

CHEMISCH WEEKBLAD

ORGAAN VAN DE NEDERLANDSCHE CHEMISCHE VEREENIGING EN VAN
DE VEREENIGING VAN DE NEDERLANDSCHE CHEMISCHE INDUSTRIE

Hoofdredacteur: Dr. W. P. JORISSEN, Leiden, 11 Hooge Rijndijk, Telefoon 1449.

Redactie-Commissie: Dr. G. L. Voerman, Dr. A. J. C. de Waal, D. van der Want, scheik. ing., Prof. Dr. H. I. Waterman, scheik. ing.

D. B. CENTEN's Uitgevers-Maatschappij, Amsterdam, O.Z. Voorburgwal 115, Telefoon 48695.

INHOUD: Mededeelingen van het Algemeen Bestuur der Nederlandsche Chemische Vereeniging. — Gevraagde en aangeboden betrekkingen. — Prof. Dr. G. van Iterson Jr., scheik. ing., De wording van den plantaardigen celwand. — R. Houwink, scheik. ing., Verbetering. — Boekaankondigingen. — Chemische kringen. — Personalialia, enz. — Ter bespreking ontvangen boeken. — Correspondentie, enz. — Sectie voor kolloïdchemie. — Vraag en aanbod.

MEDEDEELINGEN VAN HET ALGEMEEN BESTUUR DER NEDERLANDSCHE CHEMISCHE VEREENIGING.

Aangenomen als lid:

W. S. Smith, landbk. ing., Wageningen, Rijksstraatweg 73, ass. landb. scheik. lab.

Candidaat-leden:

P. Bruin, chem. cand., Amsterdam, van Woustraat 135 II, 2e ass. physische chemie Univ.; voorgedragen door E. L. Swart te Amsterdam en J. Rinse te Overveen.

Ch. N. J. de Nooijer, scheik. ing., Rotterdam, Joost van Geelstraat 24a, ass. T.H.; voorgedragen door Mej. Ir. H. Dingemans te Rotterdam en Ir. J. Araten te Delft.

Candidaat-buitengewoon lid:

W. James, techn. stud., Delft, Vlamingsstraat 56; voorgedragen door Ir. J. Araten te Delft en Dr. A. D. Donk.

Adresveranderingen:

J. P. Dommisce, scheik. ing., Oss (N.Br.), Heuvel 72, telef. 7.

H. J. Meerkamp van Embden, scheik. ing., Hotel Burck, Prinsenhage, ing. b. d. „La seda de Barcelona”, van half April af.

M. L. A. A. Koenig, scheik. ing., 's-Gravenhage, Waldeck Pymontkade 143.

Dr. D. J. Meyeringh, Amsterdam, Jan Luykenstraat 64, telef. 26804.

J. R. H. van Nouhuys, scheik. ing., Breda, 2e Muntstraat 10, ing. b. d. „La Seda de Barcelona”.

A. Prins, scheik. ing., Loemadjang (Pasoeroean), s.f. Soekodono. Prof. Dr. F. E. C. Scheffer, 's-Gravenhage, Willemstraat 91.

A. Sens, scheik. ing., Amerongen, p/a Fermaaten.

Jhr. E. F. van Suchtelen, scheik. ing., Bilthoven, Paulus Potterlaan 30, Huize „De Stier”.

J. Araten, scheik. ing., Amersfoort, Randenbroekerweg 4, scheik. b. d. N.V. Polaks's Frutal Works.

R. J. Bouricius, scheik. ing., halte Soempioeh S. S. W. L. (res. Banjoemas, Java), s.f. Kaliredjo.

Dr. H. Hartman, scheik. ing., Roermond, Steegstraat 26.

E. Schotte, scheik. ing., Burlington (Iowa, U.S.A.), c/o Iowa Soap Company.

D. A. Tholen, scheik. ing., Breda, Veemarktstraat 27a.

Dr. J. C. A. Simon Thomas, 's-Gravenhage, Schietbaanstraat 21.

Adresverbeteringen:

A. Knip, scheik. ing., Hulpp. Kentjong (Djatirotto, Java), s.f. Goenoengsari.

A. Prins, scheik. ing., Loemadjang (res. Pasoeroean, Java), s.f. Soekodono.

G. Voogt, chem. docts., Hamburg, Sierichstrasse 50 I, scheik. b. d. B.P.M., werkzaam op de Mineralölwerke Rhenania-Ossag.

Gevraagde en aangeboden betrekkingen.

Aangeboden betrekkingen:

Scheikundige-Bacterioloog. Aan de Gemeente Hoogdrukwatleiding te Dordrecht kan voor onderzoekingen gedurende $\pm$ 1 jaar geplaatst worden een *Scheikundige-Bacterioloog* op een nader overeen te komen salaris. Soll. met uitv. inlichtingen vóór 15 April te richten tot den Directeur. Persoonlijk bezoek slechts na oproeping.

* * *

De N.V. Steenfabrieken voorheen firma Robert Jansen te Nijmegen vraagt een onderdirecteur.

* * *

Gevraagde betrekkingen:

36. *Chemicus*, chem. docts., 25 jaar, zoekt betrekking.

38. *Chemicus*, scheik. ing., 31 jaar; practijk: suikercampagne, gasfabrieken, eenigszins op de hoogte van bacteriologie, zoekt betrekking.

39. *Scheikundig ingenieur* Delft 1908, met practijk als assistent-laboratoriumveraring, grondonderzoek, proefstation Indië, met fabriekspraktijk in het gasbedrijf en met ervaring van administratie, zoekt plaatsing; momenteel geen voorkeur voor bepaalde richting.

40. *Scheikundig ingenieur* Delft 1923, assistent physische chemie, zoekt betrekking; liefst laboratoriumwerk of administratie.

47. *Chemicus*, chem. docts., 27 jaar, practijk: keuringsdienst, zoekt betrekking, ook bacteriologisch.

49. *Chemicus*, doctor in de chemie, oud 26 jaar, zoekt werkring, ook in het buitenland.

52. *Chemicus*, chem. docts., 25 jaar, zoekt werkring, liefst op electrochemisch-technisch gebied, niet aan Holland gebonden, gaarne bereid naar Indië te gaan.

53. *Scheikundig ingenieur*, diploma Delft 1918, 7-jarige fabriekspraktijk: kunstmeststoffen en aetherische oliën; veel laboratoriumveraring, prima referentiën, zoekt werkring.

54. *Chemicus*, diploma scheik. ing. 1925, 1 jaar practijk als laboratoriumchef, minerale oliën en petroleumproducten, zoekt werkring.

55. *Doctor in de scheikunde* (1926), 2 jaar assistentspraktijk, wenscht werkring; voorkeur voor wetenschappelijk-technisch onderzoek.

56. *Scheikundig ingenieur*, diploma Delft 1922, met 5-jarige laboratorium-ervaring (o.a. op het gebied van colloïdchemie, klinisch onderzoek, melk- en drinkwateronderzoek) zoekt werkring.

57. *Doctor in de chemie*, 25 jaar, zoekt betrekking, ook in buitenland of Indië.

* * *

Voor vacatures raadplege men ook steeds de rubriek „Personalialia, enz.” en de advertenties.

Dr. A. D. DONK, *secretaris-penningmeester*,
Verspronckweg 100, Haarlem, telef. 12928.

Sectie voor Kolloïdchemie.

Vergadering op 19 April a.s. te Amsterdam; zie blz. 188.

581.14

DE WORDING VAN DEN PLANTAARDIGEN
CELWAND *)

door

G. VAN ITERSSEN Jr.

1. *De betekenis van het onderwerp.*

De hoeveelheid hout, die jaarlijks door den mensch wordt gebruikt, kan, zeer laag geschat, op 1 milliard tonnen van 1000 K.G. worden gesteld, de hoeveelheid katoen, die ieder jaar wordt geoogst, op ruim 5 millioenen van zulke tonnen, de hoeveelheden vlas, die in dien tijd worden gewonnen, op ongeveer 200.000 tonnen.

Ziehier eenige cijfers, die U de betekenis van de „materie”, die ik te behandelen heb, kunnen toelichten. Ik beperkte die cijfers tot de grondstoffen, waarover ik vandaag in de eerste plaats zal spreken en daardoor geven ze nog slechts een zeer onvolkomen beeld van de kwantiteit celwanden, die aan de menschheid ten goede komt.

Zoo zou ik, om vollediger te zijn, daaraan de hoeveelheden steenkolen, bruinkolen en turf moeten toevoegen, die jaarlijks over de wereld worden gewonnen en die toch zeker in hoofdzaak uit celwanden zijn ontstaan.

Ik mag mij ook niet begeben in een uiteenzetting van de belangrijkheid, die de celwanden voor de chemische industrie bezitten. Over de steenkolen weer geheel zwijgende, wijs ik hier alleen op de 14 millioenen tonnen papier, die jaarlijks worden vervaardigd, en op de 90.000 tonnen kunstzijde, die in 1925 werden voortgebracht en die waarschijnlijk voor 1926 wel tot 150.000 ton zullen blijken te zijn gestegen. Verschillende cellulose-esters beginnen — ook in andere vormen dan kunstzijde — industriele betekenis te krijgen en waarschijnlijk zullen zich daaraan ook cellulose-aethers gaan toevoegen. De producten van de droge destillatie van hout zijn nog steeds onmisbare grondstoffen voor metallurgische en chemische bedrijven.

Celwanden kunnen zelfs ook als voedingsstoffen dienst doen. Lagere dieren kunnen zich zoowel celwanden uit zuivere cellulose als houtstofrijke celwanden als voedsel ten nutte maken; hogere dieren, ook de mensch, kunnen, dank zij mikrobewerkingen in den darm, belangrijke hoeveelheden hemicellulosen in producten omzetten, die voor de stofwisseling geschikt zijn en wij zijn reeds een eind op weg om ook die omzettingen langs chemischen weg na te bootsen of te verbeteren. De, in oorlogsjaren aangevangen, bereiding van „krachtstroo”, waarbij uit stroo kiezelzuur en lignine gedeeltelijk worden verwijderd, terwijl ook de verandering der fysische geaardheid aan de verteerbaarheid ten goede komt, schijnt zich een blijvende plaats in de industrie te zullen verwerven. Het laat zich zelfs aanzien, dat de suikerbereiding uit hout, dank zij nieuwe methoden, waaraan de namen Willstätter, Zechmeister en Bergius zijn verbonden, hare

*) Voordracht, gehouden op de Algemeene Vergadering der Nederl. Chem. Vereeniging op 28 Dec. 1926.

Deze voordracht werd met lantaarnplaatjes verduidelijkt; slechts enkele daarvan konden hier worden gereproduceerd. Anderzijds komen in deze schriftelijke uiteenzetting sommige punten voor, die bij de mondelinge behandeling achterwege bleven.

technische oplossing nadert; waarschijnlijk komt daarmee ook het oude vraagstuk van de alcoholwinning uit diezelfde grondstof in een nieuw stadium.

Ik ben dan ook van oordeel, dat de celwanden de volle aandacht van den chemicus waard zijn en meen die zelfs te mogen vragen voor beschouwingen over de wording daarvan, omdat vele der eigenschappen der celwanden toch alleen bij volledige bekendheid met de wijze, waarop zij ontstonden, zijn te verklaren. Dat geldt uiteraard vooral (maar volstrekt niet uitsluitend) voor de morphologische en physische eigenschappen. Zijn echter niet vele der toepassingen, waarop ik doelde, voor een zeer groot deel door die morphologische eigenschappen bepaald? De katoenvezel zou haar groote betekenis voor onze samenleving niet hebben gekregen, wanneer ze de typische draaiingen niet bezat, die haar verspinning mogelijk maken. De katoen- en vlasvezels zouden niet de grondstoffen zijn van onze beste papiersoorten, wanneer ze niet uit fibrillen waren opgebouwd.

Voor al, wanneer de chemicus zich ten doel stelt, kunstmatige vezelstoffen te maken, zal hij de grovere en vooral ook de fijnere morphologie van de natuurlijke vezel moeten doorgronden.

Van chemische en kolloïdchemische zijde zijn in de laatste jaren onderstellingen uitgesproken over de wijze, waarop celwanden ontstaan, of waarop ze na hun aanleg veranderen. Wislicenus¹⁾ heeft zijn, reeds in 1907 geformuleerde, kolloïdchemische theorie van de „verhouting” verleden jaar nogmaals, met nieuwe argumenten verrijkt, voorgedragen. Bij nadere bekendheid met hetgeen de plantenanaatoom en -fysioloog over dat proces weet mee te delen, zouden zijn onderstellingen waarschijnlijk anders hebben geluid. Zelfs zouden de bijzonder belangrijke beschouwingen, die R. O. Herzog²⁾ verleden jaar in de Ber. aan den opbouw der celwanden heeft gewijd, m. i. bij meer in acht nemen van hetgeen de mikroskopie reeds over de genese daarvan heeft geleerd, nog gewonnen hebben.

De bioloog zal zich telkens weer moeten aanpassen aan den vooruitgang der chemie — een zware opgave bij de voortdurende ontwikkeling, die zij doormaakt — maar de chemicus, die zich met „natuurproducten” bezighoudt, zal zijnerzijds de rijke ervaringen, die de biologische wetenschappen, ook de morphologie, hebben verworven, in rekening moeten brengen, speciaal ook wanneer hij hypothesen over hun wording opstelt.

Dit moge volstaan om de keuze van mijn onderwerp toe te lichten.

2. *De eerste aanleg van den celwand en de diverse wandlagen.*

Voorop stel ik, dat ik mij zal beperken tot de bespreking van het ontstaan van gewone celwanden, zooals wij die bij de katoenvezel, de vlasvezel en de vezelelementen van naaldhout aantreffen, en ik dus alle beschouwingen over celwandvorming bij lagere planten of bijzondere afzettingen, bijvoorbeeld aan de buitenzijde van pollenkorrels, van mijn beschouwingen uitsluit.

¹⁾ Ueber die faserähnliche Tonerde (Fasertonerde) und ihre Oberflächenwirkung (Adsorption), Kolloid-Z. 2 (1907—1908), Suppl. XI—XX; Zur Kolloidchemie des stofflichen Aufbaues und des Abbaues der pflanzlichen Gerüstzellulose, des „Lignins” und der Holzfaser, Zellulosechem. 6, 45—58 (1925).

²⁾ Zur Erkenntnis der Zellulose-Faser, Ber. 58, II, 1254—1262 (1925).

Bij de normale vegetatieve celdeeling, zooals die bijvoorbeeld in de groeipunten der hogere planten en in het cambium der Gymnospermen en der tweezaadlobbige Angiospermen is waar te nemen, worden de eerste aanwijzingen voor de vorming van een nieuwen celwand zichtbaar in het begin der zoogenaamde „anaphasen”. Hieronder verstaat men die stadia der kerndeeling, waarin zich de kernlischelften (die door een lengtedeeling der kernlissen ontstaan zijn) naar de polen der stralingsfiguur in het protoplasma (de spoel) begeven en daar de dochterkernen vormen.

In die anaphasen zijn tusschen de kernlischelften *vezelige draden* zichtbaar, waarvan wij den chemischen aard slechts uit het gedrag ten opzichte van kleurstoffen kennen, op grond waarvan men vaak tot eiwit concludeert. B. Hansteen Cranner³⁾ wijst er intusschen op, dat het volstrekt niet buitengesloten is, dat zij uit lipoïdachtige bestanddeelen bestaan, hetgeen voor onze verdere beschouwing van beteekenis zal blijken. Misschien zijn eiwitten en lipoïden in 't spel.

Of wij hier met echte vezelige lichamen te maken hebben, of wel moeten denken aan draadvormige opvoering van stof, die door „vacuolevorming” in het protoplasma tot stand komt, laat ik in 't midden. Ook begeef ik mij niet in vragen als deze, of die vezels vastzitten aan de chromosomen, of ze alle doorloopen, of wel sommige zijdelings in het protoplasma eindigen, en of er nieuwe bij ontstaan, vragen, waarover een vrij uitgebreide literatuur bestaat.

Ik mag volstaan met een verwijzing naar een publicatie van H. G. Timberlake⁴⁾, waarin daarover en over hetgeen ik van de eerste stadia der celwandvorming heb te zeggen, wel het belangrijkste is weergegeven.

Het eerste, wat nu op een nieuwen celwand duidt, is de verdikking van de bedoelde vezels in het midden, dus in het aequatoriale vlak der spoel, een verdikking, die met een verkorting gepaard gaat en zelfs nog doorgaat, nadat de verdikkingen elkander bereiken en de zoogenaamde *celplaat* vormen (zie fig. 1 en fig. 3). Dit proces begint in het midden van het

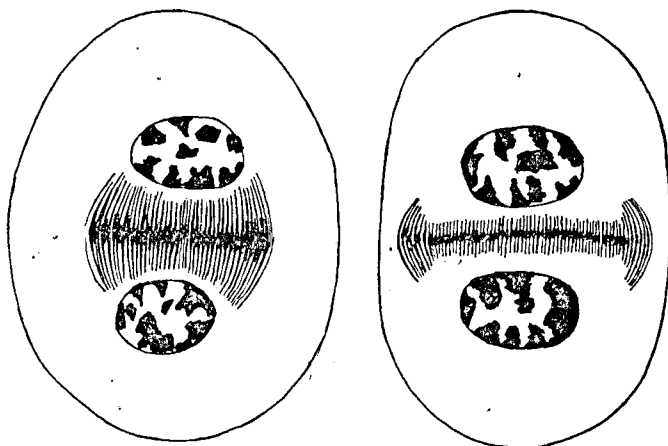


Fig. 1. Begin vorming celplaat.

Fig. 2. Zijdelingsche uitbreiding van spoel en celplaat.

³⁾ Voor de ook nog nader te bespreken onderzoeken van Cranner verwijs ik naar: Beiträge zur Biochemie und Physiologie der Zellwand und der plasmatischen Grenzschichten, Ber. Deut. botan. Ges. 37, 380—391 (1919) en latere verhandelingen, o.a. de onlangs gepubliceerde, door Cranner nagelaten, publicatie: Unters. üb. die Frage, ob in der Zellwand lösliche Phosphatide vorkommen. Planta 2, 438—445 (1926) (Festschrift für H. Molisch).

⁴⁾ The development and function of the cell plate in higher plants, Botan. Gaz. 30, 73—99 en 154—170 (1900).

aequatorvlak en de celplaat breidt zich zijdelings uit. Ook de spoel zet zich in het midden uit en wordt daar spoedig door de celplaat gevolgd (zie fig. 2). Dit gaat door tot eerst de spoel en dan de celplaat de wanden van de moedercel hebben bereikt. Vooral bij de zeer

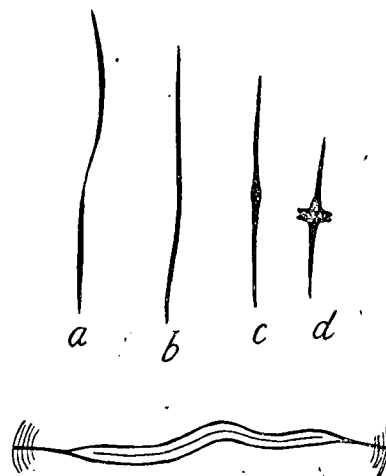


Fig. 3. a, b, c, en d achtereenvolgende stadia van verkorting en aequatoriale verdikking der spoelvezeltjes. Onderaan: splitsing van de celplaat en eerste aanleg van oorspronkelijke middellamel (naar Timberlake).

lange cambiumcellen, waarin de gewone deelwanden „tangential” worden aangelegd, kan de zijdelingsche uitbreiding van de spoel, die in dit stadium wel als *phragmoplast* wordt aangeduid, lang vervolgd worden, hetgeen men bijvoorbeeld kan waarnemen aan fraaie mikrofoto's, die Bailey⁵⁾ van kerndeelingen in cambiumcellen vervaardigde (zie fig. 4, 5 en 6).

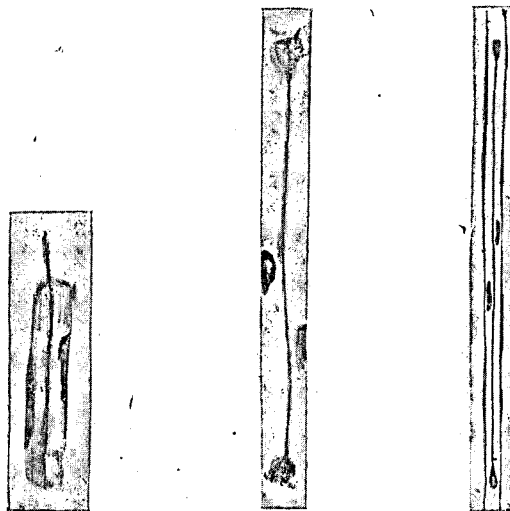


Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

Vorming van de celplaat en zijdelingsche uitbreiding daarvan in een cambiumcel (naar Bailey).

De celplaat bestaat bij haar eerste vorming stellig nog grotendeels uit dezelfde stof, waaruit de vezeltjes waren opgebouwd, maar al spoedig begint in het midden van de celplaat de vorming van een, uit andere materie gevormde, *lamel* zichtbaar te worden (zie fig. 3). Melchior Treub heeft reeds in 1878 opgemerkt, dat dit kan aanvangen, vóórdat de celplaat de wanden der moedercel heeft bereikt. Hoe dit precies in zijn werk gaat, is bij de kleinheid der objecten

⁵⁾ The cambium and its derivative tissues, Am. J. Botany 7 417—434 (1920).

slecht te zeggen. Er zijn aanwijzingen voor, dat zich kort vóór de vorming van de bedoelde lamel, oplosbare koolhydraten nabij de celplaat ophopen. Zeker is het, dat die lamel in het midden van de celplaat zichtbaar wordt en zich met die plaat zijdelings uitbreidt⁶⁾.

De bedoelde lamel is geheel *isotroop* en bevat *geen* cellulose. Zij wordt meermalen bij den diktegroei van den celwand tot een uiterst fijn laagje samengedrukt, maar kan, zooals nader zal worden besproken, wel dikker worden en ook chemische veranderingen ondergaan. Daar zij, in tegenstelling met de verdikkingslagen, steeds *isotroop* en vrij van cellulose blijft, kan die lamel toch soms in volwassen weefsels worden teruggevonden (zie fig. 7). Wij zullen haar als de

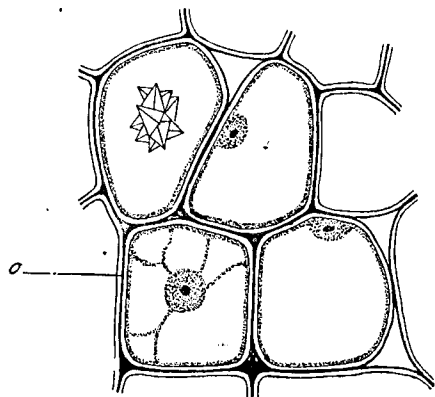


Fig. 7. Jeugdige cellen uit een kweeper met opvallende „oorspronkelijke middellamel” c (in de fig. zwart aangegeven, in werkelijkheid kleurloos), daartegen de primaire wanden, hiertegen wandstandig protoplasma (naar Rosenberg).

oorspronkelijke of ware middellamel aanduiden, maar wijzen er op, dat op dit gebied verwarring bestaat. Vaak ziet men namelijk in oudere weefsels een vrij dun laagje, tusschen dikke celwanden gelegen, dat enkelvoudig schijnt (zie fig. 8) en dat men daarom dikwijls met de oorspronkelijke middellamel verward heeft; het wordt zelfs meestal in de literatuur nog zonder meer *middellamel* genoemd. Reeds L. Dippel⁷⁾

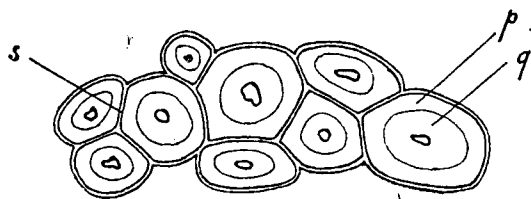


Fig. 8. Dwarsdoorsnede van een vlasbundel (de „technische” vlasvezel), s = de samengestelde middellamel, p en q vormen samen den secundairen wand.

heeft echter aangetoond, dat (door voorzichtig zoogenaamde maceratiemiddelen toe te passen) is te bewijzen, dat *die* middellamel uit drie laagjes is opgebouwd, waarvan het middelste uitsluitend den naam van „oorspronkelijke middellamel” verdient. De beide aangrenzende laagjes moeten als *primaire lagen* van de celwanden der beide aan elkaar grenzende cellen worden aangeduid; ook worden ze wel *primaire wanden* genoemd. In zulk een primaire wandlaag is van het moment van ontstaan af wel cellulose aanwezig. De uit *drie* laagjes opgebouwde

middellamel zullen wij hier als de *samengestelde middellamel* aanduiden.

Vooral aan dwarscoupen is door bezichtiging tusschen gekruiste nicols menigmaal de aanwezigheid van de primaire wandverdikkingen goed zichtbaar te maken (het best in onvolkomen gemacereerde preparaten), omdat ze *anisotroop* zijn en dus tegen de isotrope, ware middellamel afsteken en omdat ze in zulke coupes ook meestal sterker „oplichten” dan de, daarop naar binnen volgende, vaak zeer breede, *secundaire wandverdikking* (zie fig. 9).

In fig. 10 vindt men de hierbedoelde lagen van den



Fig. 9. Zwak gemacereerde dwarscoupe van naaldhout tusschen gekruiste nicols (de trillingsrichtingen der nicols zijn onder hoeken van 45° te denken) (naar Dippel). De sterk gezwollen oorspronkelijke middellamel is isotroop en dus onzichtbaar; de primaire (en ook de tertiaire) wand licht sterk op; de secundaire wand licht slechts zwak op.

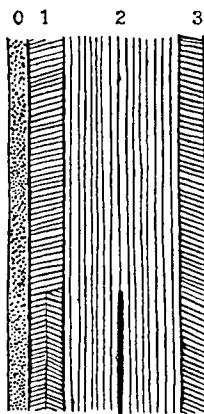


Fig. 10. Schema van den microscopischen bouw van een plantaardigen celwand. 0 = oorspronkelijke middellamel (pectinest., soms later Capectaat, vaak onzichtbaar), 1 = primaire wand (cellulose, pectinest., phosphatiden, vaak later met houtstof en andere bestandd.), 2 = secundaire wand (vaak vrij zuivere cellulose, soms pectinest., soms hoofdz. hemicellulosen, vaak later met houtstof en andere bestandd.), 3 = tertiaire wand (ontbreekt vaak).

In „weefsels” denke men zich de lagen 1, 2 en 3 ook links van 0 herhaald. Bij epidermiscelwanden wordt 0 door de cuticula vervangen.

celwand schematisch aangeduid. Voorts vestigen wij er de aandacht op, dat wij in ons schema aangaven, hoe zich somtijds in den primairen, zoowel als in den secundairen wand nog lagen laten onderscheiden, maar hierop komen wij later terug.

Opperhuid- of epidermis-celwanden (waartoe ook katoenharen behooren) hebben aan de buitenzijde uiteraard geen tussenlamel; die is daar vervangen door een laagje van een wasachtige stof, de *cuticula*⁸⁾. Maar verder is ook bij epidermis-celwanden een primaire laag van secundaire lagen te onderscheiden.

Aan de binnenzijde van den secundairen wand is bij sommige cellen (o. a. bij houtvezels) nog een, door lichtbreking en dus ook door samenstelling van dien secundairen wand afwijkend, laagje, de *tertiaire* wand, te zien. Tusschen gekruiste nicols kan dit laagje soms even sterk oplichten als de primaire wand (zie fig. 9).

Die tertiaire wand kan echter ook geheel ontbre-

⁶⁾ De botanicus Allen onderstelt, dat deze lamel dubbel is, maar heeft in die opvatting geen steun gevonden.

⁷⁾ Das Mikroskop, Bd. II, 1. Aufl. 1869, 2. Aufl. 1898, waarin ook oudere literatuur over dit onderwerp.

⁸⁾ Voor de chemie van de cuticula verwijs ik naar C. van Wisselingh, Die Zellmembran (verschenen als Band III, 2 van K. Linsbauer, Handbuch der Pflanzenanatomie), 1924 en voorts naar V. H. Legg & R. V. Wheeler, Plant cuticles I, J. Chem. Soc. 1271, 1412—1421 (1925).

ken en ofschoon Dippel een andere meening was toegedaan, heeft Strasburger wel zeer waarschijnlijk gemaakt, dat die wand eerst na den secundairen wordt gevormd. In hetgeen volgt, blijft die tertiaire wand vrijwel geheel buiten beschouwing.

Zeker is de secundaire wand, quantitatief beschouwd, wel het belangrijkste deel van den celwand. Bij katoenvezels vormt die wand, ruw geschat, ongeveer $\frac{9}{10}$ van de totale wanddikte; wat daarbuiten ligt, is vrijwel uitsluitend primaire wand, want de geheel aan de oppervlakte gelegen cuticula is hierbij uiterst dun. Toch kan de aanwezigheid van die cuticula (althans bij onbehandelde katoen) gemakkelijk worden aangetoond door de vezel in koperoxyde-ammoniakoplossing (juister koperamminhydroxyde-oplossing genoemd) te laten zwellen. Daar de cuticula niet mede zwelt, vormt zij voor het uitzetten van de onderliggende celluloselagen een belemmering, waardoor de bekende rozenkransvormige verdikking optreedt (zie fig. 11), waarvan men bijv. in A. Herzog's „Mikrophotographischer Atlas der Faserstoffe, 1908“, zulke fraaie afbeeldingen aantreft.

Bij bastbundels, bijvoorbeeld bij de *technische* vlasvezel, zijn ook de secundaire celwanden wel het belangrijkste, maar de *samengestelde* middellamellen vormen toch de verbindende materie, die de *elementaire* vezels, waaruit de bastbundel is opgebouwd, bijeenhoudt (zie fig. 8). Door voorzichtig en onvolkomen macereren, kan men uit die samengestelde middellamel de oorspronkelijke middellamel wegnemen; de vezelbundel valt dan in elementaire vezels uiteen en daarbij kan men den primairen wand als een dun laagje rond den secundairen behouden. Soms kan men dat laagje dan rechtstreeks zien, vooral als men

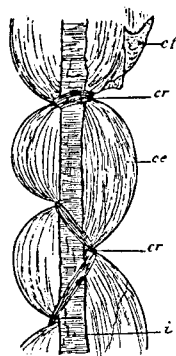


Fig. 11. Katoenvezel na zwellen in koperoxydeammoniakopl. (naar Von Höhnelt), cr = ringen van de cuticula, cf = lapje van de cuticula, ce = opgezwollen cellulosewand, i = protoplasmarest.



Fig. 12. Hennepvezel na zwellen in koperoxydeammoniakoplossing (naar Nägeli). a = protoplasmarest, b en c = ringen en spiraalvormige banden van den primairen wand.

het kleurt (bijv. bij de Sunn-vezel). Soms kan men het ook, door zwelmiddelen toe te passen, zichtbaar maken. Wanneer namelijk die primaire wand verhout is, zwelt hij minder dan de onderliggende secundaire laag en daardoor kan dan een soortgelijk verschijnsel optreden als bij het zwellende katoenhaar door de cuticula wordt veroorzaakt. Dit laatste geldt bijvoorbeeld voor de hennepvezel, waarvoor C. Nägeli⁹⁾ reeds in 1864 een fraaie teke-

ning van de zwellung gaf, die hier wordt gereproduceerd (fig. 12).

Veelal is echter die primaire wand moeilijk waar te nemen en bij vezels, die langs technisch-chemischen weg zijn geïsoleerd, zooals bijv. hout- en stroocelstof, is die wand met de oorspronkelijke middellamel geheel opgelost. Dit zal wel de reden zijn, waarom men vooral in de laatste jaren aan dien primairen wand en ook aan het verschil tusschen dezen wand en de oorspronkelijke middellamel zoo weinig aandacht heeft geschonken, zoodat H. Reimers¹⁰⁾ daarop zelfs in 1921 nog eens de aandacht moest vestigen.

3. Iets over de chemie van de oorspronkelijke middellamel en van de verdikkingslagen.

De oorspronkelijke middellamel bestaat zeer waarschijnlijk hoofdzakelijk uit pectinestoffen. Volgens R. M. Tupper-Carey en J. H. Priestley¹¹⁾ bevat deze lamel in jeugdigen toestand ook eiwitstoffen, waarvan ik niet geheel overtuigd ben¹²⁾. In ouderen toestand zou zij volgens deze onderzoekers ook vetachtige stoffen; fosfatieden bevatten, hetgeen mij wel zeer waarschijnlijk voorkomt.

Stellig ondergaat die lamel in den loop van haar ontwikkeling nog verdere chemische veranderingen. Zoo kan die middellamel opzwellen en een geleiachtige structuur aannemen; ze kan ook geheel vervloeien en weer geresorbeerd worden. Interessant is ook de door L. Mangin¹³⁾ met microphoto's weergegeven vorming van staafjes en knobbeltjes van Ca-pectaat, die men in sommige volwassen weefsels (bijv. in de knopen van Paardestaarten) aantreft tegen de wandvlakken der *intercellulaire ruimten*, dus daar, waar oorspronkelijk de middellamel aanwezig was, en welke lichaampjes ook zeker uit die lamel ontstaan zijn.

De *primaire verdikkingslaag*, die slecht onderzocht is, bevat in jeugdigen toestand ook steeds veel pectinestoffen, maar daarnaast toch altijd cellulose en ze is bovendien vaak zóó rijk aan vetachtige stoffen, dat de cellulosereactie eerst optreedt, wanneer men die stoffen vooraf met alcoholische kali verwijderd¹⁴⁾, hetgeen ook voor den primairen wand van de epidermiscellen geldt¹⁵⁾.

Merkwaardigerwijze kan men vooral in deze laag bij het ouder worden van de plant belangrijke wijzigingen der chemische geaardheid constateeren. Vaak neemt men daarin de *eerste* verhouting waar en vast staat, dat daarin ook de *meeste* houtstof wordt afgezet. G. J. Ritter¹⁶⁾ heeft zelfs aangegeven, dat bij rijp hout 75 % van alle lignine in de *samengestelde* middellamel is te vinden.

De oorspronkelijke middellamel is in zulk hout uiterst dun en is ook door Ritter onopgemerkt gebleven (hij spreekt van de middellamel zonder meer). Die

¹⁰⁾ Zur Klarstellung des Begriffs der Mittellamelle bei den Bastfasern, Z. angew. Botan. 3, 177—185 (1921).

¹¹⁾ The composition of the cell-wall at the apical meristem of stem and root, Proc. Roy. Soc. (London), 95 [B], 109—131 (1923).

¹²⁾ Zie bijv. de kritiek over het voorkomen van eiwit in celwanden bij C. Correns, Ueber die vegetab. Zellmembran. Pringsheim's Jahrb. 26, 587—674 (1894).

¹³⁾ Propriétés et réactions des composés pectiques, J. botan. 6, 206 (1892) en 7, 37 (1893).

¹⁴⁾ Tupper-Carey & Priestley l.c.

¹⁵⁾ W. Lawrence Balls, The determiners of cellulose etc., Proc. Roy. Soc. (London) 95 [B], 82 (1923).

¹⁶⁾ Distribution of lignin in wood, Ind. Eng. Chem. 17, 1194—1196 (1925).

⁹⁾ Ueber den inneren Bau vegetabilischer Zellenmembranen, 11. Quellungserscheinungen bei Bastfasern, Sitz. b. kgl. bayer. Akad. Wiss. 2, 151—167 (1864).

verdeeling der houtstof verklaart, waarom bij behandelen van hout met oplosmiddelen voor houtstof (waarin trouwens meestal ook pectinestoffen en lipoiden oplossen) die samengestelde tusschenlamel zóó sterk verzwakt wordt, dat het hout in cellen uiteenvalt (men vergelijke hiermee, wat boven over de geïsoleerde vezels gezegd werd).

De *secundaire verdikkingslagen* worden aanvanke-lijk meestal hoofdzakelijk uit cellulose gevormd, maar zij bevatten dikwerf evengoed pectinestoffen; somtijds zijn zij hieraan zeer rijk (bijv. in collenchym) en dit schijnt dan vooral in de buitenste lagen van den celwand het geval te zijn.

Maar stellig zijn dit niet de eenige bestanddeelen van den secundairen wand. Heel vaak komen daarin hemicellulosen (hexosanen, pentosanen en hexopen-tosanen) voor, die soms zelfs de cellulose geheel kun-nen vervangen. Dit laatste geldt bijv. voor de celwan-den van de graankorrel en voor die van het IJsland-sche mos, welke wanden uit lichenine bestaan, een hexosaan, dat blijkens het belangrijk onderzoek van P. Karrer¹⁷⁾ na verwant is aan cellulose. Het geldt ook voor de wanden van het Iersche mos, die vooral galactaan bevatten, voor de celwanden van vele zaden en vruchten, die uit verschillende hemicellulosen be-staan. Voorts kunnen in den secundairen wand kiezel-zuur en zwavelzuur, beide waarschijnlijk geheel of gedeeltelijk als moeilijk oplosbare Ca-zouten van zure esters¹⁸⁾, en andere anorganische bestanddeelen voor-komen, maar ook looistoffen en kleurstoffen.

Van veel belang lijkt mij verder, dat B. Hansteen Cranner (l.c.) het zeer waarschijnlijk heeft gemaakt, dat ook voor deze lagen van den wand vetachtige stoffen, vermoedelijk *phosphatieden*, constant voorkomende bestanddeelen zijn. Reeds vermeldde ik, hoe hij aannam, dat die stoffen de celplaat en de buitenste lagen van het protoplasma zouden opbouwen. Hij kon nu aantoonen, dat oplosbare en ook onoplosbare, sterk hydrophile phosphatieden (die hij van elkander kon scheiden, maar die gemakkelijk in elkander zouden overgaan) door alle lagen van den wand heendringen. De oplosbare, die ook in het celvocht opgelost zouden voorkomen, zouden door hun vermogen om electro-lieten en niet-electrolieten te binden, bij het stoftrans-port een rol spelen, maar ook de onoplosbare zouden in het leven der cel van de grootste beteekenis zijn, waarbij Cranner uiteraard aansluiting zoekt bij de bekende lipoid-theorie van Overton.

¹⁷⁾ Men zie de verschillende verhandelingen van Karrer en medewerkers over dit koolhydraat in Helv. Chim. Acta 1923—1926, maar ook zijn werkje „Polymere Kohlenhydrate“, 1925.

Voor de graankorrel vergelijkelijke men: H. T. Brown & G. H. Morris, Researches on the germin. of some of the Gramineae I, J. Chem. Soc. Trans. 57, 458—528 (1890) en D. H. F. Clayton & S. B. Schryver, The hemicellulose of wheat flour, Biochem. J. 17, 493—496 (1923).

¹⁸⁾ Paul Haas, On carrageen (*Chondrus crispus*) II. On the occurrence of ethereal sulfates in the plant. Biochem. J. 15, 469—476 (1921); P. Haas & B. Russel-Wells, On the significance of the ash content of certain marine algae, Bioch. J. 17, 696—706 (1923); F. Fairbrother & H. Mastin, The swelling of agar-agar, J. chem. Soc. 123, I, 1412—1424 (1923); F. C. Harwood, The colloidal electrolyte extracted from carrageen, J. chem. Soc. 123, II, 2254—2258 (1923); Schneider & Wrede, Ber. 50, (1917); Hans Pringsheim & W. Kusenak, Ueber Lichenin und die Lichenase, Z. physiol. Chem. 137, 265—271 (1924); D. R. Nanji & W. S. Shaw, The rôle of silica in plant growth, J. Soc. Chem. Ind. 44, 1—6 (T) (1925). Ik citeer hier uitvoerig, omdat steeds meer blijkt, hoe „aschbestanddeelen“ van celwanden een belangrijke rol spelen, zoo bijv. bij het verproces (zie P. Rona & L. Michaelis en vooral ook J. M. Kolthoff).

V. Grafe¹⁹⁾ heeft vele argumenten en proeven ter staving dezer beschouwingen aangevoerd en meent, dat ook de chromatische stof van de celkern niet uit nukleïnen, maar uit onoplosbare phosphatieden zou bestaan. Zelfs onderstelt hij, in overeenstemming met Cranner, dat wij in de phosphatieden de moeder-stoffen der vitaminen hebben te zien.

Bij ouder worden komen zich dan veelal in den secundairen wand nog allerhande stoffen bij de ge-noemde voegen. Vaak al vroeg de lignine, later harsen en andere incrusten²⁰⁾. Maar „verhouting“ of andere „incrusteering“ kan ook geheel achterwege blijven, hetgeen bijvoorbeeld voor het katoenhaar en de vlas-vezel geldt.

Hoe aantrekkelijk ook, ik ga hier de chemie van al deze stoffen niet uitvoerig bespreken en maak slechts enkele opmerkingen over de drie voornaamste be-standdeelen.

a. De pectinestoffen.

Talloos zijn de verhandelingen, die aan de chemie dezer pectinestoffen zijn gewijd. Een aantrekkelijk overzicht geeft Sucharipa in zijn werkje „Die Pectine-stoffe“ van 1925, dat wel als ondertitel had kunnen dragen: „honderd jaren pectinechemie“, immers het was in 1824, dat Braconnot voor het eerst uit topi-namboursap een gelatineuze stof bereidde, die hij „pectinezuur“ noemde. Maar het genoemde werkje is geenszins meer „up to date“ en de sedert verschenen, belangrijke verhandelingen van Felix Ehrlich uit Breslau hebben het beeld reeds weder belangrijk ge-wijzigd.

Moeilijke producten bleken de pectinestoffen voor het onderzoek te zijn, vooral door hare gelatineerende eigenschappen; moeilijk is ook de literatuur daarover door de schromelijke verwarring in de gebruikte ter-minologie, waaromtrent nog altijd geen overeenstem-ming is bereikt.

Als hoofdmomenten uit het onderzoek dezer chemie breng ik er hier twee naar voren.

Vooreerst de ontdekking van Th. von Fellenberg, waarop vooral door zijn onderzoek van 1918 de aan-dacht is gevestigd²¹⁾, n.l. deze, dat vele der pectine-stoffen en speciaal de oorspronkelijk in de plant ge-vormde, methylesters zijn, waaruit de methylalcohol buitengewoon gemakkelijk, bijv. bij kamertemperatuur door alkaliën, zelfs door zwakke als kalkwater, en ook reeds door lang koken met water (vooral onder druk) en voorts door een enzym, is af te splitsen. Merkwaardigerwijze geschiedt dit afsplitsen moeilijk door zuren.

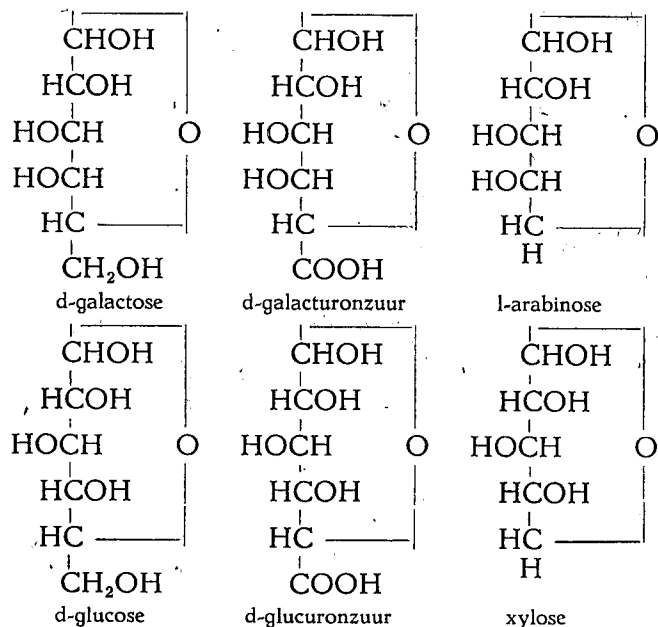
Plotseling heeft die ontdekking veel licht geworpen op allerlei reacties der pectinestoffen en ze is ook voor de technische toepassing dier stoffen van de grootste beteekenis geworden. Zoo bleek het vermogen om met sterke suikeroplossingen (in zuur milieu) geleis te vormen, mede afhankelijk van het gehalte aan methyl-alcohol.

¹⁹⁾ In verschillende verhandelingen in het Biochem. Z. van 1925 en 1926, het laatst in een publicatie met H. Magistris, Ueber die Phosphatide aus *Daucus Carota*, Planta 2, 429—437 (1926), (Festschr. für H. Molisch).

²⁰⁾ Het begrip „incrusteeringe bestanddeelen“ of „incrusten“ omvatte oorspronkelijk alle bestanddeelen van den celwand, die bij de bereiding van cellulose werden verwijderd (Payen, 1838). Erich Schmidt gebruikt het woord echter in ietwat anderen zin. Het is zeker verouderd en wordt tegenwoordig veelal vermeden.

²¹⁾ Ueber die Konstitution der Pektinkörper, Biochem. Z. 58, 118—161 (1918).

Als tweede groote stap voorwaarts noem ik de ontdekking van Felix Ehrlich²²⁾, het eerst in 1917 gepubliceerd, waarbij hij als één van de belangrijkste producten van de hydrolyse van pectinestoffen (die daarbij verder nog verschillende koolhydraten afsplitsen en zooals later bleek, soms ook azijnzuur) het d-galacturonzuur heeft gevonden. Teneinde het verband dezer stof met andere, meer bekende, in herinnering te brengen, geef ik onderstaande formules, waarbij de zuurstofbrug, in overeenstemming met de laatste opvatting van W. Charlton, W. N. Haworth & St. Peat²³⁾, is aangenomen: tusschen het 1e en 5e koolstofatoom:



Daarbij heb ik ook overeenkomstige formules, uitgaande van glucose, opgenomen, omdat bij later onderzoek van Ehrlich waarschijnlijk werd, dat ook het d-glucuronzuur als hydrolytisch splitsingsproduct bij de hydrolyse van pectinestoffen kan optreden, terwijl dit door werk van Erich Schmidt²⁴⁾ tot zekerheid is geworden.

Vooral is het voorkomen van glucuronzuur interessant in verband met de beteekenis, die dit zuur in de dierlijke stofwisseling heeft; na voeding met allerhande organische producten, zooals menthol, vindt men deze stoffen „gepaard” aan glucuronzuur in de urine terug.

Maar ook de groote beteekenis van dit zuur voor de plantaardige stofwisseling begint steeds duidelijker te worden. Het is bekend, dat het gebonden wordt aangetroffen in het glycyrrhizine, het voornaamste zoete bestanddeel van het zoethout en dus van drop. H. A. Spoehr²⁵⁾ vond het zuur in extracten van Cacti en beschouwt het daarvoor als een normaal bestanddeel. Maar eerst sinds verleden jaar is door het onderzoek van Carl G. Schwalbe & G. A. Feldtmann²⁶⁾ waarschijnlijk gemaakt, dat het zelfs in tarwe- en rogge-

stroo en in vurenhout voorkomt en ook in daaruit bereide celstoffen.

Bij gewone oxydatie van galactose en glucose worden deze uronzuren niet verkregen, maar onder bepaalde voorwaarden schijnt dat toch wel mogelijk²⁷⁾, en zeker is dat het geval, als de waterstof der aldehydgroep door bepaalde ketens vervangen is.

Het is nu verder nog noodig op te merken, dat het aan Ehrlich gelukt is, bij „onvolkomen” hydrolyse van pectinen twee digalacturonzuren te verkrijgen, terwijl Erich Schmidt en Vocke (l.c.) uit de wandstof van bruinalgen twee polyglucuronzuren bereidden, die zij als polymere vormen van anhydroglucuronzuur aanduiden. Het lijkt mij waarschijnlijk, dat deze polyuronzuren door oxydatie van polysacchariden verkregen kunnen worden en niet uitgesloten, dat hun vorming in de plant daarin haar oorsprong vindt²⁸⁾.

Speciaal vestig ik verder de aandacht op het nauwe verband tusschen deze uronzuren en de twee het meest in de natuur, doorgaans als polysacchariden, maar ook wel in glucosiden, aangetroffen pentosen. Wanneer ik U dan in herinnering breng, hoe E. Salkowsky & C. Neuberg²⁹⁾ hebben aangetoond, dat het d-glucuronzuur zeer gemakkelijk door bacteriënwerking CO₂ afsplitst en xylose oplevert, dan wordt het wel zeer verleidelijk, om den oorsprong der pentoanen, die zoo veelvuldig in de celwanden zijn aangetroffen en waarvan ons de verspreiding en de eigenschappen vooral door het werk van Emil Heuser³⁰⁾ en zijn medewerkers is duidelijk geworden, in de uronzuren te zoeken.

Laat mij U tenslotte een opsomming geven van de beteekenis van de pectinestoffen in het leven en bij het sterven van de plant, een beteekenis, die ze vooral aan het voorkomen in de middellamel ontleenen. Zij spelen een rol bij:

den zoogenaamden glijdenden groei, waaronder men het vermogen der cellen verstaat, om al groeiende langs elkaar te schuiven, soms over zeer groote afstanden, zooals bijv. het geval is bij de melksapbuizen, die vaak over een lengte van talrijke meters tusschen andere cellen doordringen,

het rijp en overrijp worden van vruchten (de z.g. pectinemetamorphose), het geheel of gedeeltelijk wegvallen van wanden tusschen zeer jeugdige cellen, waardoor z.g. vaten en lysigene holten ontstaan, het afvallen van bladeren³¹⁾,

het uiteenvallen van weefsels in losse cellen bij rotting, roten en vermolmen,

het reguleeren van het H- en OH-ionengehalte in de celwanden³²⁾,

²⁷⁾ Knecht & Hibbert, The behaviour of glucose and certain other carbohydrates towards dyestuffs and towards potassium ferricyanide in an alkaline medium. J. Chem. Soc. 127, II, 2854 (1925).

²⁸⁾ Men vergelijkte speciaal H. A. Spoehr l.c. en verder D. R. Nanji, F. J. Paton & A. R. Ling, Decarboxylation of polysaccharide acids, J. Soc. Chem. Ind. 44, 253 T—258 T (1925).

²⁹⁾ Die Verwandlung von d-Glucuronsäure in l-Xylose, Z. physiol. Chem. 36, 261—267 (1902).

³⁰⁾ Verschiedene „Beiträge zur Kenntnis der Pentosanen” in J. prakt. Chem. N.F. 103 (1921—22); 104 (1922); 105 (1922—23) en 107 (1923—24).

³¹⁾ Men zie voor dit laatste: H. C. Sampson, Chemical changes accompanying abscission in Coleus Blumei, Botan. Gaz. 46, 32—53 (1918).

³²⁾ Men zie hiervoor de interessante verhandeling van Sven Odén, Zur Frage der Azidität der Zellmembranen, Ber. Deut. bot. Ges. 34, 648—660 (1916).

²²⁾ Die Pektinestoffe, ihre Konstitution und Bedeutung, Chem. Z. 41, 197—200 (1917).

²³⁾ A revision of the structural formula of glucose. J. chem. Soc. 89 (1926).

²⁴⁾ Zie diens publicatie met F. Vocke, Zur Kenntnis der Polyglucuronsäure (I), Ber. 59 B, 1585—1588 (1926).

²⁵⁾ The carbohydrate economy of Cacti, Carnegie Inst. of Wash. Publ., No. 287 (1919).

²⁶⁾ Ueber das Vorkommen der d-Glykuronsäure in pflanzlichen Faserstoffen, Ber. 58, II, 1534—1539 (1925).

de functioneering van de wortelharen, meer speciaal selectieve binding van ionen, het oplossen van bodembestanddeelen, het verzuren van den grond ³³⁾,

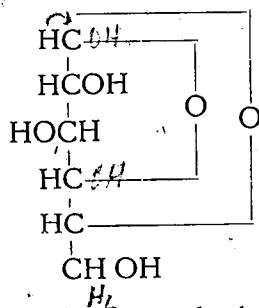
waarschijnlijk ook bij de vorming van plantenslijm en plantengom.

Wanneer ik dan nog in herinnering breng, hoe de pectinestoffen van beteekenis zijn voor het vraagstuk van het zacht koken onzer spijzen, hoe ze de smaak van sommige onzer genotmiddelen beïnvloeden (velouté van den wijn), hoe zij de grondstof vormen van de geleifabricage, hoe daaraan het voorkomen van methylalcohol in sommige ciders moet worden toegeschreven, en hoe zij een beteekenis hebben bij de sapzuivering in de beetwortelsuikerfabrieken, dan meen ik voldoende te hebben gezegd, om het belang van dit bestanddeel van den celwand duidelijk te maken.

b. De cellulose.

Ik kan hier uiteraard geen uiteenzetting geven van de verschillende meeningen, die omtrent de constitutie van cellulose bestaan. De literatuur hierover neemt onrustbarende afmetingen aan. Toch kan men wel zeggen, dat de strijd op dit terrein zich tusschen de opvattingen van K. Hess, van P. Karrer, van J. C. Irvine en van A. W. Schorger gaat concentreeren, die respectievelijk den eenvoudigsten chemischen bouwsteen van één, twee, drie en vier glucosemoleculen afleiden, al loopen de meeningen daarbij uiteen over de wijze, waarop men zich de vereeniging van bouwstenen tot *onoplosbare* complexen heeft te denken.

Door K. Hess ³⁴⁾ is met veel energie en groot vernuft de opvatting verdedigd, dat het cellulosemolecuul een glucoseanhydried (een glucosaan) is, waarvoor hij de onderstaande formule als de meest waarschijnlijke beschouwt:



en waarbij hij zorgvuldig vermijdt, deze formule in n- of x-voud te schrijven, omdat naar zijn meening cellulose, wanneer ze chemisch reageert, met dit molecuul werkzaam is, dat niet door ware chemische valenties, maar hoogstens door rest- of nevenvalenties, die echter bij *reacties* geen rol spelen, tot een grooter complex is „geassocieerd”. Hier komt het probleem polymerisatie, associatie of aggregatie te voorschijn, dat vooral eigenaardige moeilijkheden biedt, omdat men het over de beteekenis dezer termen niet eens is.

M. Bergmann ³⁵⁾, heeft trouwens zeer onlangs nog eens uiteengezet, hoe, bezwaarlijk zelfs het begrip „molecuul” bij een stof in den vloeibaren, den opge-

lost en den vasten aggregatietoestand is te definiëren. Vooral het inzicht, dat wij hebben gekregen in den innerlijken opbouw van kristallen, maant daarbij tot groote voorzichtigheid en is een nieuwe waarschuwing tegen de onderstelling, dat het „structuurmolecuul” of het „stoechiometrisch molecuul” ook moet zijn het „kleinste deeltje der stof, dat nog de eigenschappen der stof heeft”.

Terecht wijst Bergmann er echter op, hoe desalniettemin experimenten, bijvoorbeeld over de wijze, waarop verschillende oplosmiddelen uit de zoogenaamde hoogmoleculaire natuurproducten bepaalde eenheidsgroepen wegnemen (vooral wanneer dat op reversibele wijze geschiedt), ons inzicht in den bouw dier producten kunnen verrijken.

Stellig behooren dan ook wel tot de belangrijkste vondsten uit de chemie der hoogere koolhydraten waarnemingen, zooals die van Bergmann zelf over het volkomen reversibel, moleculairdispers, oplossen van inuline in vloeibare ammoniak tot deeltjes van den omvang $\text{C}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_{10}\cdot\text{Na}$ „terugwinnen” van de inuline lost deze stof in water wederom „kolloïdaal” op.

Zulk een vondst is ook de bereiding van een cellobioseanhydried door denzelfden onderzoeker ³⁶⁾, een stof, die men wegens haar eigenschappen tot de hoogmoleculaire producten zou willen rekenen (ze vertoont punten van overeenkomst met cellulose, echter ook van verschil), maar die men reversibel in een kristallijn en moleculairdispers-oplossend tetra-acetaat kan omzetten, dat bij kryoskopisch onderzoek in ijsazijnoplossing het eenvoudigste moleculairgewicht oplevert.

Zulk een vondst is verder de volgende waarneming van Hess, waaraan deze onderzoeker ook verschillende argumenten voor de boven aangeduide opvatting ontleent. Het gelukte Hess een gekristalliseerd diacetaat en een gekristalliseerd triacetaat van cellulose te verkrijgen, die bij kryoskopisch onderzoek in oplossingen van azijnzuur een merkwaardig gedrag vertoonden (dat onderzoek moest bij zorgvuldig uitsluiten van lucht geschieden).

Voor het diacetaat wordt door Hess een grafische voorstelling van verrichte waarnemingen gegeven, waaruit men kan besluiten, dat dit acetaat kort na het oplossen een mol. gew. toonde, overeenkomende met de eenvoudigste formule, dus van het acetaat, afgeleid van $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$. Na een aantal uren begint dat moleculairgewicht echter te stijgen en het wordt op den duur zelfs oneindig groot. Hess spreekt hier van molecul-associatie (ook wel van deeltjesvergroting en van coagulatie), maar is van oordeel, dat geen geleidelijke, trapsgewijze vorming van grotere moleculen moet worden aangenomen, maar wel het optreden van hooggeassocieerde deeltjes naast de oorspronkelijke, eenvoudige moleculen.

Vooral, omdat zich ook uit deze acetaten de cellulose, met vrijwel de oorspronkelijke eigenschappen, laat regenereren, meent Hess, dat ook aan het bovenbedoelde glucosaan (cellulose) het vermogen van associatie tot groote complexen moet worden toegedacht.

In ieder geval is nu wel waarschijnlijk geworden, dat wij ons de vorming van de cellulose, zooals die bij de *wording* van den celwand plaats vindt, hebben voor te stellen als een spontaan (met een relatief be-

³³⁾ Men zie: E. A. Roberts, The epidermal cells of roots, Botan. Gaz. 42, 488—506 (1916).

³⁴⁾ Men zie de mededeelingen van Hess en zijn medewerkers in de Ann. sedert 1923, speciaal de uitvoerige „Ueber Cellulose” in dat tijdschrift 435, 1—144 (1924) en ook de laatste publicatie „Zur Erkenntnis der Zellulose” in Kolloidchem. Beihefte 23 93—108 (1926) (Ambrohn-Festschrift).

³⁵⁾ Ueber den Molekülbegriff in der Strukturchemie. Naturwissenschaften 14, 1224—1227 (1926).

³⁶⁾ Beitr. zur Chemie hochmolekularer Stoffe, Ann. 445, 1—17 (1925).

perkte snelheid) verlopend proces, dat, uitgaat van eenvoudige bouwstenen, waarbij wij dan in 't midden laten, of wij daarbij van polymerisatie, associatie, aggregatie, coagulatie of misschien zelfs van kristallisatie tot submicroscopische kristallen³⁷⁾ moeten spreken.

c. De lignine.

Wanneer men bedenkt, dat er in het jaar 1926 drie werken zijn verschenen, die in hoofdzaak gewijd zijn aan de chemie van de houtstof³⁸⁾, dan zal niemand verwachten, dat ik met enkele woorden den stand van het lignineprobleem zal schetsen, maar ik meen toch een enkel gezichtspunt te mogen openen.

Bij het onderzoek van de lignine had men zich in de laatste jaren vooral bezig gehouden met het product, dat overblijft uit hout na oplossen van cellulose (en ook van andere bestanddeelen) door middel van, bij lage temperatuur met zoutzuurgas verzadigd, sterk zoutzuur. Deze methode, die wij aan R. Willstätter en L. Zechmeister³⁹⁾, die haar in 1913 publiceerden, danken, is sedert door verschillende onderzoekers verbeterd en vereenvoudigd, zoo bijvoorbeeld door H. Urban⁴⁰⁾, welke laatste onderzoeker een mengsel van gewoon sterk zoutzuur uit den handel en sterk fosforzuur toepast. Het op deze manier bereide product heeft een donkerbruin uiterlijk en is onoplosbaar in alkali en in alcohol.

Het was a priori wel te verwachten, dat deze ingrijpende bewerkingen ook het lignine-molecuul zouden aantasten en dat de daarmee verkregen, zoogenaamde „zoutzuur-lignine” een veranderde lignine is en inderdaad staat dit thans ook wel vast.

A. Friedrich⁴¹⁾ kon namelijk met zijn medewerkers een lignine bereiden door een veel minder ingrijpende behandeling (welke behandeling hij aan een onderzoek van Grüss ontleende) van hout, dat vooraf zorgvuldig van hars en houtgom bevrijd was. Hij deed dit door bevochtigen van het hout met het gelijke volume 16 %-ig zoutzuur, gevolgd door extraheeren met alcohol (na 48 uur of ook wel direct). Daarbij werd een zeer groot gedeelte, zelfs 90 %, van de in hout aanwezige lignine verkregen en wel als een tamelijk licht gekleurd product, oplosbaar in alcohol en in alkali, met een belangrijk hooger methoxylgehalte (maximaal ± 27.5 %) dan Willstätter's lignine bezat. Wanneer hij deze „primaire lignine” met Willstätter's zoutzuur behandelde, gaf ze een product, geheel gelijkende op hetgeen met zulk zuur rechtstreeks uit hout wordt verkregen en met een methoxylgehalte van slechts ongeveer 13 %. Friedrich heeft het zelfs zeer waarschijnlijk gemaakt, dat de in het geëxtraheerde hout, na toepassing van zijn extractiemethode, nog resterende lignine (± 10 %), alleen wat moeilijker te extraheeren is, maar dat ze in denzelfden toestand als de eerst geëxtraheerde lignine voorkomt.

Het nader onderzoek van deze primaire lignine be-

looft belangrijke resultaten. Het wil mij echter voorkomen, dat nog een verdere stap vooruit is te doen, en wel door terug te grijpen op een onderzoek van L. G. Langguth Steuerwald⁴²⁾, dat verscheen in een tijd, waarin men het belang daarvan nog niet inzag en dat in de wetenschappelijke wereld vrijwel onbekend is gebleven.

Dit onderzoek van de, in de rietsuikerfabricage algemeen bekende, zoogenaamde „gele kleurstof”, die voorkomt in de celwanden van het suikerriet (geel is de stof eerst duidelijk, wanneer ze met alkaliën wordt behandeld), is eigenlijk een voortzetting van een studie, welke H. C. Prinsen Geerlig's⁴³⁾ had aangevangen, welke onderzoeker die kleurstof reeds als een *incrusteerende* kleurstof had aangeduid. Ze bleek zeer gemakkelijk (zonder voorbehandeling met zoutzuur) met alkaliën (zelfs met verdunde) en ook met alcohol uit ampas uit te trekken te zijn.

Steuerwald, die aan de stof den naam van *saccharetine* gaf, heeft gevonden, dat ze de typische houtreacties vertoont, en wijst met nadruk op haar verwantschap met de lignine, maar ziet ook mogelijk verband met looistof en phlobapheën.

Inderdaad komt saccharetine in tal van eigenschappen vooral met primaire lignine overeen, ook in een hoog methoxylgehalte⁴⁴⁾; evenals deze stof geeft saccharetine typische sublimaten van den vorm als K. Kürschner⁴⁵⁾ met Willstätter's lignine, hout en verwante materialen heeft verkregen (welke sublimaten hoofdzakelijk uit vanilinezuur bestaan). De saccharetine is dan ook vermoedelijk een nog minder veranderde vorm der houtstof dan de primaire lignine of wel een zeer naverwante en in ieder geval een meer oorspronkelijke stof. Een hernieuwd onderzoek, gebruik makende van de rijke ervaringen, die de lignine-chemie sedert 1911 opdeed, verdient warme aanbeveling.

Van belang voor onze beschouwing over de wording van den celwand is vooral de gemakkelijke oplosbaarheid van saccharetine en primaire lignine in zeer zwak alkalische oplossingen, waardoor het *transport* van de houtstof begrijpelijk wordt. Misschien wordt de lignine door de pectinezuren uit zulke oplossingen plaatselijk in den wand, speciaal in de samengestelde middellamel, neergeslagen, maar ik stel toch ook de vraag: Zouden wij misschien verband tusschen de uronzuren en de lignine moeten aannemen? Furaanketens zijn in de lignine meermalen ondersteld en uronzuren zijn gemakkeijk in furfurol om te zetten.

4. De structuur van den primairen wand.

Aan de amorphe oorspronkelijke middellamel zijn uiteraard geen fijnere structuren waar te nemen — afgezien natuurlijk van hetgeen deze in sommige weefsels bij het rijp of overrijp worden te zien geeft, waarover ik hierboven reeds heb gesproken.

De *primaire wand* is op zijn fijnere structuur nog zeer weinig onderzocht. Voor *bastvezels* deed dit

³⁷⁾ Men zie voor dit laatste vooral Hess, Ambronn-Festschrift I.c.

³⁸⁾ W. Fuchs, Die Chemie des Lignins, Berlin, 1926; L. F. Hawley & L. E. Wise, The Chemistry of Wood, New York, 1926 en A. W. Schorger, The Chemistry of Cellulose and Wood, New York, 1926.

³⁹⁾ Zur Kenntnis der Hydrolyse von Cellulose, Ber. 46, 2401—2412 (1913).

⁴⁰⁾ Zur Kenntniss des Fichtenholzes, Zellulosechem. 7, 73—78 (1926).

⁴¹⁾ A. Friedrich u. J. Diwald, Zur Kenntnis des Lignins I; A. Friedrich u. B. Brüda, Zur Kenntnis des Lignins II; Sitz. ber. Akad. Wiss. Wien, IIb, 134, 31—36; 597—610 (1925).

⁴²⁾ Over de incrusteerende kleurstof van het suikerriet. Arch. Javasuikeerind. 19, III, 1542—1557 (1911).

⁴³⁾ Studien over ampas, Arch. Javasuikeerind. 1897. 359—360.

⁴⁴⁾ Ir. H. Eilers, die op mijn verzoek deze producten nader onderzocht, vond in primaire lignine uit naaldhoutslip 20.3 %, in saccharetine 18.2 % en in zoutzure lignine, volgens Urban uit dezelfde naaldhoutslip bereid, 16.9 % methoxyl.

⁴⁵⁾ Zur Chemie der Ligninkörper, Stuttgart 1925.

alleen H. Reimers⁴⁶⁾, die er op wees, hoe in dien wand vaak uiterst fijne poriën zijn waar te nemen met spoelvormige spleetjes, die een constanten, vrij grooten hoek ($\pm 45^\circ$) maken met de lengte-as van de vezel, hetgeen op een spiraalsgewijzen⁴⁷⁾ opbouw, maar met tamelijk geringe helling van de spiraal, wijst. Die poriën communiceren met veel duidelijker zichtbare poriën in den dikken secundairen wand, maar daarvan hellen de spleetjes, althans bij bastvezels, meest veel sterker en zelfs dikwijls in tegengestelde richting. Bovendien heeft Reimers de spiraalsgewijze structuur van den primairen wand, door wat hij noemt „etsstrepes” en „breuklijnen”, in dien wand bevestigd gevonden, terwijl hij ook het „optisch gedrag” van dien wand daarmee in overeenstemming acht. Hij constateerde n.l., dat ook in den primairen wand de langste as van de „indexellipsoïde” valt in de richting der poriespleetjes. Die plaatsingswijze was door A. Zimmermann⁴⁸⁾ voor tal van secundaire wanden waargenomen en vindt, zooals nog nader zal blijken, hare verklaring in den spiraalsgewijzen opbouw van dien wand in de richting der spleetjes. Het zwakkere hellen van de lange as van de indexellipsoïde in den primairen wand en het sterkere in den secundairen wand bij bastvezels, veroorzaakt het vroeger vermelde (door Dippel 't eerst waargenomen) sterkere „oplichten” van den primairen wand en het zwakkere oplichten van den secundairen bij dwarscoupen, die tusschen gekruiste nicols worden bekeken.

Ook het gedrag van den primairen wand bij zwelling van den (geheelen) celwand duidt op een bepaalde structuur. Wij verwijzen hiervoor nogmaals naar de tekening van C. Nägeli van een gezwollen hennepvezel, die wij in fig. 12 reproduceerden. Daar aan was te zien, hoe de primaire wand minder zwelt dan de daarbinnen gelegen secundaire wandlagen, hetgeen aan een verhouding van dien primairen wand moest worden toegeschreven. Maar ook neemt men waar, dat de primaire wand bij de zwelling van de vezel is uiteengescheurd en dat daarbij ring- en spiraalvormige strooken zijn gevormd, die op een spiraalsgewijzen bouw van dien wand wijzen.

Van een fijnere structuur van de *cuticula* van opperhuidscellen is niets bekend. Soms vertoont deze intusschen wel degelijk structuureigenaardigheden. Wanneer men bijvoorbeeld een katoenvezel voorzichtig laat zwellen, zorg dragende, dat de *cuticula* intact blijft, dan toont deze in bovenaanzicht een typische tekening. M. A. Calvert & T. Summers⁴⁹⁾, die, in navolging van G. E. Collins & A. M. Williams⁵⁰⁾ aan de *cuticula* een beteekenis toe-kennen bij het mercerisatieproces, publiceerden daarvan merkwaardige microphoto's. Het is m. i. echter zeer waarschijnlijk, dat deze structuureigenaardigheden moeten worden toegeschreven aan den bijzonderen bouw van den onder de *cuticula* gelegen

primairen wand. Door het gehalte aan vetachtige stof (zie boven) en een andere oriëntering van de „zwellingsellipsoïde” (zie beneden), zal die primaire wand namelijk anders zwellen dan de, daar binnen liggende, secundaire wandlagen.

Houdt men dit in het oog, dan wordt het ook duidelijk, waarom een gezwollen katoenhaar zooveel gelijkenis vertoont met een gezwollen hennepvezel (zie de figuren 11 en 12).

Zeer interessant is nu hetgeen W. Lawrence Balls⁵¹⁾, over wiens werk ik aanstonds nog nader zal spreken, aan den primairen wand van katoenvezels waarnam. Die wand is goed te bestudeeren, want zoolang het katoenhaar nog in de lengte groeit — dit is bijv. in Egypte het geval gedurende de 20 à 25 dagen, die op den bloei en de bevruchting volgen — wordt zijn bekleeding uitsluitend door *cuticula* en primairen wand gevormd. Het haar is dan ook in die periode uiterst teer en het „tordeert” zich ook niet bij indrogen, maar schrompelt daarbij onregelmatig ineen.

Balls constateerde nu, en dit over de geheele lengte van het haar onveranderd, dat er in dien primairen wand twee spiraalsgewijze strepingen zichtbaar waren, die in tegengestelden zin, dus elkander kruisend, verlopen, en die beide hoeken van ongeveer 70° maken met de lengte-as van het haar (d. i. dezelfde hoek als de later te bespreken afschuivlakken in den secundairen wand met die as maken). Let wel, „omkeerplaatsen”, zooals wij ze aanstonds zullen zien in den secundairen wand, komen hier niet voor.

Uit het gedrag in gepolariseerd licht concludeert Balls, dat de „optische assen van de structuren” min of meer loodrecht op het wandvlak gesteld zijn. Zeker is het, dat de indexellipsoïde ook in den primairen wand van het katoenhaar anders geplaatst is dan in den secundairen wand.

Balls kon niet uitmaken, of de twee strepingsfiguren in afzonderlijke lagen of in een zelfde laag van den primairen wand voorkomen (die wand lijkt op dwarscoupen en bij zwelling geheel homogeen), maar Balls acht het voorkomen in twee verschillende lagen het waarschijnlijkste en voert de hypothese in, dat die lagen op bepaalde plaatsen (de latere omkeerpunten van de torsierichting) met elkander omwisselen.

5 De teekeningen en de fijnere structuur van den secundairen wand.

a. De lamellenstructuur.

Het is reeds lang aan plantenanatomen bekend, dat de dikke secundaire celwanden op de dwars-, maar ook op de lengte-doorsneden vaak een laagsgewijze structuur te zien geven; soms kan men in de dikte van den secundairen wand meer dan honderd lamellen tellen. Het heeft tot uitvoerige discussies aanleiding gegeven, of men het zichtbaar zijn dier lagen alleen aan verschil in vochtgehalte of ook aan verschil in chemische samenstelling moet toeschrijven. Onze landgenoot C. van Wisselingh, die een kenner was van den plantencelwand als weinig anderen, heeft in een samenvattend werk⁵²⁾, dat hij kort vóór zijn overlijden voltooidde, nog eens er op gewezen, dat, waar hij daarnaar zocht, hij steeds chemische verschillen kon vinden. Ik merk daarbij intusschen op, dat verschillende chemische samenstelling der lagen

⁴⁶⁾ Ueber die innere Struktur der Bastfasern. Z. angew. Botan. 4, 65—71 (1922).

⁴⁷⁾ Juister zou het zijn, te spreken van een schroeflijn dan van een spiraal, maar wij volgen hierin de bij botanici gebruikelijke uitdrukkingwijze.

⁴⁸⁾ Molecularphysikalische Unters. 2. Ueber den Zusammenhang zwischen der Richtung der Tüpfel und der optischen Elasticitäts-axen. Ber. Deut. botan. Ges. 2, 124—129 (1884).

⁴⁹⁾ The swelling of raw cotton hairs during mercerisation without tension, Shirley Inst. Mem. 4, 49—84 (1925).

⁵⁰⁾ Studies on the swelling of cotton cellulose, Shirley Inst. Mem. 3, 59 (1924).

⁵¹⁾ The determiners of cellulosestructure as seen in the cellwall of cotton hairs, Proc. Roy. Soc. (London) 95 B, 72—89 (1923).

⁵²⁾ Die Zellmembran 1924, 210.

ook verschillen in den zwellingsgraad zal meebrengen en dus in vochtgehalten⁵³⁾).

Men heeft nu wel vaak vermoed, dat men bij die lamellen in den regel met groeizōnen te maken heeft, dus met afzettingen van wandlagen in perioden, waarin de stofwisseling in de plant verschillen vertoont. F. Noll⁵⁴⁾ heeft dit ook reeds met zeer ingenieuze experimenten voor bepaalde hoogere algen bewezen. Maar men heeft toch nimmer zulk een overtuigend bewijs daarvoor kunnen geven als W. Lawrence Balls⁵⁵⁾ dat gedaan heeft bij zijn uiterst minitieuze onderzoek van den groei en de wandverdickking van het katoenhaar, een onderzoek, dat hij in Egypte aanving, maar later in Engeland voortzette.

Zooals reeds werd meegedeeld, had hij geconstateerd, dat de verdikking van den wand begint, zodra de lengtegroei van het haar is afgelopen. Die verdikking gaat voort tot de vrucht openspringt. Op dat moment zijn de haren nog ongetordeerd.

Het was aan Balls bij physiologisch onderzoek van de katoenplant gebleken, dat de groei van de geheele plant in Egypte in het midden van den dag tot stilstand komt en 's nachts wederom inzet en daaruit had hij reeds vroeger⁵⁶⁾ met waarschijnlijkheid geconcludeerd, dat ook de afzetting der verdikkingslagen daar te lande periodiek zou geschieden. Door zwelmiddelen toe te passen, kon hij nu niet alleen den laagsgewijzen bouw van den wand aantoonen (die was voor de katoenvezel reeds bekend en o. a. door A. Herzog in 1904 en door Minajeff in 1907 waargenomen) en in fraaie microphoto's vastleggen (zie fig. 13 en fig. 14), maar ook (door de lagen op verschillende dagen na den bloei te tellen) bewijzen, dat de lamellen *dagelijksche groeizōnen* zijn. In ongezwollen toestand zijn die lamellen, waarvan er in de rijpe Egyptische katoenvezel ongeveer 25 voorkomen, ieder ongeveer

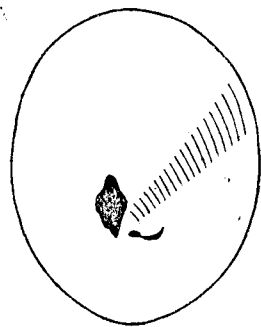


Fig. 13. Lamellenstructuur op dwarscoupe van een gezwollen katoenvezel (men heeft zich de lamellen uiter-aard verder doorgetrokken te denken) (naar Balls, geschematiseerd).

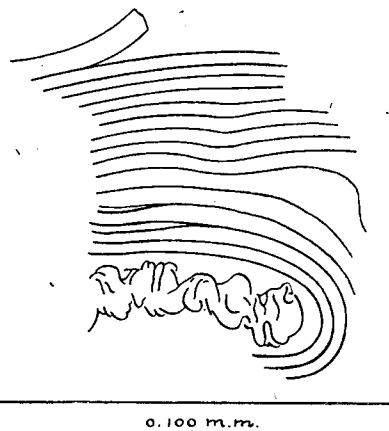


Fig. 14. Lamellenstructuur op de lengtedoorsnede van een gezwollen, niet geheel rijp katoenhaar; de bovenste lamel is de primaire wand (de cuticula heeft bij de zwelling losgelaten); onder: protoplasmarest (naar Balls).

⁵³⁾ Men zie ook C. Correns, Zur Kenntnis der inneren Struktur der vegetabilischen Zellmembranen, Pringsheims Jahrb. 23, 254—338 (1892).

⁵⁴⁾ Exp. Unters. über das Wachstum der Zellmembran, Abhandl. Senckenb. Naturforsch. Ges. 15, 101—159 (1890).

⁵⁵⁾ The existence of daily growth-rings in the cell-wall of cotton hairs, Proc. Roy. Soc. (London) 90 B, 542—555 (1919) en met H. A. Hancock, Further observations on cell-wall structure in cotton hairs, ibid. 93 B, 426—440 (1922).

⁵⁶⁾ The Cottonplant in Egypt, London, 1912; The Development and Properties of Raw Cotton, London, 1915.

0.4 μ = 400 $\mu\mu$ breed, ze zijn dus in dien toestand bij microscopie met gewoon licht onzichtbaar.

Het verschil in samenstelling tusschen de aan elkander grenzende deelen van twee op elkander volgende lamellen (waardoor die lamellen voor sommige celwanden direct zichtbaar zijn of voor andere bij zwelling zichtbaar worden) kan ongedwongen worden verklaard door aannemen van regelmatig wederkerende variaties in de stofwisseling, of wel van eenzijdige impregneering met bepaalde stofwisselingsproducten, bijvoorbeeld gedurende de rustperioden tusschen het afzetten der opeenvolgende lamellen.

Geenszins is met Ball's waarnemingen de vraag beantwoord, of diktegroei van celwanden *steeds* zooals hier door afzetten van nieuwe wandlamellen tegen reeds gevormde (appositie) geschiedt, of dat die groei somtijds ook door invoegen van nieuwe deeltjes tusschen reeds in den wand aanwezige, oudere (intussusceptie) kan plaats vinden. Evenmin is daardoor uitgemaakt, dat niet nog na het afzetten van den wand differentieeringen daarin kunnen intreden, zoodat ook nog langs anderen weg lamellenstructuur zou kunnen optreden.

Vast staat slechts, dat wij bij den diktegroei van den celwand niet *alleen* aan intussusceptie mogen denken zooals Nägeli dit deed. Wij zullen aanstonds (in § 9) zien, dat er bepaalde gevallen zijn, waarin groei (ook diktegroei) door intussusceptie mogelijk is te achten.

Maar toch is zeker door het werk van Balls zeer *waarschijnlijk* geworden, dat in tal van gevallen de lamellaire bouw van den secundairen celwand als het gevolg van het bestaan van „groeizōnen” moet worden beschouwd. Ed. Strasburger⁵⁷⁾ had zulk een vormingswijze reeds vroeger als de uitsluitend voorkomende verklaard en vele argumenten voor de „appositieeler” aangevoerd, maar geheel overtuigend waren die niet en ook andere onderzoekingen brachten geen beslissing. Bij haar zeer nauwgezet onderzoek van de ontwikkeling van den vlasstengel heeft bijvoorbeeld Tine Tammes⁵⁸⁾ geconstateerd, dat de vlasvezel ook na het begin van de verdikking nog in *omvang* toeneemt, maar zij moest zelfs voor dit opmerkelijke geval de vraag open laten, of wij daarbij aan appositie, gevolgd door rek, of wel aan intussusceptie moeten denken.

b. Teekeningen op de wanden.

Het is wel algemeen bekend, dat vaak aan de binnenzijde op celwanden zeer opvallend gevormde verdikkingen voorkomen, zooals ring-, spiraal-, streep-, of netvormige lijsten, welke men dan als *teekeningen* op die wanden aanduidt. Men ziet die tekening het best in lengte-aanzicht of na de vezel in de lengte te hebben gehalveerd. Dikwijls geven ook dunne plaatjes in den secundairen wand, zoogenaamde stippels of poriën, soms van eigenaardigen bouw, aanleiding tot zulke teekeningen. Meestal vertoonen die teekeningen dan regelmatigheden. Zoo spraken wij reeds van de spleetvormige poriën, waarbij de spleetjes onder een constanten hellingshoek worden aangetroffen (zie fig. 15). Zulke „spiraalsgewijze” rangschikkingen worden ook meermalen bij de andere teekeningen waargenomen. De hier bedoelde grovere structuureigenaardigheden van den secundairen wand, die vaak voor het lengteaanzicht van dien wand zeer

⁵⁷⁾ Ueber den Bau und das Wachstum der Zellhäute, Jena, 1882.

⁵⁸⁾ Der Flachsstengel, Haarlem, 1907, 253—258.

kenmerkend zijn, vallen op dwarscoupen meestal weinig op. Men ziet ze daar als fijne, radiaal gerichte streepjes of kanaaltjes en ook wel als duidelijke poriën

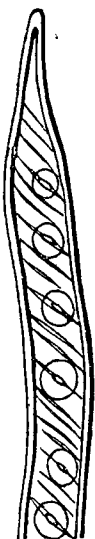


Fig. 15. Bovenste deel van een houtvezel uit vurenhout met hofstippels en spiraalsgewijze tekening (naar Dippel).

(zeer typeerend zijn daarbij vooral de hofstippels), of als plaatselijke verdikkingen van den wand.

c. Streping en fibrillenstructuur.

Naast die grovere structuren zijn in het lengteaanzicht en de lengtedoorsnede van den secundairen wand meermalen (vaak bijvoorbeeld bij de typische vezelstoffen) fijnere structuren te zien, die vooral duidelijk worden, wanneer wij de celwanden voorzichtig doen zwellen, of ze pletten, of wel beide bewerkingen combineeren. Wij zien dan uiterst fijne strepingen in den celwand en soms twee of meer, ongeveer evenwijdige of zelfs gekruiste systemen van zulke strepingen. Die veelal spiraalsgewijze, steil of zwak hellend, verloopende strepingen zijn reeds zeer lang bekend⁵⁹⁾, en trokken steeds sterk pingssystemen van Nägeli, dat der zoogen. „ringdat er twee strepingssystemen in eenzelfde lamel voorkomen, maar dit is reeds vrij spoedig door de onderzoekingen van H. Dippel, Ed. Strasburger en G. Krabbe afdoende weerlegd. Eén der beide strepingssystemen van Nägeli, de zoogenaamde „ringstreping”, is later door C. Correns⁶⁰⁾, die zijn onderzoek gedeeltelijk onder leiding van Nägeli verrichtte, uit „verschuivingen” (zie hieronder) verklaard.

Het staat thans wel vast, dat in éénzelfde wandlamel slechts één systeem en wel van onderling parallelle strepen voorkomt en dat in verschillende lagen van den secundairen wand vaak systemen met verschillende en zelfs tegengesteld (spiraalsgewijze) verloopende strepingen worden aangetroffen⁶¹⁾.

Sommige strepen zijn soms duidelijker dan andere en die komen wel regelmatig in de laag verspreid voor. Zelfs kunnen die zóó opvallend zijn, dat men ze ook op de dwarsdoorsnede van den celwand waarneemt, waarop ze zich dan als fijne gebogen lijntjes, die min of meer dwars over de wandlamellen verlopen, voordoen. In zulke gevallen laat zich dan soms het verschil

⁵⁹⁾ Voor Oleander-bastvezels werden ze reeds in 1835 door Mirbel ontdekt.

⁶⁰⁾ Zur Kenntnis der inneren Struktur der vegetab. Zellmembranen, Pringsheim's Jahrb. 23, 254—388 (1892).

⁶¹⁾ De zoogenaamde „dwarsstreping”, die voor sommige vezels (vooral voor zulke uit de familie der Apocynaceën) kenmerkend is, laat ik hier geheel buiten beschouwing.

in helling der strepingssystemen in de diverse lagen reeds op de dwarsdoorsnede waarnemen (radertjesstructuur), waarvoor wij naar de teekeningen van G. Krabbe⁶²⁾ moeten verwijzen. Men houde daarbij in het oog, dat de „vakjes”, waarin de lagen zijn ingedeeld, bij zwelling en pletten nog fijnere indeelingen zouden toonen.

Reeds vroeg heeft men de strepingen in de lengterichting in verband gebracht met de eigenschap van celwanden om in fibrillen uiteen te kunnen vallen (zie fig. 16). Zoo deed dit in 1854 H. Crüger⁶³⁾, die in tal van celwanden door maceratie en door uitpluizen fibrillen aantoonde, waarbij hij vermeldde, dat de fibrillen in den celwand door een „äussere Membran” (d. i. de primaire wand) worden samengehouden. Het heeft intusschen lang geduurd, vóórdat men de veelvuldigheid van het voorkomen van dien bouw heeft erkend; eerst in de laatste jaren dringt de overtuiging daarvan door.

Voortreffelijke photo's van de fibrillenstructuur der vlasvezel heeft A. Herzog⁶⁴⁾ onlangs gepubliceerd.

Ook voor de katoenvezel zijn zoowel de streping

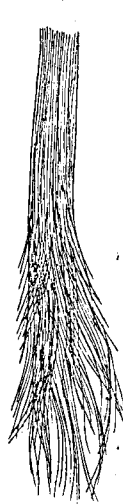


Fig. 16. Vlasvezel (elementairvezel, dus de „botanische” vezel), uiteenvallende in fibrillen.



Fig. 17. Katoenvezels, in fibrillen uiteenvallende (naar Crüger).

als de fibrillenstructuur reeds lang beschreven. Reeds Crüger gaf daarvan een afbeelding (zie fig. 17), terwijl H. Kuhn⁶⁵⁾ meedeelt, dat ze in 1863 is waargenomen door Chr. O'Neill te Manchester. Deze laatste zou door een serie merkwaardige experimenten tot de (waarschijnlijk juiste) overtuiging zijn gekomen, dat de fibrillen zelve weinig opzwellen, maar gebed zijn in sterk zwellbare en oplosbare cellulose, hetgeen hun zichtbaar worden bij zwelproeven zou verklaren. Toch zijn de oudere opvattingen op verschillende punten onjuist, zoo spreekt Kuhn zelf van een kruising van fibrillen, waardoor holten ontstaan, die bij het verven een rol zouden spelen.

Balls (l.c. 1922) heeft nu de bedoelde structuur voor de katoenvezel nader bestudeerd (zie fig. 18) en is tot de overtuiging gekomen, dat alle groeizönen van die vezel slechts één fibril breed zijn en dat één lamel uit ongeveer 100, naast elkander liggende,

⁶²⁾ Ein Beitrag zur Kenntnis der Struktur und des Wachstums vegetab. Zellhäute. Pringsheims Jahrb. 18, 346—423 (1887).

⁶³⁾ West-Indische Fragmente, Botan. Z. 12, 57 v.v. (1854).

⁶⁴⁾ Die Unterscheidung der Flachs- und Hanffaser, Berlin, 1926.

⁶⁵⁾ Die Baumwolle, Wien, 1892.

fibrillen is opgebouwd. De fibrillen in de niet gezwollen katoenvezel zouden dan op de doorsnede ongeveer 0.4μ in het vierkant zijn; en op de complete dwarsdoorsnede van den celwand zouden er dan

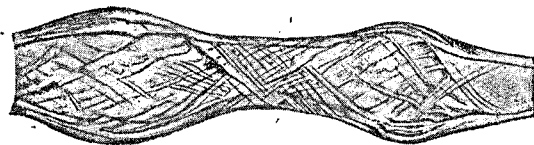


Fig. 18. Katoenvezel, na zwellen en pletten, toont de fibrillenstructuur (naar Balls).

ongeveer 2500 liggen. Wij komen weldra (in § 6) nog nader op de verdere onderzoekingen van Balls over den katoenvezelwand terug, maar zien eerst even naar andere vezels.

Op verzoek van R. O. Herzog⁶⁵⁾ heeft Jancke de fibrillenbreedte voor een aantal vezels „ultramicroscopisch” bepaald. Jancke kwam daarbij tot waarden van eenige tiendedeelen van 1μ , dus van dezelfde grootte als Balls aanneemt. Men moet dus een vezelwand beschouwen als opgebouwd te zijn uit eenige duizenden fijne fibrillen, maar ik merk hierbij reeds dadelijk op, dat men die fibrillen in den oorspronkelijken celwand niet vrij van elkander, maar (zooals reeds O'Neill dit deed) verbonden door tusschenstof moet denken.

Men heeft gevonden, dat de fibrillaire bouw der diverse lamellenlagen in den celwand voor verschillende plantensoorten en voor verschillende cellensoorten zeer kenmerkend is. Sonntag⁶⁷⁾ heeft bijv. opgemerkt, dat vlas- en hennepvezels gemakkelijk te onderscheiden zijn aan den hellingshoek, dien de strepingen in de buitenste der secundaire celwandverdikkingen maken met de lengteas (het verdient voor dit onderzoek aanbeveling den primairen wand van de vezels door schrapen te verwijderen en de vezels in water of azijnzuur te koken). Bij vlas is die hoek ongeveer 10° en zijn de fibrillen steeds rechts gewonden⁶⁸⁾ (in de aangrenzende meer naar binnen gelegen lagen, zijn de fibrillen bij den vlasvezel echter weer links gewonden); bij hennep verlopen zij (in alle lagen) onder een veel kleineren hoek, n.l. van gemiddeld ongeveer $3^\circ 5'$, en zijn zij doorgaans links gewonden, ofschoon zij in die vezel ook wel evenwijdig met de as of zwak rechts gewonden voorkomen.

H. Reimers (l.c. 1922) deelt de „bastvezels” zelfs op grond van de strepingen der verschillende lagen in drie groepen in, die hij als de hennepgroep, de netelgroep, en de vlasgroep onderscheidt.

De fibrillaire bouw van den celwand werpt licht op de regelmaat der grovere teekeningen op de celwanden, waarvan wij hierboven gewag maakten. De stippelspleetjes zijn bijvoorbeeld steeds in de richting der fibrillen geplaatst. De ring-, spiraal- en netvormige verdikkingen zijn zelve uit fibrillen opgebouwd, die nauwkeurig in de richting der lijsten loopen (zie fig. 19).

⁶⁵⁾ Der Feinbau der Zellulosefaser und seine Bedeutung für die Aufschliessung, Papier-Fabr. 23, 121—122 (1925).

⁶⁷⁾ Die Mikroskopische Unterscheidung der Hanf- und Flachs-faser, Ber. Deut. botan. Ges. 29, 669—671 (1911).

⁶⁸⁾ „rechts” en „links gewonden” wordt hier gebruikt in overeenstemming met de definitie, die de meeste botanici volgen (en dus niet met die der mathematici); men denke zich de „spiraal” als wenteltrap, die men opklimt en ga na of de as aan de rechter of linkerhand is.

Ook de optische en de zwellingsverschijnselen, alsmede de elastische eigenschappen van den celwand vertoonen, wat de verschillen in de diverse ruimte-



Fig. 19. Losgeraakte spiraalvormige verdikkingen van een houtvat na maceratie en pletten, fibrillenstructuur toonende (naar Crüger).

richtingen betreft, een nauwen „samenhang” met het verloop der fibrillen.

De langste as van de „indexellipsoïde” valt steeds samen met de richting der fibrillen. Daar de ligging der fibrillen in de verschillende lamellen verschillend kan zijn en men bovendien, een geïsoleerde cel bekijkende, door twee celwanden heen ziet, volgt hieruit een groote verscheidenheid van mogelijkheden bij het optische gedrag⁶⁹⁾. De beteekenis van dat gedrag voor de kennis der fijnere structuur zal daarmee echter tevens duidelijk zijn.

Van de „zwellingsellipsoïde” valt daarentegen de kortste as in de richting der fibrillen en daarmee houden ook verschillende verschijnselen bij de zwelling van celwanden verband. Zoo kan men door een zwellingsproef het hierboven omschreven verschillend verloop der fibrillen in de buitenste lagen van vlas- en hennepvezels macroscopisch demonstreeren. Bij bevochtiging en nog duidelijker bij daarop volgend indrogen, draaien die vezels (ook in den vorm van technische vezels, dus als vezelbundels), doorgaans in tegengestelden zin — hennepvezels weigeren dit wel eens en draaien een enkele maal ook wel in dezelfde richting als vlas, maar deze laatste vezel doet dat altijd in denzelfden zin. Sonntag (l.c. 1911) deelt mede, dat dit verschijnsel door een douanebeambte was gevonden, die daarvan practisch gebruik maakte voor onderscheiding dezer vezels, Reimers (l.c. 1922) vertelt, hoe hem die eigenschap door een ouden Badener vlasboer werd getoond en Nodder⁷⁰⁾ heeft haar in 1922 nog eens geheel onafhankelijk ontdekt.

Trouwens over „hygroscopische” bewegingen van plantencelwanden en van geheele plantendeelen, die daarvan het gevolg zijn, zijn reeds door C. Steinbrinck⁷¹⁾ tal van interessante waarnemingen gedaan en hij was er ten volle mee bekend, dat deze met de fijnere (en dus ook met de grovere, zichtbare) structuren in de verschillende lagen der celwanden verband hielden.

Een onderzoek, dat R. Auerbach⁷²⁾ over de „polariteit der elasticiteit” van vezels verrichtte (o. a. werd ook katoen onderzocht) en waarbij de elasticiteitsmodulus bij rek en de torsiemodulus bij tordeering

⁶⁹⁾ Men zie: C. Nägeli en S. Schwendener, Das Mikroskop, 2. Aufl., 1877, 313—361; A. Zimmermann, l.c. 1884, L. Dippel, Das Mikroskop, 2. Teil, 2. Aufl., 1898 en B. Remec Ueber die spec. Doppelbr. der Pflanzenfasern, Sitz. ber. Akad. Wiss. Wien 1902, 364.

⁷⁰⁾ A study of flax and kindred fibres. J. Textile Inst. 13, No. 9 (1922).

⁷¹⁾ Ueber Schrumpfs- u. Kohäsionsmechanismen von Pflanzen. Biol. Zentr. 26, 657—677, 721—744 (1906).

⁷²⁾ Beitr. zur Mech. der Gallerten. I. Die elastischen Eigenschaften einiger Textilfasern. Kolloid-Z. 32, 369—373 (1923).

werden bepaald, leidde tot merkwaaardige resultaten. Auerbach vat die samen in de uitspraak: „Die Textilfasern verhalten sich also in ihrer Längsrichtung wie feste Körper, in ihrer Querrichtung dagegen fast wie Flüssigkeiten”.

6. De tordeering van de katoenvezel.

Zeer belangrijk zijn de uitkomsten van het onderzoek van Balls (l.c. 1923) over het verband tusschen den fibrillairen bouw van den wand van het katoenhaar en de tordeering van de katoenvezel, welk onderzoek door de historische en kritische beschouwingen en door de belangrijke waarnemingen van H. J. Denham⁷³⁾ een zeer gelukkige aanvulling vond. De beide onderzoekers hebben hun werk echter niet in onderling verband gebracht, hetgeen ik wil trachten hieronder te doen.

Wanneer de katoenvrucht openspringt, zijn de verdikkingslagen in den wand alle aangelegd, maar op dat moment zijn de zaadharen niet getordeerd. Zelfs tordeeren zij zich niet, wanneer men de inwendige spanning in het haar door plasmolyse wegneemt. Zij doen dit eerst, wanneer men het haar laat indrogen, waarbij het protoplasma afsterft (zie fig. 20). Dit tordeeren blijkt een niet geheel omkeerbaar proces; door zwelmiddelen loopt het slechts gedeeltelijk terug.

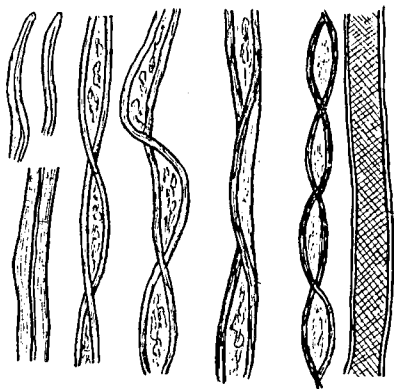


Fig. 20. Katoenvezels. Geheel rechts: een onrijpe, niet-getordeerde katoenvezel; boven links: uiteinden van katoenvezels (naar Hanausek).

Denham heeft nu aangetoond, dat het tordeeren als regel over het grootste deel van het haar wordt ingeleid door het dicht klappen van de eerst buisvormige cel tot een band. Daarbij zijn de banen, waarlangs dit dichtklappen tot stand komt, in den wand van het haar vooraf bepaald. Er komen n.l. op iedere dwarsdoorsnede van dien wand twee zwakke plaatsen voor, die op die doorsnede vrijwel diametraal tegenover elkander liggen (zie figuur 21). Soms is er slechts één zwakke plaats.

Die banden lopen beide spiraalsgewijze (zie fig. 22) en wel beide tegengesteld aan de fibrillen in den wand van het oorspronkelijk cilindrische haar) en daardoor zal bij het dichtklappen reeds een tordeeren van de nu bandvormige vezel moeten volgen. Maar het is zeker, dat die tordeering nog door een andere oorzaak wordt bevorderd en waarschijnlijk moeten aan deze laatste oorzaak wel de meeste windingen worden toegeschreven.

Bij het indrogen van den wand krimpt deze sterker

in de richting loodrecht op de fibrillen dan in de richting daarvan en daar de fibrillen in de tegen elkaar gelegen wandhelften van het dichtgeklapte haar volgens twee systemen van evenwijdige lijnen verlopen,



Fig. 21. Dwarsdoorsnede van een katoenvezel, a en a' zwakke strooken.



Fig. 22. Spiraalsgewijze verloopende, zwakke banden in katoenvezel; door zwellen van een dikwandig, niet getordeerde vezel zichtbaar gemaakt (naar Denham).

die een hoek met elkander maken, doet zich hier het geval voor, waarvoor C. Steinbrinck⁷⁴⁾ met behulp van een aardige proef (met op elkander geplakte papierstrookjes) heeft aangetoond, dat bij indrogen „tordeering” moet volgen.

Dat inderdaad deze oorzaak een rol speelt, kan men bewijzen door de vezel vochtig te maken, waarbij de vezel bandvormig blijft, maar waardoor de tordeeringswindingen „gedeeltelijk” verdwijnen.

Voor de deelen van het haar, waar de richting der spiraalsgewijze verloopende fibrillen (en dus ook van de beide zwakke strooken) dezelfde blijft, zal uiteraard ook de zin der tordeering van de vezel dezelfde blijven. Een belangrijke waarneming van Balls is het nu echter geweest, toen hij vond, dat die richting geenszins over de geheele lengte van het haar dezelfde is. Wel is waar maken de spiraalsgewijs verloopende fibrillen overal een vrijwel gelijken hoek met de lengterichting van het haar (bij volwassen haren is die hoek vrij nauwkeurig 29°), maar op sommige hoogten van den wand zijn alle fibrillen links-, op andere rechts-gewonden. Er komen dus „omkeerplaatsen” in de fibrillenstructuur voor en wij wijzen er op, dat dit reeds aan het nog niet getordeerde haar is te zien, zelfs wanneer nog slechts enkele verdikkingslagen van den secundairen wand zijn aangelegd. Die omkeering geschiedt in alle lamellen van het haar op dezelfde hoogte, en ook de „zwakke banden” keeren daar hun windingsrichting om.

Voor al tusschen gekruiste nicols of in elliptisch gepolariseerd licht vallen zulke omkeerplaatsen in den niet getordeerden wand sterk op.

Wanneer nu een katoenhaar indroogt, zal de „tordeering” aan weerszijden van een dergelijke omkeerplaats ook in tegengestelden zin verlopen (zie fig. 23).

Het totale aantal „tordeeringen”, in de geheele lengte van een katoenvezel voorkomende, kan zeer verschillend zijn (150 à 200 is voor Egyptische katoen een gewoon aantal), ook zijn de lengten dier torsiewindingen zeer verschillend en soms komen over een

⁷³⁾ The structure of the cotton hair and its botanical aspects, J. Textile Inst. 13, 99 (1922) en 14, T 85 (1923); ook opgenomen in Shirley Inst. Mem. 1, 87—100 (1922); 2, 61—88 (1923).

⁷⁴⁾ Ueber Schrumpfungs- u. Kohäsionsmechanismen von Pflanzen, l.c.

groote lengte, vooral aan den top, geen windingen voor. Het aantal „omkeeringen” is uiteraard veel kleiner (bijv. bleek voor Egyptische katoen 30 een vrij vaak voorkomend getal) en Balls acht het niet geheel

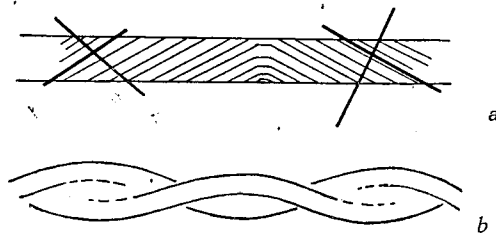


Fig. 23. a, niet getordeerd katoenhaar (bovenwand) met fibrillenstructuur bij een „omkeerplaats” en met richtingen van zwakste en sterkste inkrimping bij drogen; b, hetzelfde haar na het drogen getordeerd, vertoont een „omkeering” (naar Balls).

uitgesloten, dat dit aantal verband houdt met de (nachtelijke) perioden van lengtegroei. Maar daar het maximale aantal veel grooter is, zijn hierbij zeker nog andere factoren in 't spel.

Ook waarschuw ik er voor, dat men geenszins moet meenen, dat de hier beschreven structuurbijzonderheden met mathematische nauwkeurigheid in het katoenhaar en de na drogen verkregen vezel zijn gerealiseerd. Er zijn integendeel talrijke onregelmatigheden in den bouw der vezels waar te nemen. Zoo komt wel één spiraalvormige zwakke band in plaats van twee zulke banden voor, zoo blijft het dichtklappen of de tordeering wel achterwege of ook komen wel eigenaardige kronkels in de vezels voor. Men denke hier ook aan de halfrijpe en de overrijpe katoenvezels. Vooral de omstandigheid, dat de zaadharen zich dicht opeen ontwikkelen binnen de holte van het vruchtbeginsel, die dicht daarmee gevuld is, moet (zoals Denham terecht opmerkt) daarbij invloed uitoefenen.

In ieder geval staat het thans vast, dat de „typische” tordeeringen van de droge katoenvezel, die voor de technische waarde van de katoenvezel zoo belangrijk zijn, reeds bij den aanleg van de eerste verdikkingslamellen van den secundairen wand van het levende haar, door typische structuurbijzonderheden, zijn vastgelegd.

7. Zichtbaar maken van structuren in celwanden door druk, trek en torsie.

Voor zoover de strepingen en de fibrillenstructuur door pletten van celwanden daarin zichtbaar zijn gemaakt, zouden wij ook deze structuren in deze paragraaf kunnen bespreken. Wij zeiden echter reeds, dat die soms reeds in onbehandelde of in alleen gezwollen celwanden te zien zijn. Ik zal later betoogen, dat toch ook daarbij die structuur waarschijnlijk door mechanische invloeden zichtbaar werd, maar daar ze hierboven reeds voldoende besproken werd, blijft ze hier rusten.

Het is nu gebleken, dat men ook door aanzienlijken trek en druk in de lengterichting of door sterke torsie om de lengteas, aanwijzingen voor structuren in de celwanden kan te voorschijn roepen, die daarin aanvankelijk niet te zien waren.

Zoo zijn de typische „verschuivingen”, die o. a. Von Hoehnel in 1884 voor vele vezels beschreef, en die vooral voor de vlas- en hennepvezel algemeen bekend zijn geworden (zie fig. 24), blijkens Schwendener's onderzoek van 1894 in den onbeschadigde vezelwand

niet aanwezig en eerst door mechanische beschadigingen ontstaan⁷⁵).

Op de lengtedoorsneden van den celwand ziet men die verschuivingen als schuin door den wand verloopende streepjes, die door hun andere lichtbreking en hun sterkere neiging tot kleurstofopname in dien wand opvallen. Bij scherp toezien, blijkt inderdaad de wandstof van het bovenliggende deel over het lager liggende iets naar buiten of binnen „verschoven”.

Die „sliplijntjes” komen op die lengtedoorsnede bijna steeds onder een, voor de bepaalde vezel kenmerkenden, hoek ten opzichte van de lengterichting voor, maar dat kan naar links of naar rechts hellend zijn.

In de ruimte beschouwd, zijn die lijntjes uiteraard hellende, vlakke laagjes, maar in hoeverre ze (bij een ronde vezel) als een elliptische doorsnede of wel spiraalsgewijze door den wand gewonden voorkomen, is voor zoover mij bekend, voor die verschuivingen niet nagegaan.

Bij een interessant en ook voor de techniek belangrijk onderzoek, dat W. Robinson⁷⁶) in 1921 publiceerde over veranderingen in hout bij druk, rek en afschuiving, nam hij na die bewerkingen in de houtvezelwanden ook typische slipfiguren waar. Zoo vond hij na druk loodrecht op de vezelrichting



Fig. 24. Vlasvezel geperst (naar Robinson). „verschuivingen”.

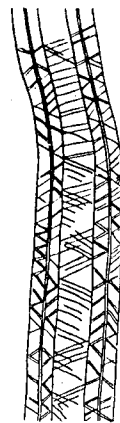


Fig. 25. Slipvlakjes in de vezelwanden van naalddhout, dat in kopsche richting is geperst (naar Robinson).



Fig. 26. Slipvlakjes in een katoenhaar (naar Denham).

afschuifvlakjes (speciaal in de lengtedoorsneden der radiale wanden) onder hoeken grooter dan 45°, zoowel links als rechts hellende (zie fig. 25). Geslaagde microfotografen gaven onlangs J. L. Bienfait⁷⁷). De bedoelde sliplakjes zijn intusschen reeds in 1864 door Nägeli (l. c.) afgebeeld, maar door hem onjuist geïnterpreteerd. Waarschijnlijk zijn hier de sliplakken hellende, platte vlakjes, die met de ongeveer vierkante vezels rechthoekige doorsneden geven.

H. J. Denham (l. c.) heeft nu ook de typische, schuin (maar hier slechts in één richting) verloopende streepjes, die nu en dan, maar dan ook zeer duidelijk, in de lengtedoorsneden van het katoenhaar zichtbaar

⁷⁵) Men zie ook Tine Tamme, l. c. 1907, 235—240.

⁷⁶) The microscopical features of mechanical strains in timber and the bearing of these, on the structure of the cell wall in plants, Trans. Roy. Soc. (London) B. 210, 49—82 (1921).

⁷⁷) Relation of the manner of failure to the structure of wood, under compression parallel to the grain, J. Agri. Research 33, 183—194 (1926).

zijn (zie fig. 26), als zulke „verschuivingen” kunnen verklaren. Vooral bij sterke tordeering van een bundel katoenvezels treedt een groot aantal in den wand dier vezels op. De zoogenaamde poriën van H. J. de Mosenthal, die soms aan de oppervlakte der katoenvezel zichtbaar zijn, en die door dezen onderzoeker zelfs als rijtjes „stomata” werden aangeduid en door hem fotografisch werden afgebeeld, bleken aan Denham door verschuivingen veroorzaakt. Van deze slipvlakken kon Denham aantonen, dat ze somtijds duidelijk volgens spiraalvormig gewonden vlakken in den vezelwand lagen.

Bij zwelling van zeer sterk verdikte katoenvezels (die niet dichtklappen en dus niet tordeeren) kon Denham somtijds zelfs zonder mechanische voorbehandeling twee zulke spiraalvormige slipvlakken waarnemen. Dit zijn de twee „zwakke banden”, waarvan hierboven (in § 6) sprake was, en waar ter plaatse bij een normaal verdikt haar, de wand bij drogen scherp ombuigt (zie figuur 21 en 22).

Balls (l.c. 1923) heeft zich in hoofdzaak bij de opvattingen van Denham aangesloten en gevonden, dat de afschuivlakken in het katoenhaar staan onder een hoek van ongeveer 70° ten opzichte van de lengteas van de vezel en tegenovergesteld gewonden met de fibrillen, waarmee ze dus een hoek van ongeveer 80° maken.

Aan dit alles heeft H. Ambronn⁷⁸⁾ nu kort geleden nog eenige interessante waarnemingen toegevoegd. Een der belangrijkste is wel het voorkomen van zulke verschuivingen in de zeer regelmatig gebouwde, massieve cellulose-draden, die men aantreft in de blaasvormige epidermiscellen van *Cobaea scandens* (een klimmende, éénjarige sierplant). Deze draden ontwikkelen zich merkwaardigerwijze niet als wandverdickking, maar vrij in de cel; bij het rijpe zaad liggen ze als spiraalvormig opgerolde kluwens op den bodem der epidermiscellen. Na bevochtiging van het zaad treden die draden, die een lengte van 5 cm bij een dikte van 1μ kunnen bereiken, naar buiten. Ze bleken mij een fibrillenstructuur te bezitten, terwijl Ambronn verschuivingsvlakken onder een constanten hoek van 62° aantrof, welke hij zelfs aan kluwens, die nog in de cel lagen, kon waarnemen; die verschuivingen moeten dus zeer gemakkelijk ontstaan.

De hierboven beschreven verschijnselen wijzen op een bepaalde „oriëntering” der opbouwende deeltjes van den secundaire celwand. Immers, wanneer die wand geen fijnere „structuur” bezat, zou men bij druk sliplijntjes in den vezelwand onder hoeken van 45° , en wel rechts en links hellend, kunnen verwachten; wij wezen er op, dat men juist andere hoeken aantreft. Ook bij trek en druk van kristallen en van materialen met kristallijne structuur neemt men rechts en links hellende slipvlakken waar onder hoeken, die van 45° afwijken, en onderling niet loodrecht staan. Een „eenvoudige” kristallijne structuur bezit de vezelwand, zooals wij nog nader zullen zien, echter niet.

8. Het afzetten van de secundaire celwandlagen en de protoplasmastrooming.

Door L. Dippel⁷⁹⁾ is een interessant, maar weinig

⁷⁸⁾ Gleitflächen in Zellulosefasern, Jubelband der Kolloid-Z., Zsigmondy Festheft 1925, 119—131.

⁷⁹⁾ Die wandständigen Protoplasmaströmchen in den Pflanzenzellen und deren Verhältnis zu den spiraligen und netzförmigen Verdickungsschichten. Abh. naturforsch. Ges. Halle 10, 55—68 (1868) en Das Mikroskop, 2. Teil, 2. Aufl., 1898, 557.

geciteerd, onderzoek verricht geworden over de wijze, waarop typische plaatselijke verdikkingen van celwanden, zooals bijvoorbeeld spiraalbanden, worden aangelegd. Hij heeft daarbij aangetoond, dat zich die verdikkingen vormen onder protoplasmastroompjes, die daar ter plaatse betrekkelijk langen tijd in dezelfde richting over de binnenzijde van den celwand blijven stroomen (zie fig. 27 en fig. 28). Hij verklaart het optreden van die „roteerende” stroompjes in het protoplasma, dat in de jeugdige cel verspreid voorkomt en dat daarin zonder veel regelmaat „circuleerde”, door aan te nemen, dat dit protoplasma door vacuolen, die grooter worden, in bepaalde banen wordt samengedrongen. Opvallend is de sterk korrelige structuur van het protoplasma in die stroompjes, althans in de meer naar binnen gelegen lagen, want de buitenste laag, die stil ligt, is hyaline.

Merkwaardigerwijze was H. Crüger⁸⁰⁾ reeds feitelijk in 1855 nog een stap verder gegaan, en had, met interessante teekeningen toegelicht, een betoog gehouden voor het verband tusschen de richting der protoplasmastroompjes en den fibrillairen bouw van celwanden (hij had daarbij niet speciaal de secundaire verdikkingslijsten op het oog).

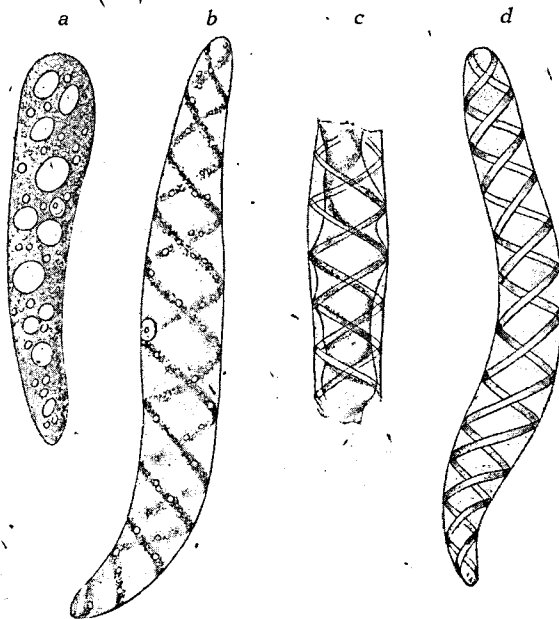


Fig. 27. Ontstaan van spiraalvormige verdikkingslijsten in een elatere van een levermos (naar Dippel). a, zeer jeugdige cel met protoplasma gelijkmatig gevuld; b, wat oudere cel, het protoplasma door vacuolenvorming tegen den wand gelocaliseerd, spiraalsgewijze wandstroompjes, maar nog geen verdikkingslijsten; c, aanleg van verdikkingslijsten begonnen; in het door plasmolyse los gemaakt wandstandig protoplasma ziet men nog de wandstroompjes; d, de verdikkingslijsten gevormd, het protoplasma afgestorven.

Ed. Strasburger (l.c. 1882) heeft zich bij deze beschouwingen aangesloten. Hij beeldt bijvoorbeeld typische, spiraalsgewijze en onmiddellijk naast elander verloopende, protoplasmastroompjes tegen den wand van de jeugdige houtvezels van den *Groven Den* af, en zegt (blz. 51) „Es sind das aufsteigende Schraubenlinien so völlig übereinstimmend mit dem Streifensystem der Wand, dass an einen Zusammenhang beider nicht zu zweifeln ist”. Evenals Dippel nam Strasburger ophooping van korreltjes in het protoplasma waar op de plaatsen, waar wandstof

⁸⁰⁾ Westindische Fragmente VI. Zur Entwicklungsgeschichte der Zellwand. Botan. Z. 13, 600—613; 617—619 (1855).

wordt afgezet en ook andere onderzoekers (o. a. Van Wisselingh) hebben dit verschijnsel opgemerkt.

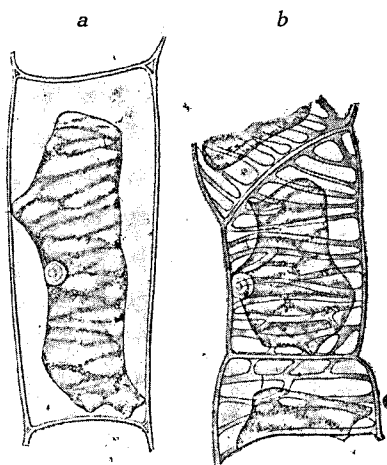


Fig. 28. Ontstaan van netvormige verdikkingslijsten in een element van een houtvat (naar Dippel). *a*, jeugdige cel geplasmolyseerd, toont de wandstroompjes, maar nog geen verdikkingslijsten; *b*, cel met lijsten in aanleg, geplasmolyseerd.

Voor de katoenvezel heeft nu ook Denham (l.c. 1923) het bestaan van een verband tusschen protoplasma-strooming en de strepingen in den wand aangenomen. Inderdaad kon Denham spiraalvormige protoplasma-stroompjes in het nog jonge katoenhaar waarnemen. Hij vergelijkt het afzetten van de laagjes wandstof door de roteerende protoplasma-stroompjes met het bestrijken van een vlak met verf; geschiedt dat door een verfkwaast meermalen in dezelfde richting over 't vlak te halen, dan toont de verflaag strepingen. Zoo zou men zich aan de binnenzijde van den wand van het katoenhaar ook ruggetjes van celwandstof moeten gevormd denken. Denham geeft verder over het ontstaan der fibrillen een verklaring en beschouwt ze als kunstproducten, bij de onvolledige zwelling van de vroegere ruggetjes ontstaan. Bij sterker zwellen zouden die ruggetjes weer samenvloeien (zie fig. 29).

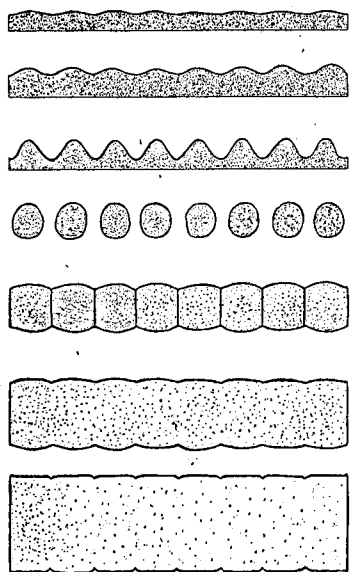


Fig. 29. Schema van toelichting van de wijze, waarop Denham zich fibrillen bij zwellen uit celwandruggetjes ontstaan denkt.

Naar mijn overtuiging houdt stellig de fibrillenstructuur met de protoplasma-stroompjes verband, maar daar de onbeschadigde celwand van de nog

levende cel vaak vrijwel geen fijnere structuur vertoont, moeten m. i. bij het ontstaan dier fibrillenstructuur nog andere factoren meespelen (zie later).

Met Denham ben ik intusschen van meening, dat het optreden der beide „zwakke banden” in den wand van het katoenhaar, waarvan hierboven sprake was, zijn verklaring kan vinden in het aanwezig zijn van twee stroomvrije vlakken in het spiraalsgewijze langs den wand naar boven en weer terug stroomende protoplasma (zie fig. 30).

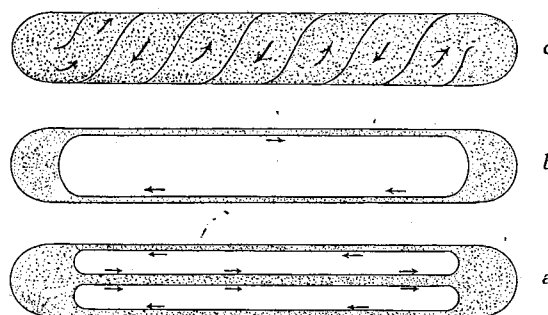


Fig. 30. Schema's van protoplasma-strooming (naar Denham); *c*, stroomingsschema van een katoenhaar zonder omkeerplaatsen (men kan zich *c* door tordeering van *b* ontstaan denken).

Wanneer slechts één zwakke band aanwezig is, hetgeen intusschen zeer zelden voorkomt, zal men waarschijnlijk aan een terugstroomen van het protoplasma in het inwendige van het haar moeten denken. Men bedenke, dat het laatstbedoelde geval door tordeering van fig. 30a zou intreden, zooals het eerstbedoelde (fig. 30c) door tordeering van fig. 30b zou ontstaan.

De waarnemingen, die H. Ambronn (l.c. 1925) deed over het ontstaan van de kluwens van cellulosedraden, waarvan in de vorige paragraaf sprake was, zijn met de hier gegeven opvatting goed in overeenstemming te brengen. Hij zag kort vóór het optreden dier draden een merkwaardige verdichting van het protoplasma tot breede, spiraalsgewijze banden, die evenals de latere kluwens rechts gewonden waren, maar met een geringer aantal windingen dan de kluwens. De eigenlijke vorming van den cellulosedraad kon hij niet vervolgen; ze schijnt zeer vlug te verlopen, alsof. — aldus drukt Ambronn zich uit — een georiënteerd uitkristalliseeren van cellulose plaats vindt.

Al spreekt Ambronn hier niet van een strooming van het protoplasma, zoo zal deze ongetwijfeld ook hier wel in die ophooping hebben bestaan en in ieder geval is deze waarneming natuurlijk ook van veel betekenis voor de opvatting omtrent het afzetten van „wandstandige” verdikkingen. Zelfs oppert Ambronn de onderstelling, dat de spiraalvormige banden, die wij als lijsten binnen tegen sommige celwanden leerden kennen, aanvankelijk los in het protoplasma worden gevormd.

9. De submicroscopische structuur der celwanden.

Stappen wij thans af van hetgeen met den microscoop en den ultramicroscoop aan celwanden zichtbaar is en vragen wij, welke de meest waarschijnlijke opvatting is over den submicroscopischen bouw daarvan.

De meesterlijke uiteenzetting, die A. Frey⁸¹⁾ in

⁸¹⁾ Der heutige Stand der Micellartheorie, Ber. Deut. botan. Ges. 44, 564—570 (1926).

het laatst verschenen nummer van de Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft over den stand der micellentheorie van Nägeli⁸²⁾ heeft gegeven, eindigt met dezen zin:

„Insbesondere dürfte es wohl keiner anderen Theorie gelingen, in einleuchtender Weise die gesamte Fülle der Anisotropie organisierter Substanzen, wie sie aus den Röntgendiagrammen, der Stäbchen- und der Eigendoppelbrechung, der Quellungsanisotropie, dem Stäbchendichroismus u. s. w. erhellt, restlos zu erklären“.

Ofschoon het nu geenszins vaststaat, dat de micellentheorie voor alle georganiseerde, d. i. zwelbare, materie geldigheid heeft, zoo zal men toch na lezing van het bedoelde artikel of van de uiteenzettingen van C. Steinbrinck⁸³⁾ stellig wel bereid zijn, deze uitspraak voor de plantaardige celwanden te onderschrijven.

Ik behoeft U wel niet in herinnering te brengen, dat de micellentheorie aanneemt, dat de georganiseerde stof zou opgebouwd zijn uit submicroscopische, kristallijne deeltjes, micellen, vaak nu ook kristallieten genoemd, die volgens bepaalde, regelmatige rangschikkingen in de ruimte tot grootere complexen zouden zijn samengevoegd. Die ruimterangschikkingen zouden echter met een grooteren graad van vrijheid „mogelijk” zijn, dan bij de bouwsteenen der kristallijne stof het geval is. Zoo zouden zich staafvormige micellen, alle met hun lengteas evenwijdig aan een plat vlak kunnen plaatsen, maar overigens in alle mogelijke standen.

De intermicellaire ruimten zouden met andere stof gevuld zijn, waarbij men volstrekt niet alleen aan vloeistoffen of opgeloste stof moet denken (zie fig. 31).

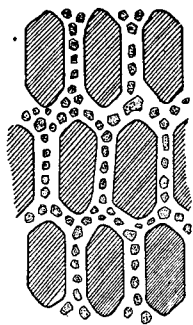


Fig. 31. „Unter den möglichen Combinationen hat somit die Einlagerung der einen Substanz in die Micellarinterstitien der anderen die grösste Wahrscheinlichkeit” (citaat uit Nägeli und Schwendener, 1877).

Bij de celwanden hebben wij ons de micellen als „rhombische”, dus optisch-twee-assige, kristalletjes van waarschijnlijk zuivere cellulose te denken⁸⁴⁾. Daarbij wordt gewoonlijk aangenomen, dat twee der hoofdbrekningscoëfficiënten (de beide kleinere) zeer weinig van elkander verschillen, zoodat de kristallieten bij benadering als optisch-één-assige kristalletjes zijn te beschouwen (zie echter noot 87). A. Frey⁸⁵⁾ heeft onlangs voor zuivere cellulosewanden van zeer

verschillende herkomst een opvallende onderlinge overeenkomst voor de waarden der brekningscoëfficiënten gevonden en geeft als gemiddelden voor de hoofdbrekningscoëfficiënten der cellulosemicellen op (voor Na-licht) $n_x (= n_\beta) = 1.533$ en $n_y = 1.594$.

De cellulosemicellen zouden voorts een staafjes-De cellulosekristallieten zijn dus optisch positief en de spec. dubbele breking daarvan, n.l. $n_y - n_x = 0.061$, heeft zelfs 7 maal de waarde, die ze voor kwarts bezit.

vorm bezitten en wel zou de groeisnelheid het grootst zijn geweest in de richting der optische as (het kristalliet als optisch-één-assig aannemende). Die staafjes heeft men zich nu in de celwanden steeds zóó geplaatst te denken, dat hun lengte-as in tangential richting loopt. Die as „kan” echter in die tangential richting allerlei standen innemen, maar vaak is de regelmaat ook veel grooter. Wanneer bijvoorbeeld de wand geheel of gedeeltelijk uit fibrillen is opgebouwd, ligt die lengte-as daar ter plaatse steeds in de richting der fibrillen.

Figuur 32, die ontleend is aan een andere recente

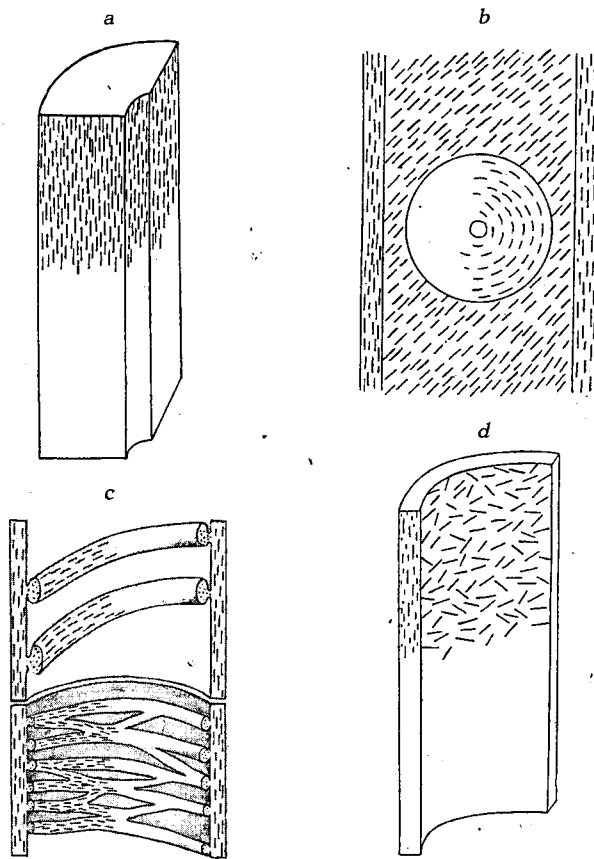


Fig. 32. Schematische voorstelling der rangschikking der micellen in verschillende secundaire celwanden (naar Frey). a, bij een typischen bastvezelwand; b, bij een houtvezelwand (de ronde vorming stelt een hofstippel voor); c, bij een spiraal- en netvormig verdikten houtvatwand; d, bij een zeefvatwand of een melksapbuis.

verhandeling van A. Frey⁸⁶⁾, geeft een denkbeeld van de rangschikkingen der micellen, zooals men die in verschillende (secundaire) celwanden aanneemt. Men kan uit deze figuur aflezen, dat die rangschikking in wanden van zeefvaten en melksapbuizen, waarin geen fibrillenstructuur valt waar te nemen, ook veel minder regelmatig wordt ondersteld dan in vezel-

⁸²⁾ Carl Nägeli, Die Stärkekörper, Pflanzenphys. Untersuch. 2. Heft, 1858, 332—376; C. Nägeli & S. Schwendener, Das Mikroskop (1877); C. von Nägeli, Theorie der Gärung. Abh. königl. Bayer. Akad. Wiss. 2. Cl. 13, 2. Abt. 103—131 (1879).

⁸³⁾ H. Ambronn's Betätigung für die Micellartheorie bis zum Jahre 1916, Koll.-Z. (1926), 6—20 (Ambronn-Festschrift).

⁸⁴⁾ Volkomen zekerheid omtrent het kristalstelsel bestaat niet; (zie R. O. Herzog: Ueber den Feinbau der Faserstoffe, Naturwissenschaften 12, 955—960 (1924)), maar voor de hier volgende beschouwingen is deze onderstelling voldoende.

⁸⁵⁾ Das Brechungsvermögen der Zellulosefasern, Kolloidchem. Beihefte 23, 40—50 (1926) (Ambronn-Festschrift).

⁸⁶⁾ Die submikroskop. Struktur der Zellmembranen, Pringsheim's Jahrb. 65, 195—223 (1926).

wanden, waarin zulk een structuur wel wordt gevonden. Toch zou ook voor de eerst genoemde celwanden wel een „zekere voorkeur” voor een bepaalde richting (n.l. de horizontale) zijn aan te nemen.

In deze figuren zijn de micellen door 'kleine streepjes voorgesteld, in de lengterichting en dus in de richting van de optische as van het (optisch-éénassig aangenomen) kristalliet geteekend. Daarbij is in het midden gelaten, of die micellen al of niet ook nog in een andere richting „georiënteerd” kunnen zijn. Veelal wordt nu inderdaad aangenomen, dat in vezelwanden ook zulk een verdere oriëntering bestaat, maar het is voor mijn verder betoog van belang op te merken, dat hieromtrent volstrekt geen zekerheid is verkregen en dat het zeer goed mogelijk is, dat de kristallieten, ook in de meest ideale vezelwanden, alleen in één zin (dus in de richting van de langste afmeting) zijn „georiënteerd”, terwijl zij overigens willekeurige standen innemen. Wij zouden dan bij zulk een vezelwand wel met een „aggregaat” met een zekere ordening, maar met een nog vrij eenvoudige, hebben te maken ⁸⁷⁾.

Nägeli heeft in zijn laatste publicatie over de micellentheorie ⁸⁸⁾ van de mogelijkheid van „vergroeiing” of „versmelten” van micellen, o. a. tot lijnvormige of fibrillenvormige lichaampjes, gesproken, waarbij hij doelt op een vergroeiing op de wijze van kristalvergroeiingen. Hij schrijft zelfs de superieure mechanische eigenschappen van de hout- en vooral van de bastvezels toe aan het daarin voorkomen van zulke lichaampjes. Daar Nägeli het bestaan van ware vezelfibrillen, in de betekenis zooals wij dien term gebruikten, ontkende, waarschuwde hij er voor, dat men de door hem aangenomen, hypothetische lichaampjes niet met zulke vezelbrillen moest verwarren. Nu de vezelbrillen echter wel degelijk als bestaande structurelementen moeten worden erkend, zou men de opvatting van Nägeli in dien zin kunnen wijzigen, maar men zou daardoor toch weer voor nieuwe moeilijkheden komen te staan.

Voor een verklaring van de fibrillenstructuur zal men namelijk in de eerste plaats moeten duidelijk maken, waarom een schijnbaar homogene wandlamel na maceratie en door pletten kan uiteenvallen in fibrillen van onderling ongeveer gelijke breedte. Dat dit geen consequentie is van de regelmaat der kristallietenrangschikking alléén, zal wel zonder meer duidelijk zijn.

Neemt men nu een „kristalvergroeiing” van kristallieten tot fibrillen aan (waarbij men dan nog een of andere hypothese moet invoeren om de ongeveer gelijke breedten der fibrillen te verklaren), dan zou men geen zwelling van fibrillen verwachten en wij zagen, dat die daarvoor zeer kenmerkend is. Ik zal op dit belangrijk punt in mijn slotparagraaf nog terugkomen, maar wijs er hier reeds op, hoe uit het voorafgaande volgt, dat de fibrillenstructuur met de micellentheorie zonder meer niet is te verklaren ⁸⁹⁾.

Hieraan zij echter onmiddellijk toegevoegd, dat het verband tusschen de polariteit der optische eigen-

schappen, der zwellingsverschijnselen en der elastische hoedanigheden enerzijds, en het verloop der fibrillen in een vezelwand anderzijds (op welk verband wij aan 't einde van § 5 wezen) bij het aannemen van de micellentheorie wel onmiddellijk duidelijk is. Immers al die eigenschappen worden door de „ordering” der micellen alleen reeds bepaald.

R. O. Herzog (l.c. Berichte 1925) heeft meege-deeld, dat Jancke met behulp van röntgendiagrammen voor een groot aantal bastvezels de afmetingen der kristallieten in twee richtingen heeft vastgesteld en daarvoor heeft gevonden 0.0112 μ en 0.0066 μ . Vergelijkt men deze laatstgenoemde waarden met hetgeen wij hierboven voor den diameter van de fibrillen opgaven, dan ziet men, dat inderdaad, zooals R. O. Herzog het elders (l.c. Der Papierfabrikant 1925) uitdrukte, ongeveer 100 kristallieten naast elkaar gelegd moeten worden om de breedte van één fibril op te leveren, terwijl dan weer een 100-tal dier fibrillen de breedte van een (dikken) vezelwand geven.

Steeds meer begint men in den laatsten tijd aandacht te schenken aan de intermicellaire stof. Bij bevochtiging der celwanden kunnen tusschen de micellen vrij belangrijke hoeveelheden vloeibare stoffen worden opgenomen (voor zuivere katoencellulose schijnt men het absorptiemaximum voor zuiver water, bij gewone temperatuur, op 24 % te mogen stellen ⁹⁰⁾). Opgenomen vloeistoffen maken ook diffusie van opgeloste stoffen door den wand mogelijk; stroompjes, zooals Nägeli ze in de interstitiën tusschen de stilliggende watermanteltjes rond de micellen, aannam, zijn echter niet waarschijnlijk.

Stellig komen, zooals wij opmerkten, in die intermicellaire laagjes ook andere (amorphe en kristallijne) stoffen voor. Volgens R. O. Herzog ⁹¹⁾ is amorphe cellulose een normaal bestanddeel in deze intermicellaire ruimten voor de gewone cellulosewanden. Ook hebben wij ons daarin het kiezelzuur van „verkiezelde” celwanden te denken (misschien als amorphe kiezelzuurester van cellulose) en de pectinestoffen, die, zooals wij zagen, vaak een belangrijk deel van den celwand uitmaken. Zeker hebben wij daarin ook de afzetting van de houtstof aan te nemen ⁹²⁾ en ook wordt vermoedelijk eveneens de suberine in deze intermicellaire ruimten afgezet ⁹³⁾. Ik voeg daaraan nog toe, dat de fosphatieden, oplosbare en onoplosbare, daarin zeer waarschijnlijk een groote rol spelen.

Misschien moeten wij echter voor sommige der stoffen, die wij nu als intermicellair beschouwen, toch een echte chemische binding aan de micelmoleculen onderstellen, zonder dat de rangschikking der micellen of de onderlinge ligging daarbij is veranderd, maar waarbij de kristallografische aard van het micel zelf zou gewijzigd zijn ⁹⁴⁾.

De hemicellulosen schijnen kritallijne micellen te kunnen leveren, en het is zeer waarschijnlijk, dat ook bij wanden, die daaruit bestaan, in de intermicellaire ruimten amorphe en kristallijne stoffen worden afgezet; waarschijnlijk hebben wij bijvoorbeeld daarin de

⁹⁰⁾ Urquhart en Williams, diverse publ. onder den titel: The Moisture Relations of Cotton, Shirley Inst. Memoirs 3 (1924) en 4 (1925); J. Textile Inst. 15 (1924) en 16 (1925).

⁹¹⁾ Naturwissenschaften 1924, l.c. Zur Erkenntnis der Zellulosefaser, Ber. 58, 1254—1262 (1925).

⁹²⁾ A. Frey, Die Submikroskopische Struktur der Zellmembranen, Pringsheim's Jahrb. 65, 195—223 (1926).

⁹³⁾ Wisselingh, l.c. en vooral ook Frey l.c.

⁹⁴⁾ Men zie hierover: H. Ambronn-A. Frey, Das Polarisations-Mikroskop 1926, 169—172.

⁸⁷⁾ Bij deze ordening zouden n_x en n_y voor het „complex” onderling gelijk worden gevonden (wij zagen, dat ze daarvoor slechts weinig verschillen), terwijl ze voor de afzonderlijke kristallieten toch ongelijk zouden kunnen zijn. Zie voetnoot Nr. 2 op blz. 204 bij Frey.

⁸⁸⁾ Theorie der Gärung, 1879, 107.

⁸⁹⁾ Men mag ook m.i. het bezitten van een fibrillenstructuur niet identiek stellen met sterke splijtbaarheid in één richting

zwavelzure esters van sommige hemicellulosen (zie § 3) te zoeken.

In hoeverre in een zelfde wandlamel verschillende soorten micellen naast elkander kunnen voorkomen, is een onopgelost vraagstuk⁹⁵⁾. Het is wel zeer waarschijnlijk, dat cellulosemicellen niet altijd even groot zijn en dat verkleinen van micellen, bijv. door mechanische behandeling der celwanden, mogelijk is, maar in hoeverre er, zooals Nägeli onderstelde, constant een belangrijk verschil in grootte tusschen micellen in een zelfde wandlamel onderling, een groei van reeds aanwezige en een afzetten van nieuwe tusschen de reeds gevormde (intussusceptie), mogelijk is, laat zich nog steeds niet met eenige zekerheid zeggen. In tegenstelling met wat Nägeli meende, is, naar wij zagen, waarschijnlijk voor den diktegroei van secundaire wanden „appositie” regel. Of echter de vlaktegroei, die vooral voor de jonge primaire wanden belangrijk kan zijn, niet door invoegen van nieuwe micellen tusschen bestaande moet worden verklaard, blijft een open vraag en in ieder geval is die onderstelling niet in strijd met de micellentheorie.

Het afzetten van stoffen in de intermicellaire ruimten van eenmaal gevormde wanden is op zichzelf reeds als intussusceptie aan te duiden en zulk een afzetting komt, blijkens het voorafgaande stellig voor (bij verkiezeling, incrusteering, cutinisatie).

Ik ga hier uiteraard niet alle argumenten behandelen, die voor de opvatting van den micellairen bouw der celwanden, zooals ik ze hier geschetst heb, zijn aan te voeren. Ook ga ik mij niet verdiepen in de vraag, of, zooals o. a. R. O. Herzog meent, de kristallieten ook de eenheden zijn, die in solen van cellulose moeten worden aangenomen en die bij de diffusie in zulke oplossingen werkzaam zijn. Evenmin mag ik mij bezig houden met de vraag, of de kristallografische elementaireenheden, waaruit wij ons de micellen weer moeten denken te zijn opgebouwd, de cellulosemoleculen zijn, of wel grooter of kleiner⁹⁶⁾.

Maar ik meen toch goed te doen, juist met het oog op de belangrijkheid van de intermicellaire stof voor beschouwingen over de wording van den celwand, enkele punten te relevereren.

In de eerste plaats wil ik er dan op wijzen, dat zeer onlangs het wezen van het dichroïsme, dat gekleurde cellulosevezels te zien geven, veel is opgehelderd geworden. Dat dichroïsme is aan met chloorzinkjoodoplossing behandelde vezels waar te nemen, maar vooral ook fraai aan met zilver of goud gekleurde vezels te zien⁹⁷⁾. Zocher⁹⁸⁾ heeft nu met röntgen-vooral ook fraai aan met zilver of goud gekleurde vezels bewezen, dat de metaaldeeltjes submicroscopisch kristallijn zijn afgezet als kubische, isotrope kristalletjes, maar merkwaardigerwijze volstrekt niet in één kristallografische richting georiënteerd, zooals men verwacht had, maar ongeordend afgezet in de intermicellaire ruimten. Hierin komen dus lichtstralen-absorbeerende, isotrope kristalzwermpjes voor, die meerendeels staafvormig zijn (zie fig. 31). Wij blijken dan ook bij deze metaalkleuringen te maken te hebben

met een zoogenaamd *staafjes-dichroïsme*, waarvoor O. Wiener⁹⁹⁾ de theorie kort geleden heeft ontwikkeld.

Maar hiermee is geenszins gezegd, dat er in andere gevallen geen richting van de, in de intermicellaire ruimten afgezette, deeltjes kan voorkomen. Integendeel, sommige proeven wijzen daarop zeer duidelijk. Wanneer men b.v. de aluminiumhydroxyde-vezels van Wislicenus, welke uit amorphe deeltjes zijn opgebouwd (zooals bij röntgenonderzoek blijkt), maar die een typische staafjesdubbelbreking vertoonen (zulk een staafjesdubbelbreking is steeds positief), behandelt met oplossingen van vetachtige stoffen en het oplosmiddel laat verdampen, worden de vezels optisch negatief dubbelbrekend, waarbij men heeft aan te nemen, dat *sub-microscopische*, anisotrope vetdeeltjes (zeer waarschijnlijk zijn zulke deeltjes bij vele verzadigde aliphatische koolwaterstoffen en hun derivaten optisch negatief anisotroop) zich „gericht” in de intermicellaire ruimten hebben afgezet en door de eigen dubbele breking het teken van de „samengestelde” dubbele breking hebben gewijzigd¹⁰⁰⁾.

Er bestaat ook geen twijfel aan, of de adsorptie van stoffen aan de oppervlakte der kristallieten moet een groote rol spelen. Men behoeft slechts de laatste vondsten na te gaan, die over de verdeling van vloeistoffen of gassen over de oppervlakte van vaste lichamen of andere vloeistoffen zijn gedaan, waarvoor ik naar samenvattende lezingen van Freundlich¹⁰¹⁾ en vooral naar de zeer interessante proeven van Sir William Hardy¹⁰²⁾ over *smering*, verwijs, om overtuigd te zijn, dat op de oppervlakten der micellen lagen van bepaalde stoffen, één of meer moleculen dik, met de assen in bepaalde richtingen gesteld, moeten voorkomen, en dat daardoor de aard van het complex moet beïnvloed worden; zelfs chemische reacties zouden daardoor kunnen worden ingeleid, bevorderd of verhindert.

Ik haal alleen één van de proeven van Hardy aan. Wanneer deze een schoon oppervlak van glas of staal met een uiterst dun laagje van vaste paraffine, oliezuur, undecylalcohol of undecylzuur bedekte, en daarop waterdamp liet condenseeren, kon hij door zeer voorzichtig op-plaatsen van een wrijvingsslede den wrijvingscoëfficiënt van de „samengestelde” laag bepalen. Deze was lager dan die van de vetachtige laag alleen. Echter werd reeds door uiterst geringe mechanische storing de regelmaat der dubbellaag verbroken¹⁰³⁾, en de gemengde toestand gaf een hooger wrijvingscoëfficiënt μ :

Hoogere alcohol alleen:	$\mu = 0.44$
Waterdamp, daarop afgezet:	$\mu = 0.33$
Mechanische storing geeft plotseling:	$\mu = 0.48$

Is dit niet een aanwijzing, dat wij nog verrassende feiten hebben te verwachten? Laat ik U een proef meedeelen, waarvan het mij niet onwaarschijnlijk lijkt, dat zij in deze rubriek van verschijnselen thuis hoort.

Robinson heeft bij zijn druk- en trekproeven aan

⁹⁵⁾ Formdoppelbrechung bei Absorption, Kolloidchem. Beihefte 23, 189—198 (1926) (Ambronn-Festschrift).

¹⁰⁰⁾ W. Krauze, Einige Beitr. z. Kenntnis der opt. Verh. der Tonerdefasern, Kolloidchem. Beihefte 21, 282—304 (1925).

¹⁰¹⁾ Ueber Adsorption, Zellulosechem. 7, 57—64 (1926).

¹⁰²⁾ Chemistry at Interfaces, J. Chem. Soc. 127, 1207—1227 (1925); W. Hardy & I. Bircumshaw, Boundary Lubrication, Proc. Roy. Soc. A 108, 1—26 (1925).

¹⁰³⁾ Hardy wijst er op, hoe hiermee wellicht voortplanting van prikkels langs zenuwen verklaard kan worden.

⁹⁶⁾ R. O. Herzog, Naturwissenschaften 12 (1924) l.c. meent, dat er in alle celwanden twee verschillende kristallieten-soorten, beide uit zuivere cellulose opgebouwd, moeten worden aangenomen.

⁹⁷⁾ Men zie J. R. Katz, Die Quellung, Ergebnisse exacten Naturwissenschaften 3, 316—404 (1924).

⁹⁸⁾ Dit laatste is door Ambronn gevonden; voor recepten zie men A. Frey, Z. wiss. Mikroskop. 42, 421 (1925).

⁹⁹⁾ Z. Physik, Nov. 1926 (geciteerd naar Frey).

hout opgemerkt, dat de celwanden, nog vóórdat de mechanische vervorming noemenswaardig wordt, en terwijl nog alleen de vroeger besproken verschuivingen zichtbaar zijn, de typische chloorzinkjoodreactie op cellulose geven, die zij eerst niet vertoonden.

Het is trouwens aan ieder vezelmicroscopist wel bekend, dat onbeschadigde, verhoude vezels, zooals manilahennep, in chloorzinkjoodoplossing zeer lang zuiver geel blijven (jodium dringt dus zeker ook daarbij wel in de intermicellaire ruimten door). Zoo dra men nu op de vezel drukt, wordt ze plotseling op de drukplaats blauw, en ook nog op eenigen afstand daarvan.

Men denkt hier wellicht aan een uitsteken van kristallieten uit de intermicellaire substantie, als gevolg van de beschadiging, maar die verklaring is zeker onvoldoende, waar het toch wel vast staat, dat de chloorzinkjoodreactie een adsorptiereactie is en het jodium in intermicellaire substantie doordrong.

Ik wijs hier dan verder nogmaals op de beteekenis, die men volgens Cranner aan phosphatieden in de celwanden moet toekennen, en op het vermogen, juist van zulke vetachtige stoffen, om zich in „gerichte” laagjes op de oppervlakte van vaste stoffen af te zetten.

10. De wording van den celwand in het licht der micellentheorie.

Wanneer ik het nu aan het slot van mijn lezing waag, enkele onderstellingen te formuleeren, over de wording van den celwand, mij daarbij stellende op het standpunt der micellentheorie, dan moet ik waarschuwen, dat ik daarbij verschillende suggesties zal opperen, waarvan ik het bewijs moet schuldig blijven.

Over de amorphe, structuurlooze, oorspronkelijke middellamel valt uiteraard weinig meer te zeggen. Reeds vroeger heb ik meegedeeld, dat men over den bouw der *cuticula* zéér slecht onderricht is; toch is het wel niet waarschijnlijk, dat die een micellenstructuur bezit.

Van den *primairen wand* weten wij, dat hij een „gepolariseerden bouw” bezit, hetgeen natuurlijk nog niet wil zeggen, dat hij ook micellair van structuur is. Proeven over staafjesdubbelebreking of röntgenografisch onderzoek zijn hieraan nog niet verricht. Maar toch wijzen de vroeger besproken structureigenaardigheden van dezen wand en de daarvoor beschreven zwellingsverschijnselen, alsmede het daarvoor gevonden optisch gedrag, op een bepaalde rangschikking der structurelementen. Aan die waarnemingen kan trouwens nog het feit worden toegevoegd, dat Balls¹⁰⁴⁾ den, met kongorood gekleurden, primairen wand van het katoenhaar „dichroïstisch” vond.

Wij zullen dus ook wel voor den primairen wand een micellenstructuur moeten aannemen, maar de micellen daarin moeten toch meestal een andere richting bezitten, dan zij doorgaans in den secundairen wand hebben en wel zullen ze in den primairen wand van een vezel in den regel min of meer dwars op de vezelrichting staan.

Wat nu de oorzaak voor de ordening der micellen in dezen primairen wand betreft, zoo zou men geneigd zijn, hierbij aan den vlaktegroeï te denken, die juist voor dien primairen wand van beteekenis zou kunnen zijn. Maar de plaatsing der micellen met de langste

afmeting dwars op de vezelrichting, welke laatste richting toch bij dien vlaktegroeï stellig het meest bevoorkeurd zal worden, is hiermee in strijd.

Misschien zullen wij voor de rangschikking der micellen in den primairen celwand dezelfde oorzaak moeten aannemen, als wij hieronder voor de ordening in de secundaire wandlamellen zullen aanwijzen en dat zou zeker een eenvoudige hypothese geven.

Toch lijkt het mij niet uitgesloten (en deze opvatting zou voor verklaring van vlaktegroeï zelfs voordeelen hebben), dat wij bij de ordening der micellen in den primairen wand aan een richting door „adsorptie aan de oorspronkelijke middellamel” moeten denken.

Stellig zal die adsorptielaag niet één molecuul dik zijn, maar dit kan niet als bezwaar tegen de zoeven bedoelde onderstelling worden aangevoerd, want steeds talrijker worden de bekende gevallen, waarin zich een „richtende kracht” der adsorptie over groote afstanden merkbaar maakt. Sir William Bragg¹⁰⁵⁾ noemt bij lagen van vaste vetzuren, koolwaterstoffen en alkoholen, die hij op kristaloppervlakken aanbracht en die hij röntgenografisch onderzocht, voorbeelden van een richten der geadsorbeerde moleculen in tien opeenvolgende lagen. Ook uit de proeven van Sir William Hardy (l. c.) zijn interessante voorbeelden te halen, terwijl ook A. A. Griffith¹⁰⁶⁾ een merkwaardige proef hieromtrent meedeelt. Van veel belang zijn voorts de proeven van H. Zocher¹⁰⁷⁾ over spontane, anisotrope structuurvorming in solen, waarbij hij richtende krachten over afstanden van verscheiden mikrons moet aannemen. Zeer leerrijk is een proef van den veelgesmaden O. Lehmann¹⁰⁸⁾, aan wien wij zoo menig interessant experiment over den *mesomorphen* toestand der materie danken. Smelt men voorzichtig een laagje, onder een dekglas uit een smelt gekristalliseerd, p-azoxybenzoëzure aethylester, dan vertoont de mesomorphe, dus anisotrope, smelt tusschen gekruiste nicols precies dezelfde „velden” als de vaste kristallen dat deden. Zelfs na verhitten tot hooger temperatuur, waarbij de isotroop-vloeibare toestand intreedt, gevolgd door langzaam afkoelen, totdat de anisotroop-vloeibare toestand weer terugkeert, treden diezelfde velden weer op. De anisotrope deeltjes in den „halfkristallijnen” toestand, richten zich dus naar de kristalassen der *verdwenen* vaste kristallen en wel door de geheele dikte van de laag, die b.v. 0.5 mm kan bedragen, heen. Lehmann verklaart dit uit een tijdelijk vastgelegde, richtende werking van de kristallen in den vasten vorm op den glaswand en onder en boven; de gerichte glaswanddeeltjes zouden dan op hun beurt weer de anisotrope deeltjes in den mesomorphen toestand richten.

Ook voor het voorkomen van de dubbele laag met tegengesteld gerichte elementen, die Balls in den primairen wand van de katoenvezel waarnam, meen ik, dat in proeven van Bragg, en vooral in die van Lehmann, aanknoopingspunten zijn te vinden. Men denke aan de gemakkelijheid, waarmee, vooral door mechanisch ingrijpen, bij zoogenaamde vloeibare kristallen, tweelingkristallen ontstaan. Trouwens ook voor

¹⁰⁵⁾ The investigation of the properties of thin films by means of X-rays, *Nature* 115, 266—269 (1925).

¹⁰⁶⁾ The phenomena of rupture and flow in solids, *Trans. Roy. Soc. London A* 221, 163—198 (1921).

¹⁰⁷⁾ Ueber freiwillige Strukturbildung in Solen, *Z. anorg. allgem. Chem.* 147, 91—110 (1925).

¹⁰⁸⁾ Zie bijv.: Die neue Welt der flüssigen Kristalle, 1911, 222,

¹⁰⁴⁾ l. c. 1923, 84.

den echt kristallijnen toestand zijn voorbeelden te over aan te wijzen, van enkele en polysynthetische tweelingsvormen, en de typische gevallen van „afschuivingen” en „afschuiflamellen” wijzen erop, hoe bij de vorming daarvan drukkingen een rol kunnen spelen (acetyleenjodide). Mogelijkerwijze hebben wij ook aan deze laatste vormingen te denken voor de verklaring van de periodieke veranderingen, die volgens Balls ook in den primairen wand van het katoenhaar zijn aan te nemen, maar die eerst bij de secundaire verdikking merkbaar worden. Misschien worden die door korte perioden van stilstand in den groei en door turgorveranderingen, die daarmee samenhangen, ingeleid.

Dit alles zijn echter uiteraard slechts losse onderstellingen; alleen door een nader onderzoek der primaire wandvorming kan hier licht worden gebracht.

De *secundaire wand* is, zooals wij zagen, wel de georganiseerde materie, waarvoor de micellenstructuur het waarschijnlijkst is gemaakt.

Wij vermeldde reeds, dat als algemeene regel geldt, dat de staafjesvormige cellulosekristallieten steeds met de lengterichting tangential in dien wand zijn geplaatst. Voor de verklaring dier plaatsingswijze hebben wij misschien weer aan adsorptiekrachten te denken, die nu van den primairen wand zouden uitgaan, maar veel waarschijnlijker lijkt het mij, dat daarbij de *protoplasmastrooming* in het dunne laagje wandstandig protoplasma een rol speelt.

Denkt men zich namelijk staafvormige deeltjes in een vloeistoflaagje, dat stroomt over een vasten onderwand, dan zal het duidelijk zijn, dat zich die staafjes parallel aan dien wand gaan stellen, onverschillig of er bij die strooming verder nog voorkeur voor een bepaalde richting bestaat of niet.

Indien er echter wel een richting bij die strooming wordt geprefereerd, dan zullen de staafjes, behalve, dat ze tangential ten opzichte van den onderwand komen te liggen, nog *bovendien* alle met hun lange as in die stroomingsrichting worden georiënteerd. Daarbij zullen de staafvormige micellen in het algemeen nog alle standen kunnen innemen, die men verkrijgt door de micellen om hun lengte-as te laten draaien.

Wanneer men nu nog eens terugdenkt aan hetgeen in § 8 werd opgemerkt over het verband, dat er bestaat zoowel tusschen de stroomingsrichting van het protoplasma en het verloop der grovere teekeningen op den secundairen celwand, als tusschen die stroomingsrichting en het verloop der fibrillen in dien wand, dan ligt het m.i. ook voor de hand, om in de *protoplasma-strooming* de *algemeene* oorzaak te zoeken van de ordening der micellen, die wij zoo vaak als typeerend voor de structuur van den secundairen celwand vonden en waarvan wij in de vorige paragraaf voorbeelden gaven. Wij brengen daarbij speciaal ook in herinnering, hoe inderdaad mag worden ondersteld, dat de kristallieten slechts in één zin zijn „georiënteerd”.

De hier gegeven voorstellingswijze, n.l. het richten van reeds gevormde, in het stroomende protoplasma aanwezige, submicroscopische cellulose-kristallieten (op overeenkomstige wijze als de ultramicroscopische vanadiumpentoxyde-deeltjes zich bij stroomen van een sol dier stof ordenen) is wel is waar de eenvoudigste, maar waarschijnlijk is het proces in werkelijkheid toch wat gecompliceerder. Men heeft n.l. te bedenken, dat zich de cellulose in dat stroomende protoplasma nog

moet vormen en al schijnt het, dat dit vrij snel verloopt (zie de waarneming van H. Ambronn, die wij aan het einde van § 7 vermeldde), zoo betoogden wij anderszijds (in § 3), dat die opbouw waarschijnlijk met een meetbare, en niet met een zeer groote, snelheid plaats vindt. Ik acht het dan ook wel waarschijnlijk, dat wij bij de vorming en ordening der cellulosemicellen *bovendien* moeten denken aan een *mechanische coagulatie*, een proces, dat onlangs door H. Freundlich & H. Kroch¹⁰⁹⁾ is ontdekt geworden. Blijkens hun waarneming kunnen in een sol onder bepaalde omstandigheden door mechanische invloeden vrij groote, geocoaguleerde, anisotrope deeltjes optreden (terwijl bij electrolietcoagulatie van hetzelfde sol isotrope deeltjes uitvlokken). Die mechanische coagulatie bleek dus een *ordenende coagulatie* te zijn.

R. O. Herzog (l. c. 1925) zoekt de oorzaak van de richting der micellen in spanningen, die als gevolg van den groei zouden optreden. Na hetgeen wij o. a. over de richting der fibrillen in verschillende lagen van den secundairen celwand opmerkten, of hetgeen wij bijvoorbeeld over de „omkeerplaatsen” aan het katoenhaar meedeelden, wordt die onderstelling wel zeer onwaarschijnlijk. Ook voor de zeer sterke ordening der micellen in de los in de cellen gevormde cellulosedraden van het zaad van *Cobaea scandens* is die verklaringwijze al zeer moeilijk toe te passen. Typische omkeeringen van de „protoplasmastroomingen” zijn echter meermalen geconstateerd, al zijn de oorzaken daarvan dan ook doorgaans duister.

Niet alleen zal men nu echter m. i. in de *protoplasmastrooming* de oorzaak van de oriëntering der kristallieten in den secundairen celwand moeten zien, maar men heeft, naar mijn meening, in die strooming ook de verklaring te zoeken van den fibrillairen bouw, die voor dien wand vaak zoo kenmerkend is.

Reeds vermeldde ik, dat Denham eene verklaring in dezen zin opstelde, waarbij hij van de onderstelling uitging, dat de cellulose als ruggetjes wordt afgezet. Naar mijn meening kan men de vorming van fibrillen beter en ongedwongen verklaren door aan te nemen, dat in het wandstandige protoplasma duidelijk gericht stroomende strookjes regelmatig afwisselen met zwak of ongeordend stroomende strookjes, waarbij men ook aan de, soms regelmatig, vacuolenverdeling in het protoplasma moet denken. Onder de gericht stroomende strookjes zullen de cellulosekristallieten ook een regelmatig rangschikking verkrijgen, maar onder de tusschenliggende bandjes zullen zij onregelmatig geordend liggen. Die tusschenstrookjes zullen dan echter mechanisch zwakker zijn¹¹⁰⁾ en zich bovendien bij de swelling anders gedragen en gemakkelijker in oplossing gaan (men maakt zich dit het eenvoudigste plausibel door te denken aan de grootere hoeveelheid intermicellaire stof, die bij onregelmatige ordening der micellen aanwezig is). Zoo wordt het dan begrijpelijk, dat door maceratie en pletten, maar ook door inwerken van micro-organismen¹¹¹⁾ en soms ook door mechanische invloeden, waaraan de vezelwanden zelfs in de levende plant bloot staan, een fibrillenstructuur kan zichtbaar worden.

¹⁰⁹⁾ Ueber eine neue Art von Koagulation, Naturwissenschaften 14. 1206—1208 (1926).

¹¹⁰⁾ Men zie J. R. Katz l. c. 394.

¹¹¹⁾ G. van Iterson Jr., De aantasting van cellulose door aerobe mikro-organismen, Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 11 (1902).

phie, de optische eigenschappen, het dichroïsme van gekleurde vezels, de merkwaardigheden van den celwand bij trek, druk en torsie, de polariteit der zwelingsverschijnselen, de fibrillaire bouw, dit alles zou dus, naar mijn meening, in laatste instantie mede veroorzaakt zijn door het levende protoplasma, dat den wand opbouwde.

Of wij voor de verklaring dier strooming en dus voor die der bedoelde verschijnselen een levenskracht moeten aannemen, zou zeker een aantrekkelijk onderwerp voor beschouwingen zijn, maar ik laat het hier rusten. Reeds nu vrees ik, dat ik mij, naar den smaak van chemici, te zeer in biologische problemen heb verdiept.

Delft, December 1926.

VERBETERING.

De deeltjesgrootte van korrelige en poedervormige stoffen.

In Chem. Weekblad 20, Nr. 23 (1923) is bij „spoelmethode” het verband tusschen stroomsnelheid, s.g. en straal der deeltjes, welke nog juist medegesleurd worden, aangegeven door de vereenvoudigde betrekking¹⁾:

$$r = \frac{0.017 v}{D-1} \dots \dots \dots (I)$$

De Heer Ir. J. A. M. van Liempt toonde mij aan, dat deze formule niet juist kan zijn. Hij vond, dat er een fout ingeslopen is, toen Schubrecht de formule uit de oorspronkelijke dissertatie van Schöne²⁾ overnam. Schöne heeft de volgende formule gegeven:

$$2r = 0.0518 \frac{V^{0.636}}{D-1} \dots \dots \dots (II)$$

en deze blijkt juist te zijn. Deze formule (II) moet dus in de plaats treden van de door mij aan Schubrecht ontleende formule (I).

R. HOUWINK.

BOEKAANKONDIGINGEN.

66(023)

J. Fritsch, *Éléments de chimie industrielle*; Paris, Desforges, 1925, 341 blz., frs. 25.

Het woord „Éléments” in den titel van dit uit het Duitsch vertaalde werkje is op z'n plaats. „Chimie industrielle” vindt men er niet in, wel een verzameling feitenmateriaal, niet „up to date” gehouden. Chemisch rekenen, het eerste grondbeginsel van industriele scheikunde, is niet te vinden.

Al kost het boek per pagina maar ongeveer één cent, de prijs is niettemin hoog te noemen.

A. C. van Es.

* * *

669.1:553

M. S. Birkett, *Ferrous Metals*; London, Ernest Benn Ltd., 1924, 165 blz., 21/—.

Na den oorlog maakte het Britsche rijk inventaris op van de natuurlijke economische bronnen van land plus koloniën en publiceerdde het resultaat er van in twaalf

¹⁾ afgeleid uit de formule van Schubrecht, J. Am. Ceramic Soc. 3, 359 (1920).

²⁾ Schöne, diss. Berlijn 1867.

welverzorgde boekdeelen, samen vormend „The Resources of the Empire Series”.

„Ferrous Metals” is er een van. Behalve over de grondstoffen bevat dit deel ook artikelen over in- en uitvoerstatistiek van de tusschenproducten.

Ieder onderdeel is door een specialist behandeld.

Het boek vindt zijn plaats in een handels-economische bibliotheek en is om z'n betrouwbaarheid van groote waarde.

A. C. van Es.

* * *

66(085)

W. Münder, *Chemisch-technische Vorschriften*; Augsburg, Ziolkowsky, 1926, 143 pag., prijs M. 7.50.

Een alfabetisch gerangschikte verzameling van in de praktijk beproefde voorschriften, voornamelijk op het gebied der technische oliën en vetten.

Voor degenen, die zich in de branche der smeer- en poetsmiddelen willen bekwamen, lijkt mij aanschaffing van het boekje wel aan te bevelen: het zal een betrouwbare gids en goed raadsman blijken te zijn.

Ph. J. de Kadt.

* * *

5009(021)

Science of Home and Community, A Textbook in General Science, Revised Edition by Gilbert H. Trafton, Instructor in Science, State Teachers College, Mankato, Minnesota; New-York, The Macmillan Cy., 1926, 578 pg.

Alle verschijnselen, in huis en daarbuiten, die met natuurwetenschap te maken hebben en aankomenden jongens en meisjes belang kunnen inboezemen, worden in dit boek besproken en — uit den aard der zaak zeer oppervlakkig — verklaard. Vragen en opgaven moeten dienen, om het geleerde vast te leggen, terwijl aan het eind van ieder hoofdstuk de titels van een aantal populaire boeken worden opgegeven, die ter verdere oriëntering kunnen dienen. Om een denkbeeld te geven van den veelzijdigen inhoud, vermeld ik, dat het boek handelt over: bouwmaterialen; verwarming, ventilatie en verlichting van huizen; het blusschen van brand; watervoorziening; voedingsmiddelen en hun toebereiding; toepassingen van electriciteit in huis; muziekinstrumenten; fotografie; tuinen; locomotief, elektrische tram en automobiel; stoomboot, luchtschip en vliegtuig; telegraaf, telefoon en radio; besmettelijke ziekten; water-, melk- en (ander) voedselvoorziening; gezondheidsdienst in de V.S.; schoolhygiëne; kinematograaf; vogelbescherming; boomen- en bosschen; meteorologie, geologie en astronomie.

Als verjaarsgeschenk voor een Engelschen jongen zal het boek wel zeer bruikbaar zijn; Hollandsche jongens en meisjes zullen echter, vrees ik, wanneer zij voldoende Engelsch kennen, om dit boek te verstaan, de voorkeur geven aan andere lectuur.

G. J. van Meurs.

CHEMISCHE KRINGEN.

Amsterdamsche Chemische Kring. In de vergadering van 8 April 1927 heeft Dr. A. Michels gesproken over „Metten van hoge drukken” (met lichtbeelden en vertooning van proeven).

De penningmeester verzoekt hierbij den leden, hunne contributie voor 1927 (f4.—) op een der girorekeningen van den Kring, te storten. Postgiro No. 34671, kantoor Amsterdam. Gemeentegiro: A 511.

PERSONALIA, ENZ.¹⁾

De Heer M. J. N. Schuurmsa, pharm. doct., is benoemd tot directeur van den Keuringsdienst van Waren voor het gebied Breda.

* * *

¹⁾ Het is in het belang van vele leden, indien vacatures zoo spoedig mogelijk ter kennis van den hoofdredacteur worden gebracht, opdat zij *bijtijds* in deze rubriek kunnen worden opgenomen.

Aan de Universiteit te Leiden zijn geslaagd: voor het candidaatsexamen wis- en natuurkunde E de Heeren A. A. van der Dussen en M. H. Werther, voor het candidaatsexamen wis- en natuurkunde K de dames W. M. C. Versteeg, G. H. M. van Dun en C. A. Ouweleen; voor het doctoraalexamen wis- en natuurkunde, hoofdvak pharmacie, de Heeren P. J. C. de Niet en M. E. A. Rink.

Aan de Universiteit van Amsterdam is bevorderd tot doctor in de wis- en natuurkunde, op proefschrift „Het bepalen van de samenstelling van spiritueuze oplossingen door middel van soortelijk gewicht en brekingsindex“, de Heer G. A. Wetselaar, ap., geboren te Magelang.

Aan de Technische Hoogeschool te Delft is bevorderd tot doctor in de technische wetenschap, op proefschrift „De inwerking van natronloog op zwavelkoolstof“, de Heer J. G. Weeldenburg, scheik. ing., geboren te Rotterdam.

Aan de Universiteit te Utrecht is bevorderd tot doctor in de wis- en natuurkunde, op proefschrift „Lading en uitvlokking van supensoiden“, de Heer P. Ch. van der Willigen, geboren te Velp (Gelderland).

Aan de Technische Hoogeschool te Delft is geslaagd voor het candidaatsexamen voor scheikundig ingenieur de Heer J. G. van der Sande.

TER BESPREKING ONTVANGEN BOEKEN.

- N. Simpkin—F. S. Sinnatt, Coal and Allied Subjects, Compendium II; London, Witherby, Bulletins XI—XVI issued by The Lancashire & Cheshire Coal Research Association.
- E. Javet, Chimie (Agenda Dunod); Paris, Dunod, 46e ed., 1927, 427 blz.; gevolgd door G. Courtot, Législation du travail; 107 blz.
- J. Izart, Physique industrielle (Agenda Dunod); Paris, Dunod, 7e ed., 1927, 352 blz., gevolgd door G. Courtot, Législation du travail; 76 blz.
- J. A. Montpellier, Électricité (Agenda Dunod); Paris, Dunod, 46e ed., 1927, 424 blz.
- R. W. Pohl, Einführung in die Elektrizitätslehre; Berlin, Springer, 1927, 251 blz.
- W. Hoechstetter, Kontingentswirtschaft in der Kali-industrie; Halle, Knapp, 1927, 114 blz.
- C. H. Ketner, Organische Scheikunde (Beknopt Leerboek); 's-Gravenhage, Daamen, 1927, 112 blz.
- K. F. Töllner, Vorschriften-Buch für Apotheker, Drogisten, chemische Fabriken und verwandte Gewerbebetriebe; Leipzig, Jänecke, 2. Aufl., 1921, 144 blz.
- Jahrbuch der deutschen Braunkohlen-, Steinkohlen-, Kali- und Erz-Industrie 1927, XVIII Jrg.; Halle, Knapp, 1927, 456 blz.
- H. Thoms, Handbuch der praktischen und wissenschaftlichen Pharmazie, Lfrg. 18, Bnd. VI, Seite 481 bis 720; Berlin, Urban & Schwarzenberg, 1927.
- W. Weidner, Der Wiederaufbau der deutschen Zuckerindustrie; Magdeburg, Stark, 1925, 8 blz.
- A. C. Callen-C. M. Smith, The Measurement of Air quantities and Energy losses in Mine Entries, Urbana, Univ. of Illinois, 1926, 77 blz.
- O. Fürth, Lehrbuch der physiologischen und pathologischen Chemie, I. Band: Organchemie, III Lieferung: Organe mit innerer Sekretion, Geschwülste, Vorlesung XXX bis XL; Leipzig, Vogel, 1927, blz. 417—583.
- O. D. Chwolson, Traité de physique, Tome supplémentaire: La physique de 1914 à 1926, première partie; Paris, Hermann, 1927, 336 blz.
- E. Baars, Ueber den Zustand des Ammoniaks in wässriger Lösung; Stuttgart, Enke, 1927, 53 blz.
- Fuel Research, Methods of Analysis of Coal; London, Dep. of Scient. and Ind. Res., 1927, 35 blz.

CORRESPONDENTIE, ENZ.

R. te A. Quarterly J. Indian Chem. Soc. is aanwezig in de bibliotheek der Kon. Akademie van Wetenschappen, Kloveniersburgwal, Amsterdam.

De redacteur-administrateur ontvangt gaarne spoedig de nog voor de Mei-aflevering van het Recueil bestemde verhandelingen.

Afleveringen van het Recueil zijn steeds welkom ter completering van onvolledige jaargangen. Men zende hetgeen men missen wil aan den redacteur-administrateur.

Wie kan den redacteur-administrateur helpen aan een exemplaar van Recueil 1923, No. 11?

Den inzenders van verhandelingen wordt dringend verzocht de handschriften geheel persklaar in te zenden. Veranderingen, behalve correctie van zetfouten, veroorzaken toch kosten, die den schrijvers in rekening kunnen worden gebracht.

Het nauwkeurig doorlezen van het handschrift (of de getypte copie daarvan) vóór de inzending, op dezelfde wijze als men later met de drukproof doet, zal het grootste gedeelte der veranderingen, die thans tot „extra-correctie“ aanleiding geven, kunnen voorkomen.

Sectie voor Kolloïdchemie.

In het Chem. Weekblad van 16 April zal worden bekend gemaakt, waar de vergadering op 19 April te Amsterdam zal plaats vinden.

Agenda:

1. Huish. vergadering. Verkiezing van een voorzitter.
2. Kolloïdchemische nomenclatuur, ingeleid door Prof. Dr. H. R. Kruyt.
3. Dr. E. H. Buchner, De reeks van Hofmeister en haar omkeering.
4. Ir. J. Straub, Bevat serum aan eiwit gebonden calcium?
5. Dr. I. M. Kolthoff, Adsorptie aan aschvrije kool.
6. Prof. Dr. G. C. Heringa, Optische eigenschappen der kolloïde stof.
7. Dr. P. C. van der Willigen, De elektrokinetische potentiaal-sprong glas—water.
8. Prof. Dr. H. R. Kruyt, Kataforese en lading.

De secretaris Dr. H. J. C. TENDELOO,
Delft, Mijnbouwstraat 2.

VRAAG EN AANBOD.¹⁾

Ter overneming aangeboden:

- Ber. deutsch. chem. Gesellsch., volledig, 1868—1926, Gen. Reg. I—III, geb.
- Chem-Zentr. Bl. 1897—1922 met 5 General-Reg., geb.
- Chem. Weekblad 1903—1926, geb.
- Rec. trav. chim. 1 (1882)—45 (1926), geb.
- Z. angew. Chem. 1905—1926, geb.
- Handel. Nederl. Natuur- en Geneesk. Congres 1897—1917.
- Ber. deutsch. chem. Ges. 1906 tot en met 1918, ontbr. 1 afl. van 1915.
- Chem. Abstracts 20 (1926).
- Bakhuys Roozeboom, Heterogene Gleichgewichte I (1901), II, 1 (1904).
- Töppler-kwikluchtpomp op statief.
- Rhumkorfftoestel, vonklengthe ongeveer 7 mm.
- Thermo-element op koperen voet.
- Gesloten kwikmanometer met glazen kraan.
- Centrifuge (waterturbine).
- 2 ijzeren retorten op driervoet (250 cc. en 1.5 L.).
- 3 glazen retorten met ingeslepen stop (100, 500, 1000 cc.).
- Nieuwe, ongebruikte olie-immersie ($\frac{1}{12}$) van Leitz; te ruilen voor gelijkwaardige olie-immersie van Zeiss.

Ter overneming gevraagd:

- Ornstein, Dissertatie.
- Gibbs, Thermodynamische Studien.
- Complete laboratoriuminrichting.
- Moeller, Mikroskopie der Nahrungs- und Genussmittel.

¹⁾ Men gelieve bij het beantwoorden van aanvragen of aanbiedingen tevens de prijzen te noemen. Dit voorkomt onnodige correspondentie. De Redactie zendt, bijzondere gevallen uitgesloten, de ingekomen brieven slechts door.