac{1}{446}$ | 0,002164 | $\frac{1}{462}$ |
| 59 | 0,0590 | $\frac{1}{17}$ | 0,002179 | $\frac{1}{467}$ | 0,02570 | $\frac{1}{39}$ | 0,002284 | $\frac{1}{438}$ | 0,002202 | $\frac{1}{454}$ |
| 60 | 0,0600 | $\frac{1}{17}$ | 0,002216 | $\frac{1}{462}$ | 0,02615 | $\frac{1}{38}$ | 0,002324 | $\frac{1}{430}$ | 0,002240 | $\frac{1}{446}$ |
| 61 | 0,0610 | $\frac{1}{16}$ | 0,002253 | $\frac{1}{456}$ | 0,02660 | $\frac{1}{38}$ | 0,002363 | $\frac{1}{422}$ | 0,002278 | $\frac{1}{438}$ |
| 62 | 0,0620 | $\frac{1}{16}$ | 0,002290 | $\frac{1}{444}$ | 0,02704 | $\frac{1}{37}$ | 0,002402 | $\frac{1}{416}$ | 0,002316 | $\frac{1}{430}$ |
| 63 | 0,0630 | $\frac{1}{16}$ | 0,002327 | $\frac{1}{437}$ | 0,02748 | $\frac{1}{36}$ | 0,002442 | $\frac{1}{409}$ | 0,002354 | $\frac{1}{423}$ |
| 64 | 0,0640 | $\frac{1}{16}$ | 0,002364 | $\frac{1}{430}$ | 0,02792 | $\frac{1}{36}$ | 0,002481 | $\frac{1}{403}$ | 0,002392 | $\frac{1}{415}$ |
| 65 | 0,0650 | $\frac{1}{15}$ | 0,002401 | $\frac{1}{423}$ | 0,02836 | $\frac{1}{35}$ | 0,002521 | $\frac{1}{397}$ | 0,002430 | $\frac{1}{407}$ |
| 66 | 0,0660 | $\frac{1}{15}$ | 0,002438 | $\frac{1}{416}$ | 0,02880 | $\frac{1}{35}$ | 0,002560 | $\frac{1}{391}$ | 0,002468 | $\frac{1}{400}$ |
| 67 | 0,0670 | $\frac{1}{15}$ | 0,002474 | $\frac{1}{410}$ | 0,02924 | $\frac{1}{34}$ | 0,002600 | $\frac{1}{385}$ | 0,002506 | $\frac{1}{393}$ |
| 68 | 0,0680 | $\frac{1}{15}$ | 0,002511 | $\frac{1}{404}$ | 0,02968 | $\frac{1}{34}$ | 0,002659 | $\frac{1}{379}$ | 0,002544 | $\frac{1}{385}$ |
| 69 | 0,0690 | $\frac{1}{15}$ | 0,002548 | $\frac{1}{399}$ | 0,03012 | $\frac{1}{33}$ | 0,002678 | $\frac{1}{373}$ | 0,002582 | $\frac{1}{377}$ |
| | | | | | 0,03056 | $\frac{1}{33}$ | 0,002718 | $\frac{1}{368}$ | 0,002620 | $\frac{1}{371}$ |

| mm. | Millimeter. | Parijsche duim. | Parijsche lijn. | Engelsche duim. | Weener duim. | | | | | |
|------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|
| 39,5 | 0,0595 | $\frac{1}{25}$ | 0,001487 | $\frac{1}{684}$ | 0,01748 | $\frac{1}{57}$ | 0,001556 | $\frac{1}{644}$ | 0,001500 | $\frac{1}{668}$ |
| 40,0 | 0,0400 | $\frac{1}{25}$ | 0,001476 | $\frac{1}{679}$ | 0,01775 | $\frac{1}{56}$ | 0,001575 | $\frac{1}{633}$ | 0,001518 | $\frac{1}{657}$ |
| 40,5 | 0,0405 | $\frac{1}{24}$ | 0,001494 | $\frac{1}{670}$ | 0,01795 | $\frac{1}{55}$ | 0,001593 | $\frac{1}{627}$ | 0,001557 | $\frac{1}{650}$ |
| 41,0 | 0,0410 | $\frac{1}{24}$ | 0,001515 | $\frac{1}{661}$ | 0,01817 | $\frac{1}{53}$ | 0,001614 | $\frac{1}{619}$ | 0,001586 | $\frac{1}{643}$ |
| 41,5 | 0,0415 | $\frac{1}{24}$ | 0,001531 | $\frac{1}{653}$ | 0,01839 | $\frac{1}{54}$ | 0,001654 | $\frac{1}{612}$ | 0,001575 | $\frac{1}{635}$ |
| 42,0 | 0,0420 | $\frac{1}{24}$ | 0,001550 | $\frac{1}{645}$ | 0,01861 | $\frac{1}{54}$ | 0,001654 | $\frac{1}{605}$ | 0,001594 | $\frac{1}{627}$ |
| 42,5 | 0,0425 | $\frac{1}{23}$ | 0,001568 | $\frac{1}{638}$ | 0,01885 | $\frac{1}{53}$ | 0,001674 | $\frac{1}{598}$ | 0,001615 | $\frac{1}{619}$ |
| 43,0 | 0,0430 | $\frac{1}{23}$ | 0,001587 | $\frac{1}{630}$ | 0,01905 | $\frac{1}{53}$ | 0,001695 | $\frac{1}{591}$ | 0,001652 | $\frac{1}{612}$ |
| 43,5 | 0,0435 | $\frac{1}{23}$ | 0,001605 | $\frac{1}{623}$ | 0,01927 | $\frac{1}{52}$ | 0,001715 | $\frac{1}{584}$ | 0,001651 | $\frac{1}{605}$ |
| 44,0 | 0,0440 | $\frac{1}{23}$ | 0,001624 | $\frac{1}{615}$ | 0,01949 | $\frac{1}{51}$ | 0,001735 | $\frac{1}{577}$ | 0,001670 | $\frac{1}{598}$ |
| 44,5 | 0,0445 | $\frac{1}{22}$ | 0,001642 | $\frac{1}{607}$ | 0,01971 | $\frac{1}{51}$ | 0,001735 | $\frac{1}{570}$ | 0,001689 | $\frac{1}{591}$ |
| 45,0 | 0,0450 | $\frac{1}{22}$ | 0,001661 | $\frac{1}{600}$ | 0,01995 | $\frac{1}{50}$ | 0,001772 | $\frac{1}{564}$ | 0,001708 | $\frac{1}{585}$ |
| 45,5 | 0,0455 | $\frac{1}{22}$ | 0,001679 | $\frac{1}{593}$ | 0,02015 | $\frac{1}{50}$ | 0,001792 | $\frac{1}{558}$ | 0,001727 | $\frac{1}{579}$ |
| 46,0 | 0,0460 | $\frac{1}{22}$ | 0,001697 | $\frac{1}{585}$ | 0,02037 | $\frac{1}{49}$ | 0,001811 | $\frac{1}{552}$ | 0,001746 | $\frac{1}{573}$ |
| 46,5 | 0,0465 | $\frac{1}{21}$ | 0,001715 | $\frac{1}{578}$ | 0,02059 | $\frac{1}{49}$ | 0,001831 | $\frac{1}{546}$ | 0,001765 | $\frac{1}{567}$ |
| 47,0 | 0,0470 | $\frac{1}{21}$ | 0,001734 | $\frac{1}{570}$ | 0,02082 | $\frac{1}{48}$ | 0,001851 | $\frac{1}{540}$ | 0,001784 | $\frac{1}{561}$ |
| 47,5 | 0,0475 | $\frac{1}{21}$ | 0,001752 | $\frac{1}{563}$ | 0,02105 | $\frac{1}{48}$ | 0,001871 | $\frac{1}{534}$ | 0,001805 | $\frac{1}{555}$ |
| 48,0 | 0,0480 | $\frac{1}{21}$ | 0,001771 | $\frac{1}{555}$ | 0,02127 | $\frac{1}{47}$ | 0,001890 | $\frac{1}{528}$ | 0,001822 | $\frac{1}{549}$ |
| 48,5 | 0,0485 | $\frac{1}{21}$ | 0,001789 | $\frac{1}{548}$ | 0,02149 | $\frac{1}{47}$ | 0,001910 | $\frac{1}{522}$ | 0,001841 | $\frac{1}{543}$ |
| 49,0 | 0,0490 | $\frac{1}{20}$ | 0,001810 | $\frac{1}{540}$ | 0,02172 | $\frac{1}{46}$ | 0,001930 | $\frac{1}{516}$ | 0,001860 | $\frac{1}{537}$ |
| 50 | 0,0500 | $\frac{1}{20}$ | 0,001847 | $\frac{1}{532}$ | 0,02217 | $\frac{1}{45}$ | 0,001969 | $\frac{1}{508}$ | 0,001898 | $\frac{1}{530}$ |
| 51 | 0,0510 | $\frac{1}{20}$ | 0,001884 | $\frac{1}{524}$ | 0,02261 | $\frac{1}{44}$ | 0,002008 | $\frac{1}{498}$ | 0,001936 | $\frac{1}{523}$ |
| 52 | 0,0520 | $\frac{1}{19}$ | 0,001921 | $\frac{1}{516}$ | 0,02305 | $\frac{1}{43}$ | 0,002048 | $\frac{1}{488}$ | 0,001974 | $\frac{1}{516}$ |
| 53 | 0,0530 | $\frac{1}{19}$ | 0,001958 | $\frac{1}{508}$ | 0,02349 | $\frac{1}{43}$ | 0,002087 | $\frac{1}{478}$ | 0,002012 | $\frac{1}{509}$ |
| 54 | 0,0540 | $\frac{1}{19}$ | 0,001995 | $\frac{1}{500}$ | 0,02393 | $\frac{1}{42}$ | 0,002127 | $\frac{1}{468}$ | 0,002050 | $\frac{1}{502}$ |
| 55 | 0,0550 | $\frac{1}{18}$ | 0,002032 | $\frac{1}{492}$ | 0,02437 | $\frac{1}{41}$ | 0,002166 | $\frac{1}{458}$ | 0,002088 | $\frac{1}{495}$ |
| 56 | 0,0560 | $\frac{1}{18}$ | 0,002068 | $\frac{1}{484}$ | 0,02481 | $\frac{1}{40}$ | 0,002205 | $\frac{1}{448}$ | 0,002126 | $\frac{1}{488}$ |
| 57 | 0,0570 | $\frac{1}{18}$ | 0,002105 | $\frac{1}{476}$ | 0,02525 | $\frac{1}{40}$ | 0,002245 | $\frac{1}{438}$ | 0,002164 | $\frac{1}{481}$ |
| 58 | 0,0580 | $\frac{1}{17}$ | 0,002142 | $\frac{1}{468}$ | 0,02570 | $\frac{1}{39}$ | 0,002284 | $\frac{1}{428}$ | 0,002202 | $\frac{1}{474}$ |
| 59 | 0,0590 | $\frac{1}{17}$ | 0,002179 | $\frac{1}{460}$ | 0,02615 | $\frac{1}{38}$ | 0,002324 | $\frac{1}{418}$ | 0,002240 | $\frac{1}{467}$ |
| 60 | 0,0600 | $\frac{1}{17}$ | 0,002216 | $\frac{1}{452}$ | 0,02660 | $\frac{1}{38}$ | 0,002363 | $\frac{1}{408}$ | 0,002278 | $\frac{1}{460}$ |
| 61 | 0,0610 | $\frac{1}{16}$ | 0,002253 | $\frac{1}{444}$ | 0,02704 | $\frac{1}{37}$ | 0,002402 | $\frac{1}{398}$ | 0,002316 | $\frac{1}{453}$ |
| 62 | 0,0620 | $\frac{1}{16}$ | 0,002290 | $\frac{1}{436}$ | 0,02748 | $\frac{1}{36}$ | 0,002442 | $\frac{1}{388}$ | 0,002354 | $\frac{1}{446}$ |
| 63 | 0,0630 | $\frac{1}{16}$ | 0,002327 | $\frac{1}{428}$ | 0,02792 | $\frac{1}{35}$ | 0,002481 | $\frac{1}{378}$ | 0,002392 | $\frac{1}{439}$ |
| 64 | 0,0640 | $\frac{1}{15}$ | 0,002364 | $\frac{1}{420}$ | 0,02836 | $\frac{1}{35}$ | 0,002521 | $\frac{1}{368}$ | 0,002430 | $\frac{1}{432}$ |
| 65 | 0,0650 | $\frac{1}{15}$ | 0,002401 | $\frac{1}{412}$ | 0,02880 | $\frac{1}{34}$ | 0,002560 | $\frac{1}{358}$ | 0,002468 | $\frac{1}{425}$ |
| 66 | 0,0660 | $\frac{1}{15}$ | 0,002438 | $\frac{1}{404}$ | 0,02924 | $\frac{1}{34}$ | 0,002600 | $\frac{1}{348}$ | 0,002506 | $\frac{1}{418}$ |
| 67 | 0,0670 | $\frac{1}{15}$ | 0,002474 | $\frac{1}{396}$ | 0,02968 | $\frac{1}{34}$ | 0,002639 | $\frac{1}{338}$ | 0,002544 | $\frac{1}{411}$ |
| 68 | 0,0680 | $\frac{1}{15}$ | 0,002511 | $\frac{1}{388}$ | 0,03012 | $\frac{1}{33}$ | 0,002678 | $\frac{1}{328}$ | 0,002582 | $\frac{1}{404}$ |
| 69 | 0,0690 | $\frac{1}{15}$ | 0,002548 | $\frac{1}{380}$ | 0,03056 | $\frac{1}{33}$ | 0,002718 | $\frac{1}{318}$ | 0,002620 | $\frac{1}{397}$ |

| mm. | Millimeter. | Parijsche duim. | Parijsche lijn. | Engelsche duim. | Weener duim. | | | |
|-----|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|----------|-----------------|
| 70 | 0,0700 | $\frac{1}{14}$ | 0,002583 | $\frac{1}{387}$ | 0,002756 | $\frac{1}{363}$ | 0,002657 | $\frac{1}{373}$ |
| 71 | 0,0710 | $\frac{1}{14}$ | 0,002625 | $\frac{1}{382}$ | 0,002793 | $\frac{1}{357}$ | 0,002693 | $\frac{1}{371}$ |
| 72 | 0,0720 | $\frac{1}{14}$ | 0,002660 | $\frac{1}{375}$ | 0,002833 | $\frac{1}{352}$ | 0,002753 | $\frac{1}{366}$ |
| 73 | 0,0730 | $\frac{1}{14}$ | 0,002697 | $\frac{1}{370}$ | 0,002874 | $\frac{1}{347}$ | 0,002771 | $\frac{1}{361}$ |
| 74 | 0,0740 | $\frac{1}{14}$ | 0,002733 | $\frac{1}{365}$ | 0,002914 | $\frac{1}{343}$ | 0,002809 | $\frac{1}{356}$ |
| 75 | 0,0750 | $\frac{1}{13}$ | 0,002770 | $\frac{1}{361}$ | 0,002955 | $\frac{1}{339}$ | 0,002847 | $\frac{1}{351}$ |
| 76 | 0,0760 | $\frac{1}{13}$ | 0,002807 | $\frac{1}{356}$ | 0,002992 | $\frac{1}{334}$ | 0,002883 | $\frac{1}{346}$ |
| 77 | 0,0770 | $\frac{1}{13}$ | 0,002844 | $\frac{1}{352}$ | 0,003032 | $\frac{1}{330}$ | 0,002923 | $\frac{1}{342}$ |
| 78 | 0,0780 | $\frac{1}{13}$ | 0,002881 | $\frac{1}{347}$ | 0,003071 | $\frac{1}{326}$ | 0,002961 | $\frac{1}{337}$ |
| 79 | 0,0790 | $\frac{1}{13}$ | 0,002918 | $\frac{1}{343}$ | 0,003111 | $\frac{1}{322}$ | 0,002999 | $\frac{1}{333}$ |
| 80 | 0,0800 | $\frac{1}{13}$ | 0,002955 | $\frac{1}{339}$ | 0,003150 | $\frac{1}{318}$ | 0,003037 | $\frac{1}{329}$ |
| 81 | 0,0810 | $\frac{1}{12}$ | 0,002992 | $\frac{1}{334}$ | 0,003189 | $\frac{1}{314}$ | 0,003073 | $\frac{1}{325}$ |
| 82 | 0,0820 | $\frac{1}{12}$ | 0,003029 | $\frac{1}{330}$ | 0,003229 | $\frac{1}{310}$ | 0,003113 | $\frac{1}{321}$ |
| 83 | 0,0830 | $\frac{1}{12}$ | 0,003066 | $\frac{1}{326}$ | 0,003268 | $\frac{1}{306}$ | 0,003151 | $\frac{1}{317}$ |
| 84 | 0,0840 | $\frac{1}{12}$ | 0,003103 | $\frac{1}{322}$ | 0,003308 | $\frac{1}{302}$ | 0,003189 | $\frac{1}{314}$ |
| 85 | 0,0850 | $\frac{1}{12}$ | 0,003140 | $\frac{1}{318}$ | 0,003347 | $\frac{1}{298}$ | 0,003227 | $\frac{1}{310}$ |
| 86 | 0,0860 | $\frac{1}{12}$ | 0,003177 | $\frac{1}{313}$ | 0,003386 | $\frac{1}{293}$ | 0,003265 | $\frac{1}{306}$ |
| 87 | 0,0870 | $\frac{1}{12}$ | 0,003214 | $\frac{1}{311}$ | 0,003426 | $\frac{1}{292}$ | 0,003303 | $\frac{1}{303}$ |
| 88 | 0,0880 | $\frac{1}{11}$ | 0,003250 | $\frac{1}{308}$ | 0,003463 | $\frac{1}{288}$ | 0,003341 | $\frac{1}{299}$ |
| 89 | 0,0890 | $\frac{1}{11}$ | 0,003288 | $\frac{1}{305}$ | 0,003503 | $\frac{1}{285}$ | 0,003379 | $\frac{1}{295}$ |
| 90 | 0,0900 | $\frac{1}{11}$ | 0,003325 | $\frac{1}{302}$ | 0,003543 | $\frac{1}{282}$ | 0,003416 | $\frac{1}{291}$ |
| 91 | 0,0910 | $\frac{1}{11}$ | 0,003362 | $\frac{1}{298}$ | 0,003582 | $\frac{1}{279}$ | 0,003454 | $\frac{1}{287}$ |
| 92 | 0,0920 | $\frac{1}{11}$ | 0,003399 | $\frac{1}{295}$ | 0,003622 | $\frac{1}{276}$ | 0,003492 | $\frac{1}{283}$ |
| 93 | 0,0930 | $\frac{1}{11}$ | 0,003436 | $\frac{1}{291}$ | 0,003661 | $\frac{1}{273}$ | 0,003530 | $\frac{1}{279}$ |
| 94 | 0,0940 | $\frac{1}{11}$ | 0,003473 | $\frac{1}{288}$ | 0,003701 | $\frac{1}{270}$ | 0,003568 | $\frac{1}{275}$ |
| 95 | 0,0950 | $\frac{1}{11}$ | 0,003507 | $\frac{1}{285}$ | 0,003740 | $\frac{1}{267}$ | 0,003606 | $\frac{1}{271}$ |
| 96 | 0,0960 | $\frac{1}{10}$ | 0,003544 | $\frac{1}{282}$ | 0,003779 | $\frac{1}{264}$ | 0,003644 | $\frac{1}{267}$ |
| 97 | 0,0970 | $\frac{1}{10}$ | 0,003581 | $\frac{1}{279}$ | 0,003819 | $\frac{1}{262}$ | 0,003682 | $\frac{1}{263}$ |
| 98 | 0,0980 | $\frac{1}{10}$ | 0,003618 | $\frac{1}{276}$ | 0,003858 | $\frac{1}{259}$ | 0,003720 | $\frac{1}{259}$ |
| 99 | 0,0990 | $\frac{1}{10}$ | 0,003656 | $\frac{1}{273}$ | 0,003898 | $\frac{1}{257}$ | 0,003758 | $\frac{1}{255}$ |
| 100 | 0,1000 | $\frac{1}{10}$ | 0,003694 | $\frac{1}{271}$ | 0,003937 | $\frac{1}{253}$ | 0,003796 | $\frac{1}{251}$ |
| 105 | 0,1050 | $\frac{1}{9}$ | 0,003879 | $\frac{1}{258}$ | 0,004154 | $\frac{1}{243}$ | 0,003986 | $\frac{1}{232}$ |
| 110 | 0,1100 | $\frac{1}{9}$ | 0,004059 | $\frac{1}{246}$ | 0,004370 | $\frac{1}{231}$ | 0,004176 | $\frac{1}{220}$ |
| 115 | 0,1150 | $\frac{1}{9}$ | 0,004243 | $\frac{1}{236}$ | 0,004590 | $\frac{1}{220}$ | 0,004366 | $\frac{1}{209}$ |
| 120 | 0,1200 | $\frac{1}{8}$ | 0,004428 | $\frac{1}{226}$ | 0,004820 | $\frac{1}{209}$ | 0,004555 | $\frac{1}{200}$ |
| 125 | 0,1250 | $\frac{1}{8}$ | 0,004613 | $\frac{1}{217}$ | 0,005000 | $\frac{1}{198}$ | 0,004745 | $\frac{1}{191}$ |
| 130 | 0,1300 | $\frac{1}{8}$ | 0,004797 | $\frac{1}{209}$ | 0,005220 | $\frac{1}{188}$ | 0,004935 | $\frac{1}{183}$ |
| 135 | 0,1350 | $\frac{1}{7}$ | 0,004982 | $\frac{1}{201}$ | 0,005440 | $\frac{1}{177}$ | 0,005125 | $\frac{1}{175}$ |
| 140 | 0,1400 | $\frac{1}{7}$ | 0,005166 | $\frac{1}{193}$ | 0,005660 | $\frac{1}{166}$ | 0,005314 | $\frac{1}{168}$ |
| 145 | 0,1450 | $\frac{1}{7}$ | 0,005351 | $\frac{1}{187}$ | 0,005880 | $\frac{1}{155}$ | 0,005504 | $\frac{1}{162}$ |
| 150 | 0,1500 | $\frac{1}{7}$ | 0,005533 | $\frac{1}{181}$ | 0,006100 | $\frac{1}{145}$ | 0,005694 | $\frac{1}{156}$ |

| mm. | Millimeter. | Parijsche duim. | Parijsche lijn. | Engelsche duim. | Weener duim. | | | |
|-----|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|----------|-----------------|
| 70 | 0,0700 | $\frac{1}{14}$ | 0,002583 | $\frac{1}{387}$ | 0,002756 | $\frac{1}{363}$ | 0,002657 | $\frac{1}{378}$ |
| 71 | 0,0710 | $\frac{1}{14}$ | 0,002625 | $\frac{1}{382}$ | 0,002793 | $\frac{1}{357}$ | 0,002693 | $\frac{1}{371}$ |
| 72 | 0,0720 | $\frac{1}{14}$ | 0,002660 | $\frac{1}{376}$ | 0,002833 | $\frac{1}{352}$ | 0,002733 | $\frac{1}{366}$ |
| 73 | 0,0730 | $\frac{1}{14}$ | 0,002697 | $\frac{1}{370}$ | 0,002874 | $\frac{1}{347}$ | 0,002774 | $\frac{1}{361}$ |
| 74 | 0,0740 | $\frac{1}{14}$ | 0,002735 | $\frac{1}{365}$ | 0,002914 | $\frac{1}{343}$ | 0,002809 | $\frac{1}{356}$ |
| 75 | 0,0750 | $\frac{1}{13}$ | 0,002770 | $\frac{1}{361}$ | 0,002955 | $\frac{1}{339}$ | 0,002847 | $\frac{1}{351}$ |
| 76 | 0,0760 | $\frac{1}{13}$ | 0,002807 | $\frac{1}{356}$ | 0,002992 | $\frac{1}{334}$ | 0,002885 | $\frac{1}{346}$ |
| 77 | 0,0770 | $\frac{1}{13}$ | 0,002844 | $\frac{1}{352}$ | 0,003032 | $\frac{1}{330}$ | 0,002923 | $\frac{1}{342}$ |
| 78 | 0,0780 | $\frac{1}{13}$ | 0,002881 | $\frac{1}{347}$ | 0,003071 | $\frac{1}{326}$ | 0,002961 | $\frac{1}{337}$ |
| 79 | 0,0790 | $\frac{1}{13}$ | 0,002918 | $\frac{1}{343}$ | 0,003111 | $\frac{1}{322}$ | 0,002999 | $\frac{1}{333}$ |
| 80 | 0,0800 | $\frac{1}{13}$ | 0,002955 | $\frac{1}{339}$ | 0,003150 | $\frac{1}{318}$ | 0,003037 | $\frac{1}{329}$ |
| 81 | 0,0810 | $\frac{1}{12}$ | 0,002992 | $\frac{1}{334}$ | 0,003189 | $\frac{1}{314}$ | 0,003075 | $\frac{1}{325}$ |
| 82 | 0,0820 | $\frac{1}{12}$ | 0,003029 | $\frac{1}{330}$ | 0,003229 | $\frac{1}{310}$ | 0,003115 | $\frac{1}{321}$ |
| 83 | 0,0830 | $\frac{1}{12}$ | 0,003066 | $\frac{1}{326}$ | 0,003268 | $\frac{1}{306}$ | 0,003151 | $\frac{1}{317}$ |
| 84 | 0,0840 | $\frac{1}{12}$ | 0,003105 | $\frac{1}{322}$ | 0,003308 | $\frac{1}{302}$ | 0,003189 | $\frac{1}{314}$ |
| 85 | 0,0850 | $\frac{1}{12}$ | 0,003140 | $\frac{1}{318}$ | 0,003347 | $\frac{1}{298}$ | 0,003227 | $\frac{1}{310}$ |
| 86 | 0,0860 | $\frac{1}{12}$ | 0,003177 | $\frac{1}{313}$ | 0,003386 | $\frac{1}{293}$ | 0,003265 | $\frac{1}{306}$ |
| 87 | 0,0870 | $\frac{1}{12}$ | 0,003214 | $\frac{1}{311}$ | 0,003426 | $\frac{1}{292}$ | 0,003303 | $\frac{1}{303}$ |
| 88 | 0,0880 | $\frac{1}{11}$ | 0,003250 | $\frac{1}{308}$ | 0,003463 | $\frac{1}{288}$ | 0,003341 | $\frac{1}{299}$ |
| 89 | 0,0890 | $\frac{1}{11}$ | 0,003288 | $\frac{1}{303}$ | 0,003503 | $\frac{1}{283}$ | 0,003379 | $\frac{1}{295}$ |
| 90 | 0,0900 | $\frac{1}{11}$ | 0,003323 | $\frac{1}{302}$ | 0,003545 | $\frac{1}{282}$ | 0,003416 | $\frac{1}{293}$ |
| 91 | 0,0910 | $\frac{1}{11}$ | 0,003362 | $\frac{1}{298}$ | 0,003582 | $\frac{1}{279}$ | 0,003454 | $\frac{1}{290}$ |
| 92 | 0,0920 | $\frac{1}{11}$ | 0,003399 | $\frac{1}{293}$ | 0,003622 | $\frac{1}{276}$ | 0,003492 | $\frac{1}{286}$ |
| 93 | 0,0930 | $\frac{1}{11}$ | 0,003436 | $\frac{1}{291}$ | 0,003661 | $\frac{1}{273}$ | 0,003530 | $\frac{1}{283}$ |
| 94 | 0,0940 | $\frac{1}{11}$ | 0,003475 | $\frac{1}{288}$ | 0,003701 | $\frac{1}{270}$ | 0,003568 | $\frac{1}{280}$ |
| 95 | 0,0950 | $\frac{1}{11}$ | 0,003507 | $\frac{1}{283}$ | 0,003740 | $\frac{1}{267}$ | 0,003606 | $\frac{1}{277}$ |
| 96 | 0,0960 | $\frac{1}{10}$ | 0,003544 | $\frac{1}{282}$ | 0,003779 | $\frac{1}{264}$ | 0,003644 | $\frac{1}{274}$ |
| 97 | 0,0970 | $\frac{1}{10}$ | 0,003581 | $\frac{1}{279}$ | 0,003819 | $\frac{1}{262}$ | 0,003682 | $\frac{1}{271}$ |
| 98 | 0,0980 | $\frac{1}{10}$ | 0,003618 | $\frac{1}{276}$ | 0,003858 | $\frac{1}{259}$ | 0,003720 | $\frac{1}{268}$ |
| 99 | 0,0990 | $\frac{1}{10}$ | 0,003656 | $\frac{1}{273}$ | 0,003898 | $\frac{1}{257}$ | 0,003758 | $\frac{1}{265}$ |
| 100 | 0,1000 | $\frac{1}{10}$ | 0,003694 | $\frac{1}{271}$ | 0,003937 | $\frac{1}{253}$ | 0,003796 | $\frac{1}{264}$ |
| 105 | 0,1050 | $\frac{1}{9}$ | 0,003879 | $\frac{1}{258}$ | 0,004154 | $\frac{1}{243}$ | 0,003986 | $\frac{1}{252}$ |
| 110 | 0,1100 | $\frac{1}{9}$ | 0,004059 | $\frac{1}{246}$ | 0,004370 | $\frac{1}{231}$ | 0,004176 | $\frac{1}{240}$ |
| 115 | 0,1150 | $\frac{1}{9}$ | 0,004243 | $\frac{1}{236}$ | 0,004590 | $\frac{1}{220}$ | 0,004366 | $\frac{1}{230}$ |
| 120 | 0,1200 | $\frac{1}{8}$ | 0,004428 | $\frac{1}{228}$ | 0,004820 | $\frac{1}{199}$ | 0,004555 | $\frac{1}{220}$ |
| 125 | 0,1250 | $\frac{1}{8}$ | 0,004613 | $\frac{1}{217}$ | 0,005000 | $\frac{1}{188}$ | 0,004743 | $\frac{1}{211}$ |
| 130 | 0,1300 | $\frac{1}{8}$ | 0,004797 | $\frac{1}{209}$ | 0,005220 | $\frac{1}{178}$ | 0,004933 | $\frac{1}{203}$ |
| 135 | 0,1350 | $\frac{1}{7}$ | 0,004982 | $\frac{1}{201}$ | 0,005440 | $\frac{1}{177}$ | 0,005123 | $\frac{1}{195}$ |
| 140 | 0,1400 | $\frac{1}{7}$ | 0,005166 | $\frac{1}{193}$ | 0,005660 | $\frac{1}{166}$ | 0,005314 | $\frac{1}{188}$ |
| 145 | 0,1450 | $\frac{1}{7}$ | 0,005351 | $\frac{1}{187}$ | 0,005880 | $\frac{1}{155}$ | 0,005504 | $\frac{1}{182}$ |
| 150 | 0,1500 | $\frac{1}{7}$ | 0,005533 | $\frac{1}{181}$ | 0,006100 | $\frac{1}{149}$ | 0,005694 | $\frac{1}{176}$ |

| <i>numm.</i> | Millimeter. | | Parijsche duim. | | Parijsche lijn. | | Engelsche duim. | | Weener duim. | |
|--------------|-------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|
| 155 | 0,1550 | $\frac{1}{64}$ | 0,005710 | $\frac{1}{175}$ | 0,06820 | $\frac{1}{15}$ | 0,006107 | $\frac{1}{164}$ | 0,005884 | $\frac{1}{170}$ |
| 160 | 0,1600 | $\frac{1}{62}$ | 0,005904 | $\frac{1}{169}$ | 0,07040 | $\frac{1}{14}$ | 0,006504 | $\frac{1}{152}$ | 0,006074 | $\frac{1}{165}$ |
| 165 | 0,1650 | $\frac{1}{60}$ | 0,006089 | $\frac{1}{165}$ | 0,07260 | $\frac{1}{14}$ | 0,006501 | $\frac{1}{154}$ | 0,006264 | $\frac{1}{160}$ |
| 170 | 0,1700 | $\frac{1}{58}$ | 0,006275 | $\frac{1}{158}$ | 0,07480 | $\frac{1}{13}$ | 0,006698 | $\frac{1}{150}$ | 0,006455 | $\frac{1}{155}$ |
| 175 | 0,1750 | $\frac{1}{56}$ | 0,006458 | $\frac{1}{154}$ | 0,07700 | $\frac{1}{13}$ | 0,006895 | $\frac{1}{145}$ | 0,006645 | $\frac{1}{151}$ |
| 180 | 0,1800 | $\frac{1}{54}$ | 0,006642 | $\frac{1}{151}$ | 0,07940 | $\frac{1}{13}$ | 0,007092 | $\frac{1}{141}$ | 0,006835 | $\frac{1}{148}$ |
| 185 | 0,1850 | $\frac{1}{52}$ | 0,006827 | $\frac{1}{147}$ | 0,08160 | $\frac{1}{12}$ | 0,007289 | $\frac{1}{137}$ | 0,007025 | $\frac{1}{145}$ |
| 190 | 0,1900 | $\frac{1}{50}$ | 0,007011 | $\frac{1}{143}$ | 0,08380 | $\frac{1}{12}$ | 0,007486 | $\frac{1}{135}$ | 0,007212 | $\frac{1}{143}$ |
| 195 | 0,1950 | $\frac{1}{48}$ | 0,007195 | $\frac{1}{139}$ | 0,08600 | $\frac{1}{12}$ | 0,007683 | $\frac{1}{130}$ | 0,007402 | $\frac{1}{139}$ |
| 200 | 0,2000 | $\frac{1}{47}$ | 0,007388 | $\frac{1}{136}$ | 0,08866 | $\frac{1}{11}$ | 0,007874 | $\frac{1}{127}$ | 0,007592 | $\frac{1}{132}$ |



549. **E**en der eerste vereischten in ieder, die zich met natuurhistorische en anatomische onderzoekingen bezig houdt, is de kunst om het waargenomene in eene getrouwe afbeelding terug te geven. Geene beschrijving in woorden toch, hoe uitvoerig en juist overigens, is in staat te wedijveren met de eenvoudigste teekening telkens waar het er op aan komt bij eenen anderen eene dergelijke voorstelling op te wekken, als door de beschouwing van eenig voorwerp bij den waarnemer ontstaan is. Goede afbeeldingen zijn daarenboven eene algemeene taal, die voor ieder verstaanbaar is, tot welken landaard hij ook moge behooren, mits hij geen volkomen vreemdeling is in de soort van onderzoek, waartoe zij betrekking hebben.

Dikwijls, wel is waar, kan de natuuronderzoeker het vervaardigen van afbeeldingen aan eenen anderen overlaten, wanneer hij zijnen tijd zelf nuttiger op eene andere wijze besteden kan, maar ook dan nog is het wenschelijk, dat hij, des gevorderd, zelf in staat zoude geweest zijn de afbeelding te vervaardigen, ten einde behoorlijk het oog te houden op hare uitvoering, daar zij, aan eenen teekenaar van beroep toevertrouwd, hoewel, uit het oogpunt der kunst, voortreffelijk zijnde, toch aan het oogmerk, waartoe zij eigenlijk bestemd is, namelijk het geven eener zooveel mogelijk duidelijke

lijke voorstelling van het waargenomene, niet zelden zeer slecht voldoen zal.

Hier komt nog bij, dat er geen beter middel is, om zich tot een goed waarnemer te vormen, dan zich te gewennen, zooveel tijd en gelegenheid zulks veroorlooven, gedurende het doen van waarnemingen, van datgene wat men ziet ook afbeeldingen te maken. De ondervinding zal het aan ieder leeren, dat, telkens wanneer men zulks doet, de opmerkzaamheid op eene menigte vaak belangrijke bijzonderheden gevestigd wordt, die haar anders zouden ontglipt zijn.

Het hier gezegde geldt bovenal van mikroskopische waarnemingen. Indien men meende, dat het juist bij dezen verkieslijk is zich voor het maken der afbeeldingen tot eenen anderen te wenden, die niet gewoon is mikroskopische voorwerpen te beschouwen, omdat zoo iemand geheel onbevooroordeeld zijnde minder gevaar zal loopen van de voorwerpen anders te teekenen, dan zij zich werkelijk door het mikroskoop vertoonen, dan zoude men grootelijks dwalen. Het mikroskopische zien is, gelijk in een der vorige hoofdstukken werd aangetoond, in meer dan één opzigt verschillend van het gewone zien; het moet worden aangeleerd, en slechts hij kan eene bruikbare mikroskopische afbeelding vervaardigen, die zelf een goed mikroskopisch waarnemer is.

Men stelle zich intusschen niet voor, dat hiertoe eene groote mate van kunstvaardigheid gevorderd wordt, waartoe men alleen door eene vele jaren lang voortgezette oefening, en onder behoorlijke leiding, kan geraken. De enige vereischten zijn die, welke elk mikroskopisch waarnemer buitendien moet bezitten: een goed oog, eene vaste hand en geduld. Verders heeft men niets noodig dan papier, cenige potlooden van verschillende hardheid, en een stukje caoutchouc.

Ten einde echter dengenen, die zich nog weinig hierop heeft toegelegd, bij zijne eerste schreden de behulpzame hand te bieden, willen wij hier kortelijk de hoofdvereischen van eene mikroskopische afbeelding beschouwen, en eenige hulpmiddelen aangeven, welke bij hare vervaardiging te pas kunnen komen.

350. Deze hoofdvereischen zijn: *waarheid* en *duidelijkheid*; *sierlijkheid* is hoogstens eene goede bijkomende eigenschap, doch waaraan nimmer de beide eerstgenoemde mogen worden opgeofferd. Het zal echter noodig zijn de beteekenis, welke hier aan de woorden: *waarheid* en *duidelijkheid*, moet worden gehecht, nader te ontvouwen.

Men heeft wel eens gemeend, dat de beste afbeeldingen van mikroskopische voorwerpen altijd ook die moesten wezen, waarin deze werden voorgesteld juist zoo als zij zich in het gezichtsveld vertoonen, zonder in de afbeelding daar iets af of toe te doen. Op dien grond steunt dan ook het gebruik, dat men reeds heeft aangevangen te maken van de photographie en de daguerrotypie tot het verkrijgen van zulke afbeeldingen. Intusschen is dit eene dwaling, en de hoop, die men op deze kunstmiddelen gevestigd heeft, als of zij alle andere met de hand vervaardigde teekeningen niet alleen ontbeerlijk zouden maken, maar deze zelfs in juistheid en naauwkeurigheid overtreffen, omdat zij van de subjectiviteit des waarnemers geheel onafhankelijk zijn, moet als ijdel worden beschouwd. Wel is waar geeft eene gedaguerrotypeerde plaat de beelden der voorwerpen naauwkeurig zoo terug, als zij zich op het oogenblik der kunstbewerking in het gezichtsveld zouden vertoond hebben, wanneer men hen had kunnen waarnemen, maar juist deze overmatige

getrouwheid maakt zulke afbeeldingen niet alleen onduidelijk maar ook onwaar. Vooreerst namelijk worden alle niet eigenlijk tot het voorwerp behorende, toevallig aanwezige deelen te gelijk met hetzelfde afgebeeld, en dienen dus alleen tot het geven van eenen verwarden indruk bij de beschouwing; zulk eene afbeelding moet bestudeerd worden, ten einde datgene, wat geen bestanddeel van het voorwerp uitmaakt, in gedachte van het beeld af te trekken. Maar ten tweede is ook de afbeelding gedeeltelijk onwaar, want zij vertoont alleen het getrouwe ware beeld van zulke voorwerpen of gedeelten van een voorwerp, die zich volkomen op den juiste afstand van het objectief bevonden op het oogenblik, dat de kunstbewerking geschiedde; al de overige, welke óf iets verder verwijderd, óf iets naderbij waren, hebben diffusiebeelden gevormd, die grooter zijn dan de ware beelden, en zonder scherpe omtrekken.

Uit dit voorbeeld kan reeds blijken, dat in slechts zeer weinige gevallen alles, wat zich bij eene bepaalde stelling van het mikroskoop in het gezichtsveld vertoont, ook in de afbeelding moet worden opgenomen, en dat, hoe schijubaar tegenstrijdig het ook klinkt, eene volkomen getrouwe afbeelding daarom nog niet altijd eene volkomen ware is.

Elke afbeelding moet dienen, om eene waarneming terug te geven, maar dan moet zij ook werkelijk het resultaat eener waarneming zijn. Men behoort den beschouwer eener afbeelding de moeite te besparen, die men zelf ondervonden heeft bij het verrigten der waarneming, en zulks te meer, omdat deze niet meer in de gelegenheid is, om, door verandering van den afstand van het voorwerp, en andere hulpmiddelen, die den waarnemer ten dienste staan, de ware beteekenis van datgene, wat hij in de afbeelding ziet, te

ontcijferen. Van daar dat het niet alleen geoorloofd, maar zelfs pligt is in eene afbeelding alles weg te laten, wat niet tot het eigenlijke voorwerp, dat men afbeelden wil, behoort. Niet alleen geldt dit van alle toevallig aanwezige deeltjes, die aan het voorwerp der waarneming geheel vreemd zijn, zoo als kleine stofdeeltjes, welke, in de lucht zwevende, daarop gevallen zijn, maar ook van zulke gedeelten van het voorwerp zelve, wier opname in de afbeelding slechts dienen zoude, om deze minder duidelijk te maken. Zoo b. v. ziet men dikwerf in doorsneden van plantenweefsels verscheidene lagen van cellen, die door elkander heen schemeren, doch waarvan alleen de bovenste klaar en scherp wordt waargenomen. In zulk een geval mag men zich gerustelijk bij de teekening van deze enkele laag bepalen, daar de afbeelding der dieper gelegen lagen tot niets anders dan tot verwarring zoude leiden.

Evenzoo is het met een ander punt gelegen, namelijk met het uitdrukken van den lichamelijken vorm in de teekening van mikroskopische voorwerpen. Bij de waarneming door het mikroskoop ziet men alleen vlakken scherp; het lichamelijke van eenig voorwerp maakt, dat men hetzelfde nimmer in zijn geheel op hetzelfde oogenblik duidelijk ziet, maar alleen door opvolgende veranderingen in den afstand tot het objectief. Het zoude echter geheel ongerijmd zijn, om zulke lichamen, in welker afbeelding het inzonderheid op de uitdrukking van den lichamelijken vorm aankomt, kristallen b. v., juist zoo te teekenen, als men hen door het mikroskoop ziet, d. i. met een der vlakken voorzien van scherpe omtrekken, en de overigen als door een nevel heen schemerende. Telkens derhalve, wanneer het resultaat der waarneming de uitdrukking van den lichamelijken vorm in de afbeelding vordert, is de-

ze ook volkomen geoorloofd, alhoewel men dus doende niet eenen enkelen, maar vele opvolgend door het mikroskoop ontvangen indrukken, tot één geheel gebragt, teruggeeft.

551. Het lijdt geen twijfel, of de zoo even gegeven regel: dat elke afbeelding het resultaat der waarneming moet zijn, sluit in zich, dat zulk eene afbeelding nimmer op volkomen waarheid kan aanspraak maken, even min als zulks ooit van de uitkomst van eenige waarneming, in den volstrekten zin des woords, kan gezegd worden; maar zoo wel de eene als de andere kan er toe naderen, en dit zoo na mogelijk te doen, moet het streven van ieder zijn, die zijne onderzoekingen ten nutte der wetenschap wil doen strekken. Ook hier echter kan men zich, zonder der waarheid eenigermate te kort te doen, nog tusschen zekere grenzen bewegen, waartoe het beschouwen der organische natuur zelve ons regt geeft. Bij het afbeelden van een bloedvatennet b. v., is het volmaakt onverschillig, of wij aan een takje, dat in werkelijkheid onder eenen hoek van 50° met een ander takje samenhangt, eene rigting geven, als of die hoek 51° bedraagt, omdat er duizende takjes in hetzelfde net zijn, waar het verschil zoo veel en nog veel meer bedraagt. Maar daarentegen zijn er andere gevallen, waarin de getrouwe navolging tot in de minste bijzonderheden vereischt wordt. Hij b. v., die bij de afbeelding van kristallen zich even weinig aan de werkelijke grootte hunner hoeken hield, als bij de tekening der vertakkingen van een bloedvatennet, zoude voorzeker zeer gebrekkige afbeeldingen leveren.

Het is inzonderheid voor de vervaardiging van zulke afbeeldingen, waar het op groote juistheid aankomt, dat de verschillende kunstmiddelen te pas komen, die voor het tee-

kenen van mikroskopische voorwerpen zijn aanbevolen. Men schatte hunne hulp echter niet hooger, dan zij werkelijk verdienen. Geen hunner toch stelt den geheel ongeoeffenden in staat, om eene behoorlijk afgewerkte mikroskopische teekening te vervaardigen, maar de reeds geoeffende kan er veel voordeel van trekken tot het vervaardigen van naauwkeurige schetsen, die hij dan later uitwerkt.

Van het meerendeel dezer middelen (de verschillende soorten der *camera lucida*, het Sömmerringsche spiegeltje, het Oberhäusersche prisma, enzv.) is de beschrijving reeds in het 1^{ste} Deel, § 177 en vervolg, gegeven. Allen zijn voor het hier bedoelde oogmerk nagenoeg even bruikbaar, en vorderen alleen, dat het beeld op eene weinig verlichte oppervlakte geprojectieerd wordt, waarop deszelfs randen dan kunnen worden nagetrokken. Het best dient hiervoor, gelijk reeds daar gezegd is, eene gewone lei, waarop men met eene griffel zeer fijn kan teekenen. Iets minder goed, uithoofde der meerdere ruwheid, is het zwarte leipapier, maar daarentegen heeft dit het voordeel, dat men de met eenen griffel gemaakte teekening op zulk papier door een afkooksel van vischlijm bevestigen kan, waarom ik bij voorkeur daarvan gebruik maak.

332. In sommige opzichten worden deze onderscheidene projectiemiddelen overtroffen door de volgende inrigting, afgebeeld in fig. 23, waarvan ik mij reeds sedert vele jaren bedien, en welke niet anders is dan een *draagbaar zonmikroskoop*. A is een blikken bus, van boven en beneden open, naar onderen kegelvormig toeloopende, en aldaar cilindervormig eindigende. Deze bus is van binnen en van buiten dof zwart geverwd. Hare grootte kan verschillend zijn; die waarvan ik mij bedien, is 25 centim. hoog, en van boven

16 centim. wijd. Aan het bovenste open einde is een rand, waarop eene mat geslepen schijf spiegelglas *m* past, welke ook met eene doorschijnende glasplaat van gelijken vorm kan verwisseld worden. Plaatst men nu zulk eene bus boven een mikroskoop, hetzij enkelvoudig of zamengesteld (*B*), waarvan de verlichtingstoestel bestaat uit eenen vlakken spiegel en eene concentrerende lens (1), zoodat men, met den spiegel het zonlicht opvangende, op het voorwerp eenen convergerende stralenbundel laat vallen, die hetzelfde sterk verlicht, dan zal zich op het matte glas *m* een beeld vormen van elk voorwerp, dat zich op den juisten afstand van het objectiefstelsel, of, bij het enkelvoudig mikroskoop, van de vergrootende lens bevindt.

Om dit beeld echter goed te zien, moet gezorgd worden, dat alle lichtstralen, die niet van den spiegel komen, worden buitengesloten. Ter afsluiting der van onderen binnendringende stralen, is het benedenste cilindrische gedeelte der bus juist zoo wijd, dat, indien het over het oculair van een zamengesteld mikroskoop wordt gebragt, er tusschen beiden niet meer dan eene ruimte van een of twee millimeters overblijft, terwijl bovendien op het punt, waar het kegelvormig gedeelte der bus aanvangt, een ring is geplaatst, waarvan de opening slechts iets grooter is dan die van het oculair. Bij het gebruik van een enkelvoudig mikroskoop tot hetzelfde oogmerk, wordt op den rand van het busje, dat de vergrootende lens bevat, een kort houten kokertje gesteld, dat, even als het oculair van het zamengesteld mikroskoop, dan door het cilindrische gedeelte der bus omgeven wordt.

Voor het buitensluiten der van boven invallende stralen,

(1) De verlichting kan ook gescheiden, ofschoon op eene iets minder doelmatige wijze, door eenen enkelen hollen spiegel, waarvan vele mikroskopen voorzien zijn.

heeft men niets anders te doen, dan een scherm te bezigen, vervaardigd van stevig zwart katoen of zijde en vastgemaakt aan eenen ring, die om het hoofd geplaatst wordt. Is de gebezigde vergrooting niet zeer sterk, dan is het reeds voldoende een stuk zwartgemaakt bordpapier te nemen, waarvan de breedte ongeveer twee derde van den bovensten omtrek der bus, en de hoogte 25—30 centim. bedraagt. Dit gebogen zijnde, zoodat het in de bovenrand der bus past, en op het matte glas rust, kan in de meeste gevallen, waar van den toestel tot teekenen wordt gebruik gemaakt, de plaats van het altijd eenigzins lastige scherm vervangen.

Daar het voor het vervaardigen van afbeeldingen echter een vereischte is, dat de bus volkomen vast staat, en beide handen vrij zijn, zoo wordt zij in het mede in de figuur afgebeelde tafeltje vastgeklemd. Dit tafeltje, van eikenhout vervaardigd, bestaat uit twee helften, die alleen door de beide schroeven *og* en *ph* vereenigd worden gehouden. De lijn *cd* duidt de grenzen dier beide helften aan. Te zamen vereenigd zijnde, is er in het midden eene ronde opening *ik*, waarin het cilindrische gedeelte der bus past, doch eerst na aandraaijing der beide schroeven *og* en *hp* volkomen bevestigd is, zoodat de bus dan onbewegelijk vast staat. Om de onbewegelijkheid van het geheel te bevorderen, zijn de vier pooten van het tafeltje in eene buitenwaartsche rigting geplaatst. Deszelfs hoogte hangt natuurlijk geheel af van die van het gebruikte mikroskoop. Vele zamengestelde mikroskopen zijn reeds zelve te hoog, om er nog eene bus van bovengenoemde lengte boven te kunnen houden. Men kan alsdan de bus korter nemen, waarbij echter zoowel de vergrooting als het gezichtsveld kleiner worden. Beter is het daarom zulk een mikroskoop met den geheelen toestel op eene

tafel met kortere pooten dan gewoonlijk te plaatsen, zoodat het bovenste gedeelte der bus met de glasplaat zich op eene voor het doel gepaste hoogte bevindt.

Wil men nu dezen toestel tot het vervaardigen eener teekening, of liever eener schets aanwenden, dan legt men op de doorschijnende glasplaat een stuk papier; gewoon velijn postpapier is daartoe zeer geschikt; hierop giet met terpenhijnolie, en keert het stuk papier op de glasplaat om, opdat beide oppervlakten met de olie doortrokken worden. Zijn dan de spiegel en de verlichtingslens goed gesteld, het voorwerp op den vereischten afstand gebragt, en de buitenstralen genoegzaam afgesloten, dan ziet men op het papier het beeld van het voorwerp, en trekt dit met de fijne punt van een potlood na. Zoolang het papier nog doortrokken is van de olie, vertoonen zich de potloodstreepen onduidelijk, maar zoodra de olie vervlugtigd is, komen deze duidelijk te voorschijn.

Verlangt men dan van zulk eene schets gebruik te maken voor eene meer uitgewerkte teekening, dan wordt zij gelegd op het hiertoe bestemde papier, en nu met eene fijne, maar niet al te scherpe spits, — die van eene gewone griffel, welke men zoo fijn kan maken, als men verkiest, is hiervoor zeer geschikt, — al de potloodstreepen op het onderliggend papier doorgetrokken.

In de plaats van met terpenhijnolie bevochtigd papier kan men ook vooraf doorschijnend gemaakt papier aanwenden, het zoogenaamde *papier végétal*, dat men ook zelf vervaardigen kan, met behulp van gekookte lijnolie, of van een mastikvernis.

255. Nog andere middelen, dan de reeds opgegevene, kunnen gebezigd worden, om het vervaardigen van mikrosko-

pische teekeningen gemakkelijker en zekerder te maken. Daartoe behooren: een in ruitjes verdeelde glasmikrometer, of een uit fijne metaaldraden vervaardigd gaas, hetwelk in het oculair gebragt het geheele gezigtveld in vierkante ruiten verdeelt. Heeft men dan vooraf op een papier dergelijke doch grootere ruiten getrokken, dan kan men vervolgens het beeld van het voorwerp, zoo als het zich in het gezigtveld van het mikroskoop vertoont, daarin nateekenen.

Op een dergelijk beginsel steunt eene door Stilling (1) aangegeven handelwijze. Hij bezigt daartoe glaspapier, zijnde eene uit dierlijke lijm vervaardigde massa, zoo dun als papier en zoo doorschijnend als glas. Een stukje van dit glaspapier wordt met een weinig arabische gom vastgekleefd op het dekplaatje, waaronder eenige mikroskopisch praeparaat ligt. Men brengt dit nu onder het mikroskoop, en trekt met eene graveernaald de omtrekken van het vergroote voorwerp op het glaspapier. Vervolgens wordt hierover een net van streepen getrokken, zoodat het geheel in vierkante ruitjes is afgedeeft, en daarna een dergelijk net van grootere ruiten op een stuk papier, waarop men dan de teekening, die op het glaspapier gemaakt is, overbrengt.

Het is echter duidelijk, dat deze methode alleen bruikbaar is voor zeer geringe vergrootingen, van 10—20 maal, daar er anders geene ruimte meer is voor het tusschenbrengen der graveernaald, en bovendien het voorwerp en het glaspapier, zich niet op gelijken afstand van het mikroskoop bevindende, ook niet te gelijker tijd scherp kunnen gezien worden.

Er is echter van het glaspapier nog een ander mede door

(1) *Untersuchungen über den Bau und die Verrichtungen des Gehirns*
Jena. 1846. s. 20.

Stilling aangegeven gebruik te maken. Wil men namelijk eene zich daarop bevindende teekening op papier, of ook, voor eene lithographie, op steen overbrengen, dan wrijft men de gegraveerde oppervlakte in met poeder van rood of zwart krijt, of ook van potlood, en blaast of veegt vervolgens al het overtollige af. Legt men dan de ingewreven oppervlakte, waarvan alleen de met de naald ingesneden plaatsen het poeder hebben opgenomen, op papier of steen, en wrijft men met een vouwbeen eenige malen over de tegenovergestelde oppervlakte van het glaspapier, dan drukt zich de teekening omgekeerd daarop af. Wil men de teekening ook hier regt gekeerd hebben, dan wordt het gegraveerde stuk glaspapier op zwart papier gelegd, en nu de teekening eerst aan de andere oppervlakte nagetrokken, waarna deze ingewreven en overigens op gelijke wijze gehandeld wordt.

Het is duidelijk, dat, indien men tot vervaardiging der teekening het zoo even beschreven draagbare zonnemikroskoop bezigt, en op de matgeslepen glasplaat een stuk glaspapier legt, men dan hierop met weinig moeite eene zeer nauwkeurige teekening kan graveren, en deze later, op gezegde wijze, op papier of steen overbrengen.



554. **H**et is van het hoogste belang voor den mikroskopischen onderzoeker middelen te bezitten, welke hem in staat stellen, om de door hem vervaardigde praeparaten in hunnen oorspronkelijken toestand te bewaren. Ook heeft men, van den eersten aanvang des gebruikts van het mikroskoop af aan, dit ingezien, en daartoe strekkende pogingen in het werk gesteld, gelijk uit het historisch overzicht hiervan in het volgende deel zal blijken.

Hier ter plaatse zal ik alleen verslag geven van die bewaarmethoden, welke deugdelijkheid mij door eene veeljarige ondervinding gebleken is.

Slechts zeer weinige voorwerpen laten zich *droog* in eenen onveranderden toestand bewaren, en zelfs al is zulks het geval, zoo als bij haren, vischschubben en dergelijke, dan nog verdient deze bewaarmethode in de meeste gevallen de voorkeur niet, omdat, wanneer zulke voorwerpen in de lucht liggen (z. § 258), zij te weinig doorschijnendheid bezitten, om hunne zamenstellende bestanddeelen behoorlijk waarneembaar te doen zijn. Het zijn schier alleen de in-sektenschubbetjes, zoo als diegene, welke tot proefvoorwerpen (z. Dl. I. § 224) dienen, voor welke deze bewaarmethode niet alleen bruikbaar, maar zelfs verkieslijk is, uit hoofde der meerdere duide-

lijkheid, waarmede hier de verschillende soorten van streepjes juist in de drooge voorwerpen gezien worden.

Om zulke schubbetjes voor de beschouwing door het mikroskoop gereed te houden, is het eenvoudigst, dat men eenigen hunner op een voorwerpplaatje legt, waarop zij van zelf genoeg kleven, hetgeen men anders bevorderen kan, door vooraf het plaatje even te beademen; vervolgens legt men er een dekplaatje op, hetwelk van eene voor het doel geschikte dikte moet zijn (z. Dl. I. § 160), en eindelijk overlapt men dek- en voorwerpplaatje beide met eene strook papier, in welker midden eene opening is voor de plaats, waar het voorwerp ligt.

Verschillende organische voorwerpen zouden, enkel droog bewaard wordende, spoedig de prooi worden van plantaardige en dierlijke parasieten. Dit geldt b. v. van doorsneden van vooraf opgeblazen en gedroogde organen, gelijk de longen en anderen. Om dit te voorkomen ben ik gewoon zulke praeparaten met terpenhijnolie te bevochtigen; deze verdampt zijnde, laat altijd eene uiterst dunne vernisachtige laag achter, welke voldoende is, om het weefsel verder te beschutten.

555. Verreweg de meeste mikroskopische voorwerpen en praeparaten vorderen echter de bewaring in een vocht, en dit vocht moet wederom verschillend wezen, naar gelang van den aard van het voorwerp. De door mij gebruikte zijn de volgende:

1° eene verzadigde oplossing van *chlorcalcium*, welke geheel vrij van ijzer behoort te zijn.

Deze oplossing is van een zeer algemeen nut, en kan worden aangewend in alle zulke gevallen, waar het te bewaren weefsel eenen tamelijken graad van vastheid of hardheid be-

zit. In haar houden zich het best: alle *been-* en *tand-*praeparaten, doorsneden van *haren*, *vederen*, *vischschubben*, *balein*, en andere dergelijke deelen. Verders is het een zeer goed bewaarmiddel voor vele kleine diertjes, die van eene harde opperhuid voorzien zijn, zoo als *kaas-* en *schurftmyten*, kleine *zoetwater-crustaceën*, enzv.

Voor alle *plantaardige voorwerpen*, waarin de wanden der cellen en vaten eene beginnende incrustatie hebben ondergaan, is deze oplossing mede het geschikste middel; zoo ook is het zeer bruikbaar voor de bewaring der *kiezelschalige baccillariën* of *diatomeën*, voor zoo ver men hierbij alleen de schalen of pantsers op het oog heeft, enzv.

Bij het gebruik heeft met niets anders te doen, dan het voorwerp, op een voorwerpplaatje liggende, met eenen droppel der oplossing te bevochtigen, hierbij zorg dragende de lucht-bellen te verwijderen, die zich welligt hier of daar bevinden. Vervolgens worden op de beide uiteinden van het glasplaatje een paar papierstrooken geplakt, waarvan de dikte beantwoordt aan die van het voorwerp, en eindelijk het geheel bedekt met een glasplaatje van gelijke grootte als het onderste.

Indien men later bemerkt, dat er geen vocht genoeg op het voorwerp is gebragt, of dat het eenigzins weggevloeid is, dan kan men op de randen der beide glasplaatjes eenen droppel der oplossing brengen, die capillair daartusschen wordt opgezogen, hetgeen men bevorderen kan door een dun strookje papier tusschen de glasplaatjes te brengen. Dit laatste middel kan ook dienen, om, wanneer het praeparat iets verschoven is, het de regte plaats te doen hernemen.

Voor de zamenplakking der papierstrookjes en glasplaatjes, maakt men hier, zoowel als in alle andere gevallen, het best gebruik van stijfselpap, waaronder een weinig acidum arseni-

cosum gemengd is, ten einde de vorming eener schimmel te voorkomen, welke zich anders ligt ontwikkelt, en de praeparaten bederft.

2° *Canadabalsem*. Er komen van dezen meerdere soorten in den handel voor, die zich door verschillenden graad van reinheid en kleuring onderscheiden. De beste, en voor het hier beoogde doel eigenlijk alleen bruikbare, is volkomen doorschijnend, bijna ongekleurd en dikvloeiend.

Als bewaarmiddel wordt de canadabalsem aangewend in alle zulke gevallen, waar het tevens van belang is de doorschijnendheid van het voorwerp te verhoogen, zooals bij *pollenkorrels*, doorsneden van *harde vruchtbekleedsels*, van *korralen*, van *schelpen*, en inzonderheid voor zulke *geinjiceerde praeparaten* van dierlijke organen, die door eene voorafgaande drooging geene verandering ondergaan, waaromtrent men § 516 vergelijken kan. Verders dient dit middel ook voor vele poedervormige minerale zelfstandigheden, zoo als voor het *diatomeën* bevattende slib, het zichtbaar maken der *foraminiferen* in het krijt, enzv. Voorwerpen der laatste soort worden eerst met water op een voorwerpplaatje uitgespreid, en dit vervolgens verwarmd, totdat het poeder droog geworden is. Koud geworden zijnde, brengt men er den canadabalsem op, dien men, indien zij te dikvloeiend mogt zijn, vooraf met een weinig terpenhijnolie tot siroopdikte heeft gebracht. Bij de meeste overige voorwerpen is eene voorafgaande bevochtiging met water echter onnoodig, maar doet men wel er eerst enkel terpenhijnolie op te brengen, ter verwijdering der welligt aanwezige luchtbelllen, en vervolgens deze door canadabalsem te vervangen.

Overigens handelt men met het beplakken en bedekken der praeparaten even als bij het gebruik van chlorcalcium.

3° Eene door destillatie met water verkregene *waterige kreosootoplossing*, of de gefiltreerde verzadigde oplossing van kreosoot in een mengsel van 1 deel alcohol van 52° met 20 deelen water. Beide voldoen zeer goed voor alle praeparaten van *spieren*, *bindweefsel*, *pezen*, *banden*, *kraakbeen*, doorsneden van *been* of *tanden*, die met zuren uitgetrokken zijn, de vezelen der *kristallens*, enzv. Voor bewaring van het vetweefsel, van de primitiefbuizen der zenuwen, van de bloedschijfjes, is het ongeschikt. In den regel verkrijgen de daarin bewaarde weefsels na eenigen tijd eene bruinachtig gele tint.

4° Eene oplossing van *acidum arsenicosum*, verkregen door eenen overvloed daarvan met water te koken, na bekoeling te filtreren, en met 5 maal zooveel water te verdunnen. Dit bewaarvocht is voor dierlijke deelen een der meest algemeen aanwendbare; *al de weefsels, welke in het vorige vocht bewaarbaar zijn*, en bovendien ook het *vetweefsel*, kunnen daarin onveranderd gehouden worden, en daar zij hierdoor ook geene gele kleuring, of zoo al, in veel geringere mate, verkrijgen, zoo heb ik in de laatste jaren aan hetzelfde over het algemeen de voorkeur gegeven.

5° Oplossingen van 1 deel *deuto-chloruretum hydrargyri* in 200 tot 500 deelen water. De concentratie-toestand dezer oplossingen moet in eene zekere verhouding staan tot de te bewaren voorwerpen, waarom men wel zal doen, om, indien men door ondervinding den gevorderden concentratie-toestand nog niet kent, meerdere praeparaten met oplossingen van verschillende sterkte te vervaardigen. Dit geldt inzonderheid van de *bloedschijfjes*, die zich, van alle door mij beproefde bewaarmiddelen, alleen hierin onveranderd houden. Terwijl b. v. voor die van kikvorschen eene oplossing van $\frac{1}{400}$ sublimaat wordt gevorderd, moet deze verhouding

voor die van vogelen $\frac{1}{300}$, en voor die van zoogdieren en van den mensch $\frac{1}{200}$ bedragen.

Verders zijn deze oplossingen bruikbaar voor de bewaring der elementaire deelen van de *hersenen*, van het *ruggemerg* en van het *netvlies*, alhoewel deze deelen, zoowel daarin als in alle andere bewaarvochten, steeds eenige verandering ondergaan.

Kraakbeen houdt er zich goed in, desgelijks de vezelen der kristallens, doch de overige vezelachtige weefzels worden er te ondoorschijnend door; alleen kan het te pas komen voor de primitiefvezelen der spieren, welker dwarse geledingen er duidelijker door te voorschijn komen.

Voor praeparaten van teedere *plantaardige weefzels*, zoo als voor jeugdige organen in het algemeen, inzonderheid de zoodanige, waarin men de *amylumkorrels* en het *chlorophyl* ongeschonden wenscht te bewaren, als ook voor *zoetwateralgen*, *diatomeën*, *schimmels*, voor de tot de afdeeling der *rotatoriën* behoorende *infusoriën*, enzv., is eene oplossing van $\frac{1}{500}$ — $\frac{1}{400}$ sublimaat het beste mij bekende bewaarmiddel.

6° Oplossingen van *carbonas potassae* in 200 tot 500 deelen. Ook hiervan moeten oplossingen van onderscheiden sterkte gebezigd worden. Het is het hoofdmiddel voor het bewaren van de *primitiefbuizen der zenuwen*. Andere vezelachtige weefzels houden er zich tamelijk goed in, maar worden doorschijnender dan in den verschen toestand, hetgeen intusschen soms voordeelig is; zoo b. v. om in het borstspierweefsel der insekten de luchtvaten en hunne verspreiding duidelijker te voorschijn te doen komen.

7° Eene oplossing van *arseniis potassae* in 160 deelen water. Deze oplossing is in eenige gevallen door mij met hetzelfde goede gevolg als de vorige gebruikt tot het bewaren van de primitiefbuizen der zenuwen.

556. Bij de aanwending der chlorcalcium - oplossing en van den canadabalsem is het onnoodig de verdamping van het vocht door eenig middel te verhinderen. De eerste blijft voortdurend vochtig, omdat chlorcalcium een deliquescerend zout is, terwijl bij den canadabalsem weldra de buitenrand verhardt, en dan de verdere uitdrooging belet.

Anders is het gelegen met de laatstgenoemde bewaarvochten (N^o. 5 tot 7). Om deze voor verdamping te behoeden, moet er een lutum worden gebruikt, ter afsluiting van het vocht van de lucht. Verschillende stoffen zijn hiertoe aanbevolen, doch daaronder is er geene, welke mij betere uitkomsten heeft opgeleverd dan die, waarvan de vergulders van spiegel- en schilderijlijsten zich bedienen, om het goudblad mede te doen vastkleven. Deze zoogenaamde *goudgrond* of *goudlijm* wordt op de volgende wijze vervaardigd.

Men laat 1 deel menie en $\frac{1}{3}$ deel ombre (*umbra*) gedurende drie uren koken met 25 deelen lijnolie, en giet deze af. Met deze olie wordt vervolgens een mengsel van gelijke deelen loodwit en gele oker, beide geslibt en uiterst fijn verdeeld, zorgvuldig fijngewreven en gemengd, zoodat er eene tamelijk dikke brei ontstaat, welke men vervolgens nog even laat doorkoken.

557. Heeft men nu eenig praeparaat vervaardigd, dat men in een der vijf laatstgenoemde vochten wil bewaren, en kan hetzelfde zonder nadeel eenige drukking weerstaan, dan gaat men op de volgende wijze te werk.

Is het praeparaat met water bevochtigd geweest, zoo als gedurende het doen van onderzoekingen dikwerf het geval zal zijn, dan verwijdert men eerst al het overtollige vocht door middel van een rolletje zuigpapier, of door de vroeger

(bl. 151) beschrevene daarvoor bestemde penseel. Het vocht, dat zich op eenigen afstand van het praeparaat bevindt, veegt men met een katoenen of linnen lapje schoon af, zoo dat de glasoppervlakte daar geheel droog wordt. Vervolgens brengt men eene zekere hoeveelheid van het bewaarvocht op het praeparaat, hetgeen het gemakkelijkst geschiedt wanneer de bewaarvochten in droppelfleschjes worden bewaard. De hoeveelheid van het vocht moet zoodanig zijn, dat de ruimte onder het dekplaatje later daarmede geheel gevuld is; door eenige oefening leert men weldra deze hoeveelheid kennen. Daarop wordt een dekplaatje, hetwelk een paar millimeters smaller is dan het voorwerpplaatje, midden onder dit laatste gelegd, dat is juist onder het gedeelte, dat later daardoor moet bedekt worden. Eene penseel wordt alsdan in het lutum gedoopt, en hiermede, om het bewaarvocht met het zich daarin bevindende voorwerp heen, een vierkant getrokken, in dier voege, dat het lutum 1—2 millim. binnen de randen van het dekplaatje komt. Nu wordt dit laatste op het voorwerp gelegd, en eindelijk ook nog deszelfs randen met lutum bestreken. Is er te veel vocht onder, dan baant zich het overtollige eenen weg; er ontstaat dan eene opening in het lutum onder het dekplaatje, doch deze trekt later weder dicht, indien men zorg draagt de bestrijking nog eens te herhalen, nadat het overtollige vocht verwijderd of verdroogd is.

Na een paar dagen is de buitenste laag van het lutum droog geworden, doch het binnenste blijft nog vele weken en maanden week, en juist hierin ligt de reden van deszelfs goed afsluitend vermogen, daar er op die wijze nimmer barsten in ontstaan, waardoor de verdamping zoude kunnen plaats grijpen; zoodat dan ook een groot aantal praeparaten, die

reeds vóór verscheiden jaren op de beschreven wijze vervaardigd zijn, zich nu nog geheel onveranderd hebben gehouden. Het is echter eene hoofdzaak, dat het lutum een gedeelte der ruimte tusschen het dekplaatje en het voorwerpplaatje inneemt; een enkel bestrijken der randen van het eerste is nimmer voldoende.

558. Indien de aard van het voorwerp geene drukking veroorlooft, dan moet het in een daarvoor bestemd bakje worden bewaard. De wijze, hoe zulke bakjes van caoutchouc-, gutta-percha (1) en glas kunnen gemaakt worden, is vroeger (§ 289) beschreven. De diepte van het te gebruiken bakje hangt natuurlijk geheel af van de dikte van het voorwerp. Het dekplaatje moet ook hier iets kleiner zijn, dan de door het bakje ingenomen ruimte. Eerst brengt men een weinig van het bewaarvocht in het bakje; vervolgens wordt er het voorwerp ingelegd, en de bovenranden van het bakje bestreken met een weinig van de mede vroeger (bl. 125) vermelde gutta-percha-lijm. Hierop wordt het bakje geheel gevuld, zoodat het vocht eenigzins bol boven den rand staat; legt men er dan het dekplaatje op, dan loopt het overtollige vocht weg, en er blijft geen lucht meer in het bakje over. Eindelijk bestrijkt men de randen na hunne opdrooging met eene dikke laag van het lutum, en herhaalt dit na eenige dagen nog eens.

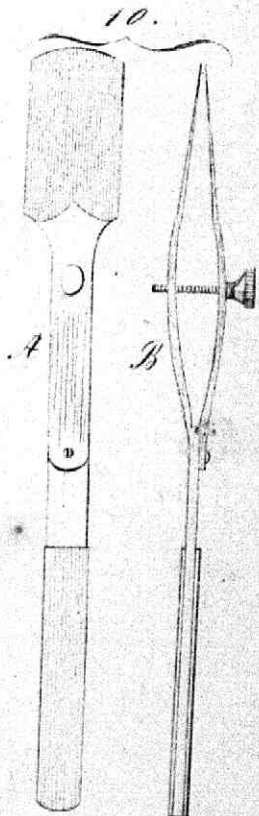
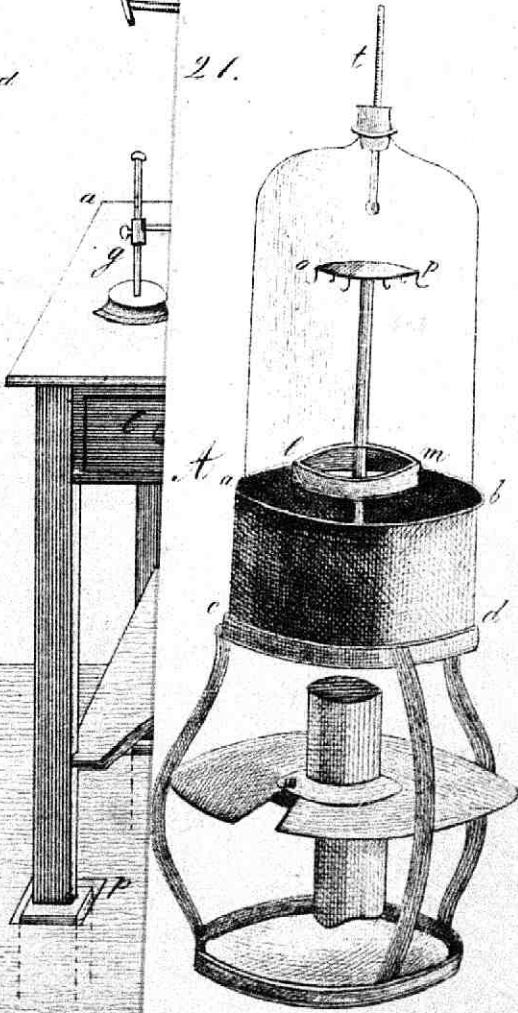
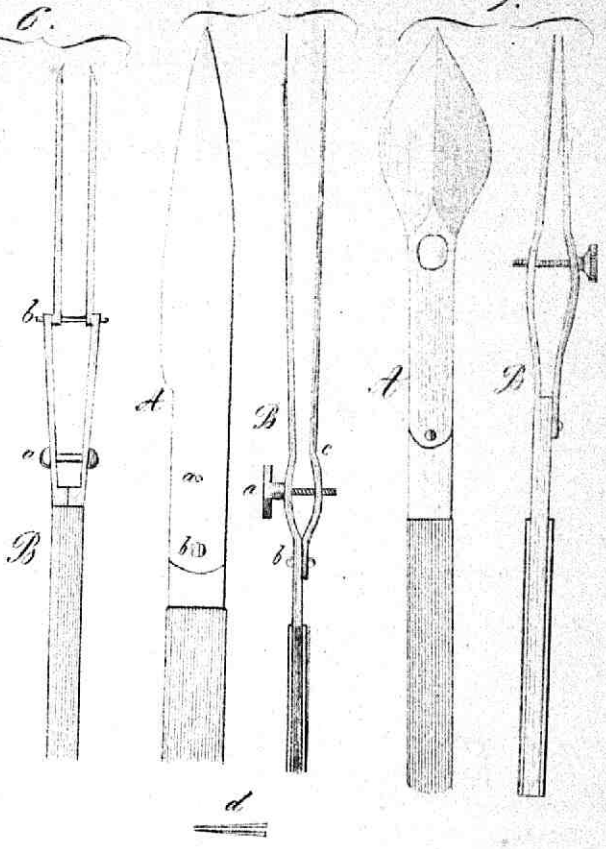
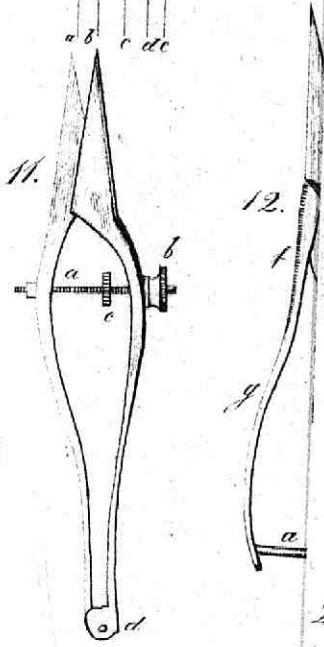
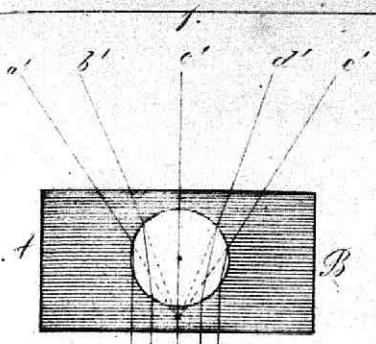
De laatste hier beschreven handelwijze komt vooral te pas voor de bewaring van geïnjiciëerde praeparaten in eene oplossing van acidum arsenicosum.

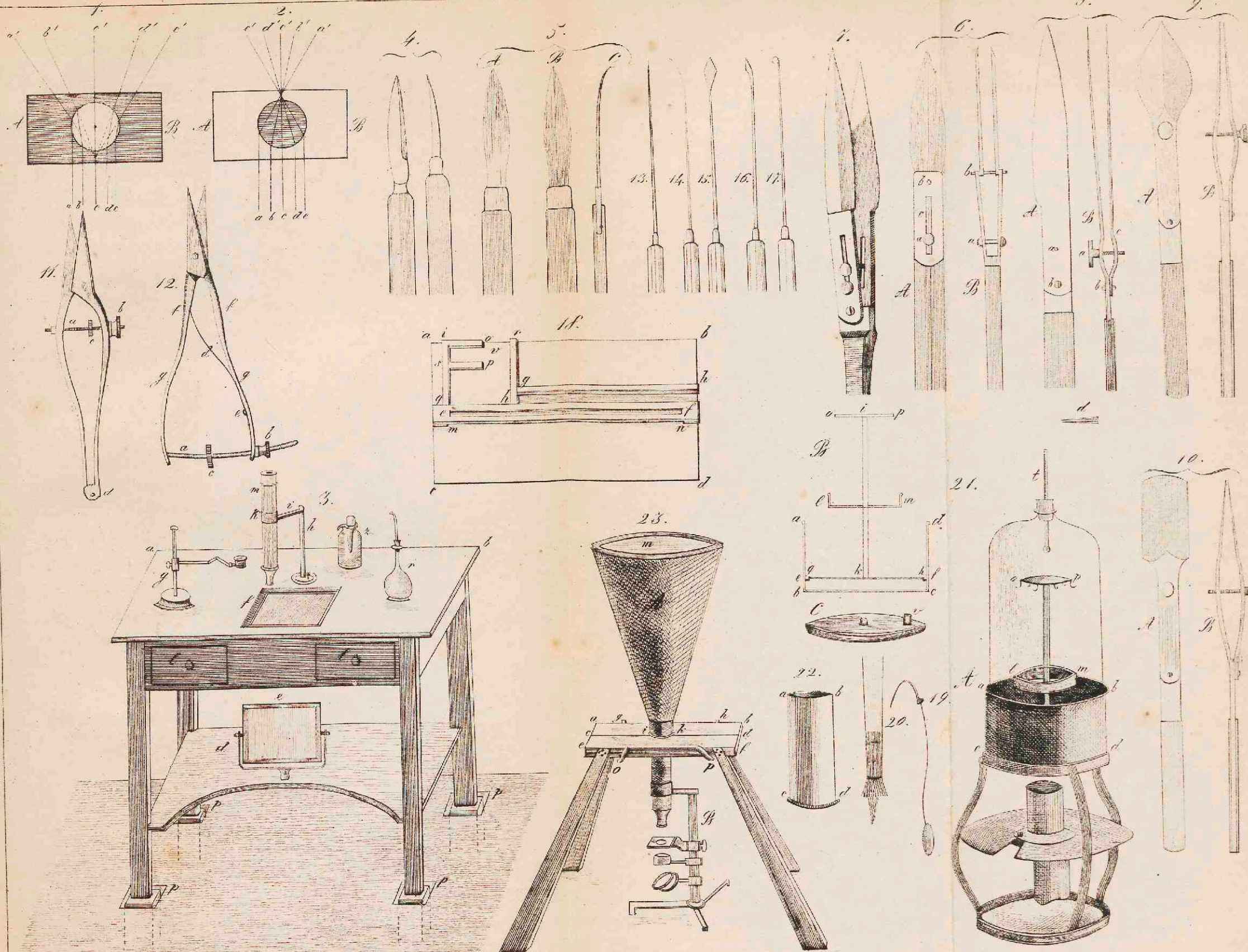
(1) Ik voeg hier nog bij, dat, even als caoutchouclaten, er zoo ook tegenwoordig gutta-perchaplatten, van verschillende dikte en voor het hier bedoelde gebruik zeer geschikt, in den handel te bekomen zijn.

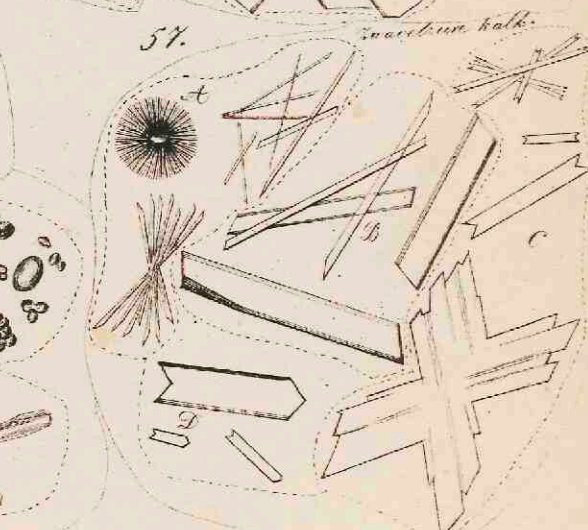
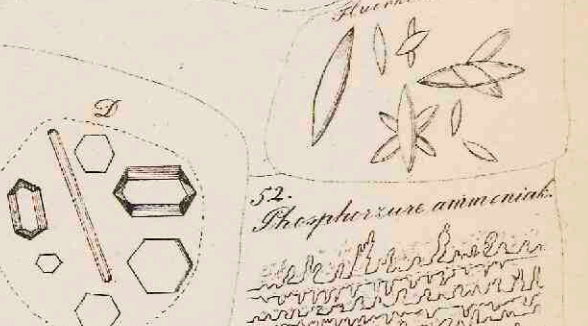
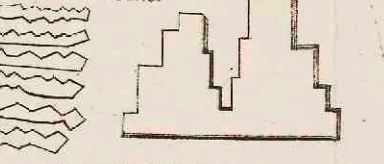
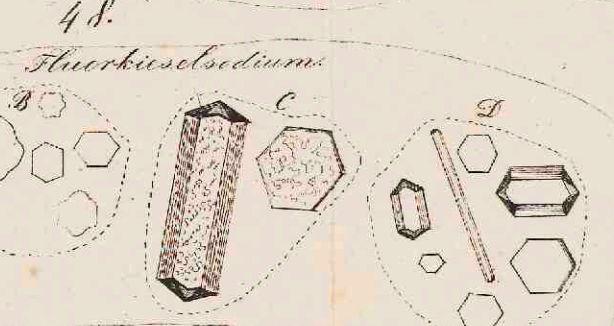
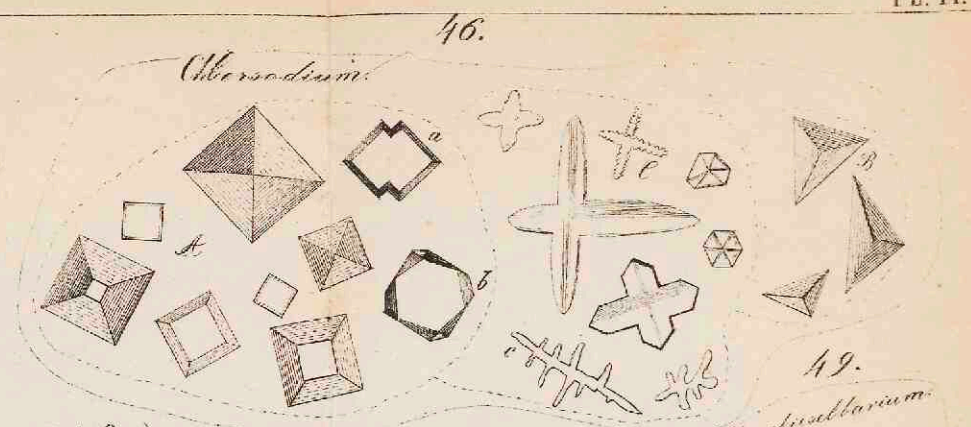
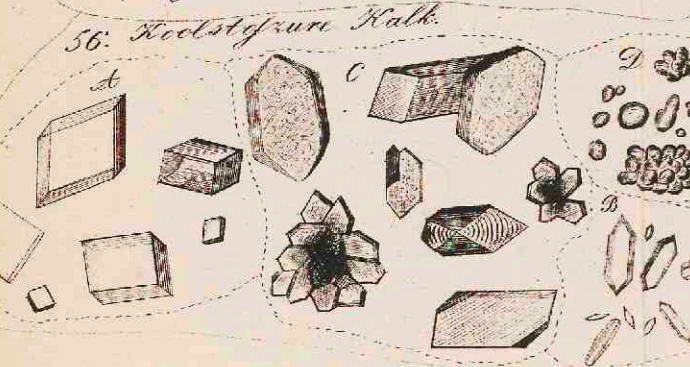
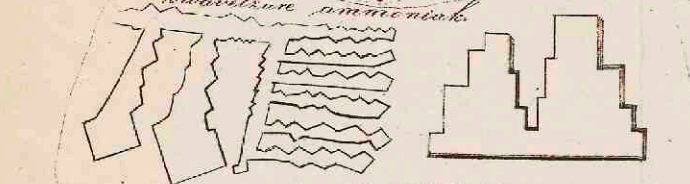
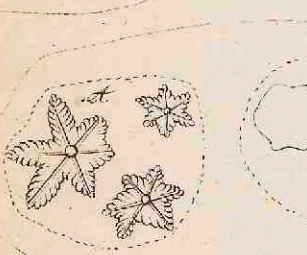
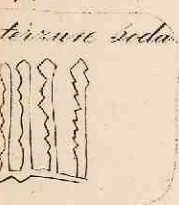
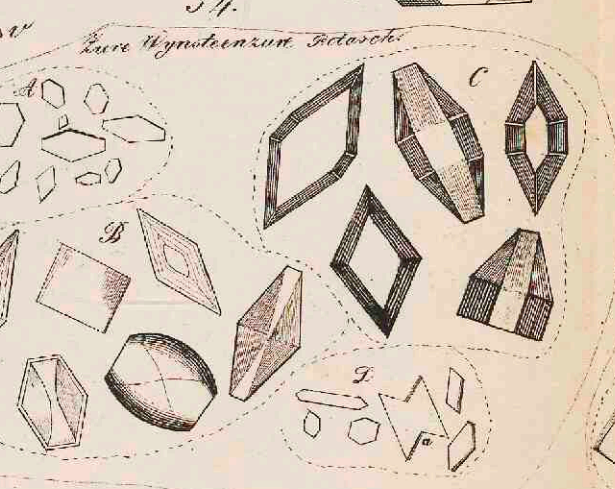
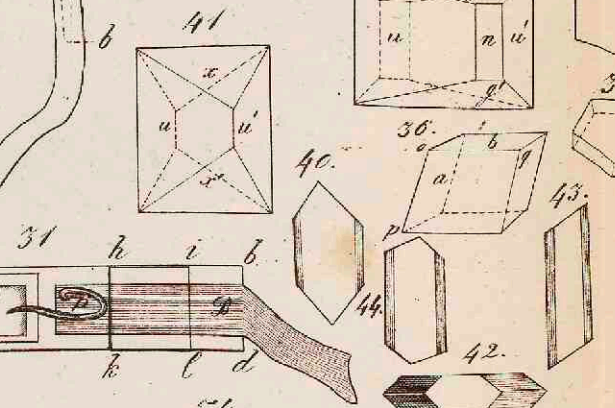
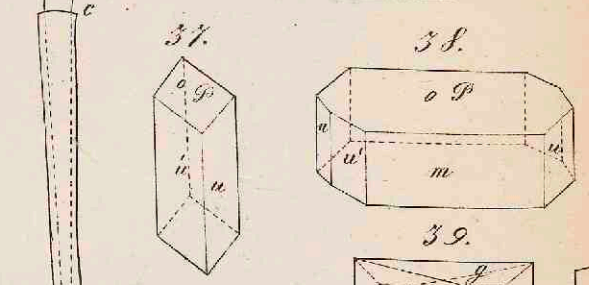
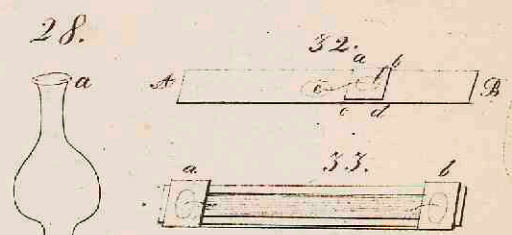
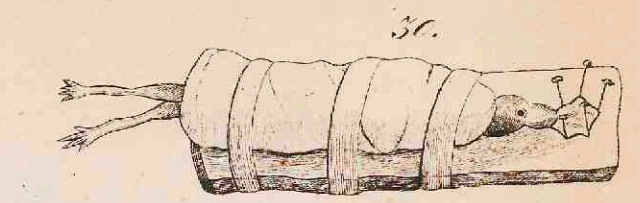
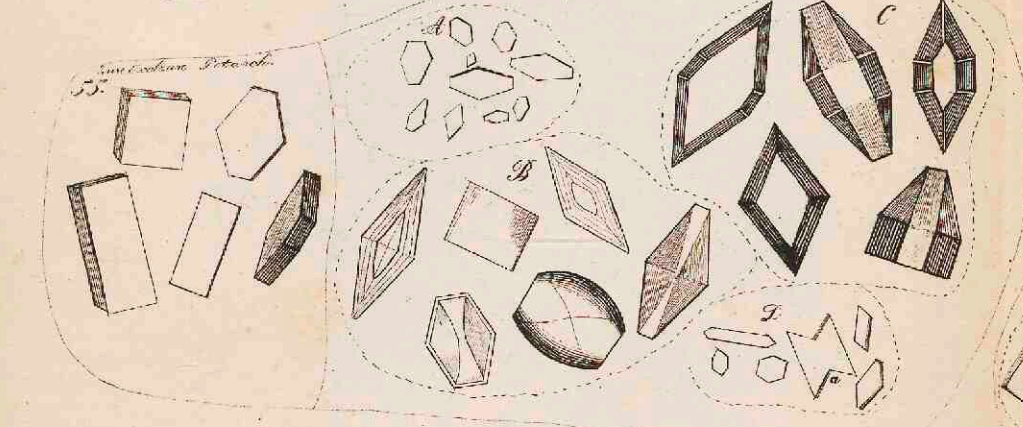
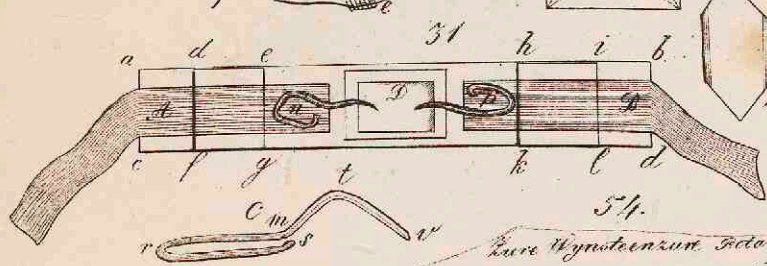
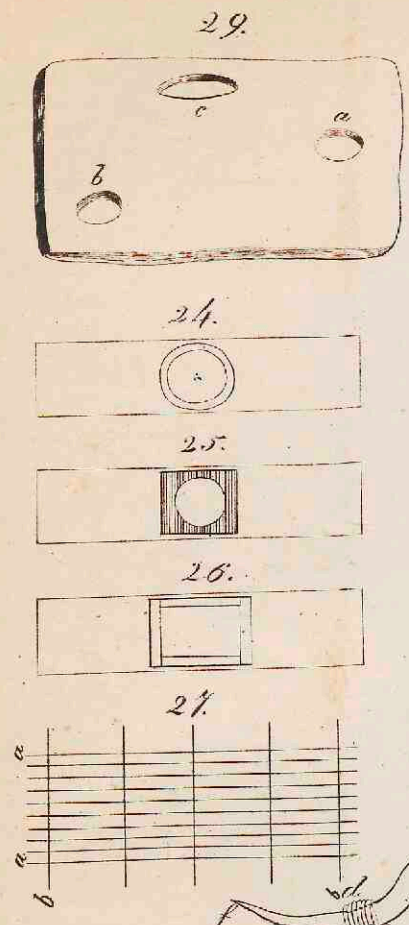
539. Het spreekt van zelf, dat elk, die zulke praeparaten daarstelt, er zich op moet voorbereiden, dat eenigen, na verloop van eenen korteren of langeren tijd, blijken mislukt te zijn. Intusschen zal dit, bij inachtneming van de boven gegeven voorschriften, slechts zelden het geval wezen, inzonderheid wanneer men glazen dekplaatjes bezigt, daar zich in die uit mica dikwerf kleine met het bloote oog onzichtbare barstjes bevinden, waardoor het vocht van lieverlede verdampt.

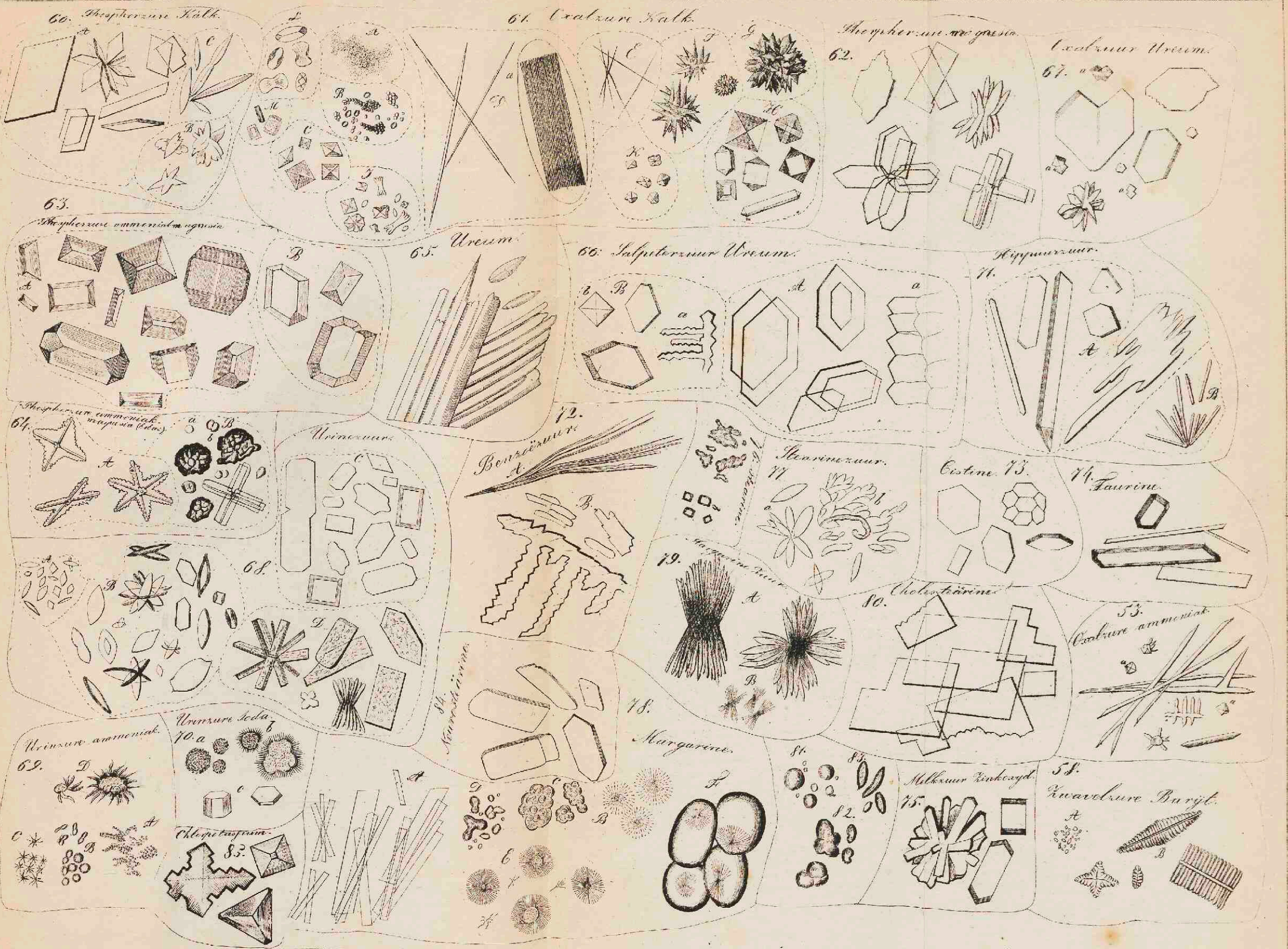
Wanneer het na eenige maanden blijkt, dat de praeparaten goed bewaard zijn gebleven, dan kan men hen met gekleurd papier beplakken, hetgeen het gemakkelijkst geschiedt door middel van vier afzonderlijke papierstrookjes, waarvan twee smallere voor boven en onder, en twee breedere ter regter- en linkerzijde van het praeparaat, zoodat eene vierkante ruimte, door het laatste ingenomen, vrij blijft. Op den kant wordt dan een stukje wit papier geplakt met den naam van het voorwerp of deszelfs nummer volgens eene lijst.

Heeft men vele zulke praeparaten bijeen verzameld, dan kan men hen in opzettelijk daarvoor bestemde laden bewaren. De inrigting van dezen mag veilig aan den lezer worden overgelaten. Alleenlijk houde hij in het oog, dat deze zoodanig moet wezen, dat de praeparaten in eene liggende houding bewaard, en, door bedekking, voor invallend stof beschermt worden.









TAFEL der versterking van het optisch vermogen door een in 1853 vervaardigd mikroskoop van Amici, (*)
voor eenen oogafstand van 23 centimeters.

| Lenzen- stelsel. | Oculair. | Ver- groo- ting. | ZIGTBAARHEID. | | | | | | ONDERSCHEIDBAARHEID. | | | | HERKENBAARHEID VAN DEN VORM. | | |
|---------------------|---------------------|------------------------|--|--------------------------------------|----------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------|---|--------------------------------------|--|---------------|--------------------------------------|----------|----------|
| | | | Negatieve gezichtsindrukken. | | | Positieve ge- zichtsindrukken. | | | Draadnet met vierkante mazen. | | Twee ronde openingen bij doorvallend licht. | | Wer- kelijke verster- king. | Verlies. | |
| | | | Ronde ondoor- schijnende voor- werpen. | Wer- kelijke verster- king. | Verlies. | Lange draadvor- mige voorwerpen. | Wer- kelijke verster- king. | Verlies. | Ronde openingen bij zwak door- vallend licht. | Wer- kelijke verster- king. | Verlies. | Verlies. | | | Verlies. |
| N ^o . 1. | N ^o . 1. | 56. | 20,9. | 0,38. | 24,2. | 0,52. | 25,7. | 0,55. | 59,3. | 0,20. | 65,3. | 0,27 winst. | 58,0. | 0,24. | |
| » | » | 2. | 90. | 50,8. | 0,66. | | | | 41,6. | 0,54. | 85,5. | 0,08 verlies. | 57,6. | 0,56. | |
| » | » | 3. | 117. | 33,1. | 0,70. | | | | 41,7. | 0,63. | 89,5. | 0,24 verlies. | 63,7. | 0,40. | |
| » | 2. | 1. | 154. | 102,9. | 0,55. | 98,0. | 0,56. | 80,0. | 0,48. | 109,7. | 0,28. | 216,8. | 0,40 winst. | 142,5. | 0,07. |
| » | » | 2. | 277. | 119,5. | 0,37. | | | | 116,4. | 0,58. | 255,9. | 0,15 verlies. | 196,7. | 0,29. | |
| » | » | 3. | 362. | 123,2. | 0,66. | | | | 114,0. | 0,68. | 255,7. | 0,50 verlies. | 207,8. | 0,45. | |
| » | 3. | 1. | 206. | 144,3. | 0,50. | 155,3. | 0,53. | 115,5. | 0,40. | 150,8. | 0,51. | 247,8. | 0,20 winst. | 173,0. | 0,15. |
| » | » | 2. | 371. | 145,8. | 0,60. | | | | 155,0. | 0,64. | 250,5. | 0,55 verlies. | 235,7. | 0,52. | |
| » | » | 3. | 484. | 152,7. | 0,70. | | | | 127,2. | 0,74. | 234,6. | 0,48 verlies. | 292,6. | 0,40. | |
| » | » | 4. | 608. | 105,2. | 0,85. | | | | | | | | 297,2. | 0,51. | |
| » | 4. | 1. | 374. | 205,5. | 0,45. | 177,8. | 0,55. | 152,2. | 0,65. | 149,0. | 0,60. | 240,7. | 0,55 verlies. | 271,2. | 0,28. |
| » | » | 2. | 673. | 195,5. | 0,70. | | | | 159,8. | 0,79. | 255,7. | 0,65 verlies. | 332,3. | 0,50. | |
| » | » | 3. | 877. | 202,8. | 0,77. | | | | 145,4. | 0,84. | 255,0. | 0,71 verlies. | 347,6. | 0,60. | |
| » | » | 4. | 1122. | 141,8. | 0,87. | 76,2. | 0,95. | | | | | | 365,4. | 0,67. | |
| » | » | 5. | 1850. | 151,5. | 0,92. | 81,4. | 0,96. | | | | | | 354,7. | 0,81. | |

(*) Voor het sterkste objectiefstelsel en het zwakste oculair van het nieuwere mikroskoop van Amici, waarvan op bl. 98 in de noot gewag gemaakt is, terwijl de vergrooting 650 bedraagt, de versterking van het optisch vermogen de volgende:

Zigtbaarheid van ronde ondoorschijnende voorwerpen: werkelijke versterking 241,5; verlies 0,63.
 » » draadvormige » » » » 193,4; » 0,69.
 Onderscheidbaarheid der mazen in een draadnet » » » » 229,2; » 0,65.

TAFEL voor het mikrochemisch kwalitatief onderzoek der bestanddeelen van urine in den gezonden en ziekelijke toestand.

AANGEDUIDE ZELFSTANDIGHEDEN.

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|---|--|---|----------------------------------|--|------------------------|---|-----------------------------|---|--------------------|--|
| | | | | | | | | | | | | | |
| Bovendrijvend vocht. | Helder gedeelte van het vocht. | Na verdamping van eenen druppel op een voorwerpplaatje blijven over: <table border="0" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">Kristallen als in fig. 46:</td> <td style="padding-left: 10px;">chlorodium.</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">» » » » 50:</td> <td style="padding-left: 10px;">chlorammonium.</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">» » » » 52:</td> <td style="padding-left: 10px;">phosphorzure ammoniak.</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">» » » » 59:</td> <td style="padding-left: 10px;">phosphorzure soda-ammoniak.</td> </tr> </table> | Kristallen als in fig. 46: | chlorodium. | » » » » 50: | chlorammonium. | » » » » 52: | phosphorzure ammoniak. | » » » » 59: | phosphorzure soda-ammoniak. | | | |
| | | Kristallen als in fig. 46: | chlorodium. | | | | | | | | | | |
| | | » » » » 50: | chlorammonium. | | | | | | | | | | |
| | | » » » » 52: | phosphorzure ammoniak. | | | | | | | | | | |
| | | » » » » 59: | phosphorzure soda-ammoniak. | | | | | | | | | | |
| | | Er vormen zich, door bijvoeging van: | Kieselfluorwaterstofzuur, kristallen als in fig. 48: | soda. | | | | | | | | | |
| | | | | Zure oxalzure potasch, » » » » 61 I: | kalk. | | | | | | | | |
| | | | | Ammoniak, » » » » 64: | phosphorzure magnesia. | | | | | | | | |
| | | | | Zoutzuur, » » » » 68: | urinzuur. | | | | | | | | |
| | | In het tot syroopdikte uitgedampte vocht ontstaan door: | Salpeterzuur, kristallen als in fig. 66: } Oxalzuur, » » » » 67: } | ureum. | | | | | | | | | |
| Zoutzuur, oplossing van het praecipitaat in ether, en uitdamping der etherische oplossing, kristallen als in fig. 71: | hippuurzuur. | | | | | | | | | | | | |
| In het vocht ontstaat door koking een coagulum, en door salpeterzuur een praecipitaat, beide oplosbaar in bijtende potasch, en door geconcentreerd salpeterzuur en ammoniak geel gekleurd wordende: | | | | eiwit. | | | | | | | | | |
| Door salpeterzuur ontstaat bij opvolging eene groene, blaauwe en roode kleuring: | | galkleurstof. | | | | | | | | | | | |
| Eene kleine hoeveelheid van het vocht met een weinig zwavelzuur koperoxyd verwarmd, onder bijvoeging eener overmaat van bijtende potasch, geeft een rood praecipitaat van koper-protoxyd: | | suiker. (?) | | | | | | | | | | | |
| Het tot droog wordens uitgedampte vocht wordt met alcohol uitgetrokken, de alcoholische oplossing uitgedampt, het overblijvende in water opgelost, en met koolstofzuur loodoxyd gedigereerd; bij het heldere gedeelte van het vocht zwavelzuur zinkoxyd gevoegd zijnde, ontstaan, door uitdamping op een voorwerpplaatje, kristallen als in fig. 75: | | melkzuur. | | | | | | | | | | | |
| In het vocht drijvende lichaampjes. | Bolronde het licht sterk brekende druppels, die zich aan de oppervlakte van het vocht verzamelen, en zich, na verdamping van het vocht, in ether oplossen: | | vet. | | | | | | | | | | |
| | Schijfvormige, flauw ingedeukte, bij doervallend licht geelachtig gekleurde, of meer bolvormige en dan zeer doorschijnende ongekleurde lichaampjes, van 6-8 mm in doormeter, door azijnzuur spoorloos verdwijnend: | | bloed. | | | | | | | | | | |
| Amorphe bestanddeelen: | Zich bij verwarming van het vocht weder oploosend, en, na bijvoeging van azijnzuur of van zoutzuur, verschijning der in fig. 63 afgebeelde kristallen. | Na de behandeling met zoutzuur, en de verdamping op een voorwerpplaatje, vormen zich: <table border="0" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">kristallen als in fig. 50:</td> <td style="padding-left: 10px;">urinzure ammoniak</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">» » » » 46 } kieselfluorwaterstofzuur doet in de waterige oplossing ontstaan:</td> <td style="padding-left: 10px;">urinzure soda.</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">Het in azijnzuur opgeloste gedeelte geeft, na verdamping en weder oplossing in water, met zure oxalzure potasch:</td> <td style="padding-left: 10px;">urinzure potasch.</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">eene praecipitaat, bestaande uit de in fig. 61 I afgebeelde kristallen:</td> <td style="padding-left: 10px;">urinzure kalk.</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">geen praecipitaat, maar met phosphorzure soda en ammoniak een praecipitaat van kristallen afgebeeld in fig. 64:</td> <td style="padding-left: 10px;">urinzure magnesia.</td> </tr> </table> | kristallen als in fig. 50: | urinzure ammoniak | » » » » 46 } kieselfluorwaterstofzuur doet in de waterige oplossing ontstaan: | urinzure soda. | Het in azijnzuur opgeloste gedeelte geeft, na verdamping en weder oplossing in water, met zure oxalzure potasch: | urinzure potasch. | eene praecipitaat, bestaande uit de in fig. 61 I afgebeelde kristallen: | urinzure kalk. | geen praecipitaat, maar met phosphorzure soda en ammoniak een praecipitaat van kristallen afgebeeld in fig. 64: | urinzure magnesia. | |
| | | kristallen als in fig. 50: | urinzure ammoniak | | | | | | | | | | |
| | » » » » 46 } kieselfluorwaterstofzuur doet in de waterige oplossing ontstaan: | urinzure soda. | | | | | | | | | | | |
| | Het in azijnzuur opgeloste gedeelte geeft, na verdamping en weder oplossing in water, met zure oxalzure potasch: | urinzure potasch. | | | | | | | | | | | |
| eene praecipitaat, bestaande uit de in fig. 61 I afgebeelde kristallen: | urinzure kalk. | | | | | | | | | | | | |
| geen praecipitaat, maar met phosphorzure soda en ammoniak een praecipitaat van kristallen afgebeeld in fig. 64: | urinzure magnesia. | | | | | | | | | | | | |
| Door behandeling met azijnzuur: | opgelost; in de oplossing ontstaan door verdund zwavelzuur kristallen als in fig. 57; de oplossing geschiedt: | koolstofzure kalk. | | | | | | | | | | | |
| | onopgelost: <table border="0" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">onoplosbaar in zoutzuur; eene roode kleuring gevende na verwarming met salpeterzuur</td> <td style="padding-left: 10px;">zonder opbruissing: phosphorzure kalk.</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">en ammoniak:</td> <td style="padding-left: 10px;">urinzuur.</td> </tr> <tr> <td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 5px;">oplosbaar in zoutzuur:</td> <td style="padding-left: 10px;">oxalzure kalk.</td> </tr> </table> | onoplosbaar in zoutzuur; eene roode kleuring gevende na verwarming met salpeterzuur | zonder opbruissing: phosphorzure kalk. | en ammoniak: | urinzuur. | oplosbaar in zoutzuur: | oxalzure kalk. | | | | | | |
| onoplosbaar in zoutzuur; eene roode kleuring gevende na verwarming met salpeterzuur | zonder opbruissing: phosphorzure kalk. | | | | | | | | | | | | |
| en ammoniak: | urinzuur. | | | | | | | | | | | | |
| oplosbaar in zoutzuur: | oxalzure kalk. | | | | | | | | | | | | |
| Bezinksel. | Kristallen: | als in fig. 63, oplosbaar in azijnzuur, zoutzuur en salpeterzuur, onoplosbaar in ammoniak: | phosphorzure ammoniak-magnesia. | | | | | | | | | | |
| | | » » » 61 I, M, L, onoplosbaar in azijnzuur, oplosbaar in zoutzuur en salpeterzuur: | oxalzure kalk. | | | | | | | | | | |
| | | » » » 68, onoplosbaar in zoutzuur en azijnzuur, bij verwarming met salpeterzuur en ammoniak purperrood wordende: | urinzuur. | | | | | | | | | | |
| | | » » » 73: oplosbaar in zoutzuur en in ammoniak, zwart wordende bij koking met eene oplossing van loodoxyd in potasch: | cystine. | | | | | | | | | | |
| Georgani-seerde bestanddeelen. | Schijfvormige, flauw ingedeukte, bij doervallend licht geelachtig gekleurde, of meer bolvormige bloekere lichaampjes, soms met gekartelde randen, van 6-8 mm in doormeter, door azijnzuur verdwijnend: | | bloedschijfjes. | | | | | | | | | | |
| | Platte min of meer hockige cellen van 25-30 mm in doormeter, waarin door azijnzuur de kern scherp te voorschijn komt: | | epitheliumcellen. | | | | | | | | | | |
| | Grotere en kleinere weinig doorschijnende bolletjes, uit aaneengevoegde moleculen met donkere omtrekken bestaande, die door azijnzuur geene verandering ondergaan: | | ontstekingsbolletjes. | | | | | | | | | | |
| | Bolronde bleeke lichaampjes van 8-10 mm in doormeter, waarvan de omtrek door azijnzuur verdwijnt, terwijl er in elk 1-4 kerntjes te voorschijn komen: | | etterbolletjes. | | | | | | | | | | |
| Worstvormige, bleeke, dan eens geheel doorschijnende, dan weder kleine moleculen insluitende lichaampjes, van 25-40 mm in doormeter, en 4-10 maal zoo lang, in potasch en azijnzuur oplosbaar, met salpeterzuur en ammoniak geel wordend: | | uitgezweete fibrine afkomstig uit de nierkanaaltjes. | | | | | | | | | | | |