

CIMO

GENTRAAL INSTITUUT VOOR
MATERIAAL ONDERZOEK

AFDELING HOUT

*De betekenis van het structuuronderzoek voor de toepassing van
hout in de praktijk*

*

Circulaire 4

Serie I Structuuronderzoek No. 4

door Dr. W. W. VAROSSIEAU

JULI 1947

CIRCULAIRE 4

Serie I Structuuronderzoek No. 4

De betekenis van het structuuronderzoek voor de toepassing van hout in de praktijk

door Dr. W. W. Varossieau

INHOUD.

- I. Inleiding.
- II. De ontwikkeling van de anatomie als onderzoekingsmethode.
- III. Enkele problemen uit de houtanatomie.
 - A. Onderzoek naar het ontstaan van hout.
 - B. Determinatie van houtsoorten.
 - C. De invloed van aantasting door levende organismen en van grondwater op de structuur van hout.
 - D. Verband tussen structuuronderzoek en mechanisch-fysische eigenschappen.
 - E. Structuuronderzoek in verband met conservering en houtveredeling.
- IV. English Summary.
- V. Résumé français.
- VI. Literatuur.

I. INLEIDING.

De tijd, waarin alleen ervaring en overlevering bepaalden, welke houtsoorten voor zekere doeleinden geschikt moeten worden geacht, is voorbij.

Dit geldt ook voor de keuze van middelen en methoden, welke men toepast om de levensduur van hout te verlengen en om andere eigenschappen van dit materiaal te verbeteren.

Voor de oorlog dreigden metaal, beton en kunststoffen, de grondstof hout in sommige toepassingen te verdringen. Thans is het tekort aan hout over de gehele wereld zo groot, dat een verantwoord gebruik van dit product dringend noodzakelijk is.

Beide omstandigheden hebben ertoe geleid, dat het wetenschappelijk houtonderzoek snel tot ontwikkeling is gekomen.

Dit onderzoek maakt het n.l. mogelijk, de tijdsduur en het materiaalverlies, welke met het verkrijgen van ervaring onafscheidelijk zijn verbonden, aanzienlijk te beperken.

Het wetenschappelijk onderzoek stelt den gebruiker in staat, het gedrag van houtsoorten en bewerkingsmethoden van te voren geheel of gedeeltelijk te voorspel-

len en aan deze omstandigheid ontleent dit werk zijn praktische betekenis.

Het mechanisch onderzoek heeft de grootste bekendheid als onderzoekingsmethode verkregen.

Het fysisch en chemisch onderzoek spreken reeds minder tot de verbeelding van hen, die geen regelmatig contact met het houtonderzoek hebben. In nog sterker mate is dit het geval met de biologische methoden, zoals die, welke betrekking hebben op aantasting van hout door schimmels en insecten, en op het structuuronderzoek; de houtanatomie.

Het doel van het hier volgende artikel is, de betekenis van het structuuronderzoek voor de toepassing van hout in de praktijk toe te lichten.

Voor een juist begrip is daarbij eveneens een kort overzicht gegeven van de ontwikkeling van de planten-anatomie in zijn geheel. De geschiedenis van de houtanatomie is n.l. niet anders dan een weerspiegeling van hetgeen zich in de ontwikkeling van de planten-anatomie als geheel genomen heeft afgespeeld.

II. DE ONTWIKKELING VAN DE ANATOMIE ALS ONDERZOEKINGSMETHODE.

De planten-anatomie is in zijn eerste ontwikkeling een beschrijvende wetenschap geweest en deze heeft als zodanig in de tweede helft van de vorige eeuw een grote bloeiperiode gehad. De leerboeken van De Bary (1877) en Sachs (1887) b.v. getuigen nog steeds van een zeer scherp waarnemingsvermogen en bevatten tal van anatomische beschrijvingen, die sindsdien niet verbeterd zijn. Daarnaast is men verband gaan leggen tussen de structuur van weefsels en hun functie in de levende plant. Met het oog op de houtanatomie moet hier het fundamentele werk van Sanio (1863) genoemd worden, die vaststelde, dat in het hout van de levende boom arbeidsverdeling voorkomt. Men treft n.l. verschillende weefsels in het hout aan, die elk een bepaalde functie hebben.

Schwendener (1874) trachtte aan te tonen, dat het steunweefsel bij planten in het algemeen zo verdeeld is, dat met een minimum hoeveelheid materiaal een maximaal

effect bereikt wordt. Als voorbeeld van dit „mechanisch principe” noemt hij de bouw van een volwassen korenhalm, waaraan een zware aar buiten het zwaartepunt van de stengel hangt. Een analogon zou men vinden in een schoorsteen van 60 m hoogte, die buiten het zwaartepunt belast zou worden met een gewicht van 40 ton.

Geheel juist zijn de beschouwingen van Schwendener niet, want ook andere factoren dan steunweefsel spelen in de mechanische weerstand van de stengel een rol.

In een omvangrijk werk beschreef Strasburger (1891) het verband tussen de bouw en de functie van transportweefsel in planten.

Dat men bij het interpreteren van de functie van weefsels op grond van hun bouw gemakkelijk foute conclusies kan trekken, laat het werk van Haberlandt (1924) over „physiologische planten-anatomie” op verscheidene plaatsen zien.

Het anatomisch onderzoek kreeg een nieuwe impuls, toen bleek, dat men er een belangrijk hulpmiddel in heeft voor de plantensystematiek. Eén van de grondleggers van dit onderzoek is Radlkofer. Diens leerling Solereder (1899) bewerkte in dit verband de systematische anatomie der Dicotylen.

De vierde richting, waarin de anatomie zich ontwikkeld heeft, is die van het onderzoek naar de bouw en eigenschappen van materialen, in verband met hun praktische toepassing. Eén der eerste werken op dit gebied is de „Anatomischer Atlas der Pharmacognosie und Nahrungsmittelkunde” van Tschirch en Oesterle (1895).

Terwijl alle hier genoemde onderzoekingsrichtingen in de vorige eeuw tot grote bloei gekomen zijn, is de algemene belangstelling voor de anatomie in het begin van deze eeuw zeer sterk gedaald. De opkomst van de physiologie heeft de aandacht van biologen zodanig opgeëist, dat de anatomie vrijwel geheel op de achtergrond is geraakt.

Het is evenwel opvallend — en juist in de laatste jaren wordt dit steeds duidelijker merkbaar — dat de verschillende waarden van de anatomie stuk voor stuk zijn herontdekt.

De kunst van beschrijven is door Moll en Janssonius (1923) en door Moll (1934) in hun boeken „Botanical Penportraits” en „Phytography as a fine art” tot welhaast een visuele hoogte opgevoerd. Op het gebied van de houtanatomie brachten deze onderzoekers in hun „Mikrographie des Holzes der auf Java vorkommenden Baumarten” (1906—1936) de micrografie op dit plan.

De functionele anatomie werd o.a. door de Russische onderzoeker Rasdorsky (1928) in een modern gewaad gestoken.

De betekenis van de anatomie voor de systematiek wordt onderstreept door een nieuwe uitgave van het boek van Solereder, dat thans bewerkt wordt door Chalk (Oxford) en Metcalfe (Kew Gardens). Voorts door een groot aantal monografieën, waarvan die door Bailey en Howard (1941) en Bailey en Nast (1943—1945) als voorbeelden mogen worden genoemd.

De nieuwe ontwikkeling van de anatomie in het algemeen, als toegepaste wetenschap in de techniek, is te danken aan het werk van Van Iterson, Frey-Wyssling

en vele anderen. Pfeiffer, Beekman en Den Berger behoren in dit opzicht tot de baanbrekers op het gebied van de houtanatomie.

Een grote stimulans voor onderzoekingen op ieder gebied van de houtstructuur gaat uit van de International Association of Wood Anatomists. Deze vereniging, die in 1932 werd gesticht, getuigt reeds sinds de eerste jaren na de oprichting van een enorme expansieve kracht. Talrijke artikelen van leden verschijnen o.a. in het tijdschrift „Tropical Woods”, dat tot het begin van 1945 onder leiding stond van wijlen Prof. S. J. Record, de vroegere secretaris van de I.A.W.A., en dat sindsdien verschijnt onder redactie van Prof. R. W. Hess. (Yale School of Forestry, New Haven, Conn.)

Volgens één der laatste onofficiële opgaven bedraagt het aantal leden van de I.A.W.A. thans 116 uit 30 verschillende landen. Nederland is tot dusver met 10 leden vertegenwoordigd, het grootste aantal na Amerika met 32 leden en Engeland met 14 leden.

De activiteit van de I.A.W.A., die zich thans weer gaat ontplooiën, is een zekere waarborg voor de verdere herleving van de planten-anatomie, die zich op den duur wellicht nog meer in de onderwerpkeuze van nieuwe biologengeneraties in Nederland zal weerspiegelen dan thans reeds het geval is. Dit is te wensen, indien ons land de vooraanstaande plaats wil blijven behouden, die het, in vergelijking met andere landen, tot nu toe in de ontwikkeling van de planten-anatomie heeft ingenomen.

III. ENKELE PROBLEMEN UIT DE HOUTANATOMIE.

A. Onderzoek naar het ontstaan van hout.

De vraag, op welke wijze hout ontstaat, geeft aanleiding tot het onderzoek van talrijke biologische problemen. Het structuuronderzoek, dat met deze vraagstukken verband houdt, is in hoofdzaak physiologisch georiënteerd.

Uit een zuiver anatomisch standpunt bezien, levert de primaire vorming van hout in de vaatbundels en het verband tussen het ontstaan van deze bundels en de aanleg van nieuwe bladeren, een rijke bron voor studie-onderwerpen op (men zie o.a. Van Iterson 1907 en Varosieau 1940).

Ook de secundaire diktegroei biedt nog tal van onopgeloste anatomische problemen, waarmee de bouw en eigenschappen van het economisch zo belangrijke product hout ten nauwste samenhangen.

Het onderzoek naar de bouw en groei van celwanden, een hoofdstuk op zichzelf, waarover hier niet verder kan worden uitgeweid, is zowel voor de studie van de primaire als van de secundaire houtvorming van belang.

De samenhang tussen de lengtegroei en de secundaire diktegroei van de stam is, wat de vorming van hout betreft, op interessante wijze door Priestley en zijn leerlingen toegelicht. Deze onderzoekers hebben aannemelijk gemaakt, dat de productie van vroeg hout samenhangt met het opengaan van de knoppen en de ontwikkeling van de nieuwe spruiten in het voorjaar (1935), terwijl zij de vorming van laat hout met de aanleg van knoppen in verband brachten (1936). In ons land is dit probleem o.a.

door Mevr. Reinders-Gouwentak (1936, 1940, 1941) bestudeerd.

Talrijke gegevens over deze onderwerpen vindt men voorts bij Coster (1928), Douglass (1928), McDougal (1938) en Trendelenburg (1939).

Ook het ontstaan van spiraalvormige groei is o.a. door Van Iterson (1931) en door Priestley en zijn school onderzocht (Priestley 1945; Misra 1939 en 1943). De vorming van „druk-“ en „trekhout“ heeft sinds lange tijd de aandacht van onderzoekers getrokken. Dit hout, dat men in scheefgroeiende bomen en in zware zijtakken aantreft, wijkt behalve in bouw ook in mechanisch-fysische eigenschappen in sterke mate van normaal hout af. Hartmann (1932), Jaccard (1938 en 1939) en anderen toonden aan, dat het optreden van „reactiehout“, een term waarmee men druk- en trekhout wel eens samenvat, door verschillende factoren kan worden gestimuleerd, maar dat onder natuurlijke omstandigheden de zwaartekracht waarschijnlijk het belangrijkste is.

Alle tot dusver genoemde onderzoekingen hebben, hetzij potentieel, hetzij rechtstreeks, praktische betekenis. Zij leggen verband tussen het ontstaan en de bouw van hout, die op zijn beurt de technische eigenschappen daarvan beïnvloedt en het zijn deze eigenschappen, die de toepasingsmogelijkheid van het materiaal bepalen.

B. Determinatie van houtsoorten.

Terwijl zojuist enkele onderwerpen uit de fysiologisch georiënteerde anatomie werden aangevoerd, zullen nu enkele problemen uit de systematische anatomie worden toegelicht.

Het is mogelijk om houtsoorten te determineren op grond van de bouw van verschillende weefsels, die soms in sterke mate zijn aangepast aan een transport of steunfunctie, of die als opslagplaats voor reservevoedsel dienst doen.

Behalve de vorm en afmetingen van de opbouwende cellen zijn ook de verhouding in de hoeveelheid van deze weefsels en hun onderlinge rangschikking voor de identificatie van groot belang.

Met behulp van de genoemde kenmerken is het meestal mogelijk een determinatie van het geslacht en soms van de soort te verrichten, zonder dat men beschikt over verdere gegevens aangaande de bouw van de boom, die in den regel voor het vaststellen van de botanische naam worden gebruikt. Dit feit is van grote praktische betekenis, omdat deze gegevens bij de determinatie van houtsoorten voor handel en industrie zo goed als altijd ontbreken.

Reeds lange tijd geleden werd de noodzakelijkheid gevoeld om tot internationaal genormaliseerde classificatie en identificatie methoden voor houtsoorten te komen en de oprichting van de I.A.W.A. betekende een belangrijke bijdrage tot de vervulling van deze wens. De vereniging gaf een aantal voorbereidende publicaties uit aangaande de terminologie in de houtstructuur (1933) en de afmetingen van houtelementen (1937 en 1939). Voorts verschenen talrijke monografieën over de houtstructuur in plantenfamilies, evenals publicaties over de verspreiding en variabiliteit van bepaalde houtanatomische kenmerken over

verschillende botanisch systematische eenheden. (Zie voor een overzicht Record, 1936).

Een universeel classificatie- en determinatiesysteem ontbreekt echter nog en gedurende de oorlogsjaren werkte de schrijver een schema uit, dat reeds in 1921 door Pfeiffer werd opgezet om tot dit doel te komen. In het artikel, dat op deze wijze ontstond (1945), wordt de houtstructuur volgens een decimaal systeem beschreven. Een vijftal afdelingen van kenmerken worden elk in vier groepen verdeeld en deze weer in ondergroepen, die met behulp van indices zijn uitgewerkt. Het is de bedoeling om bij de classificatie van houtsoorten een groepering te verkrijgen, die zoveel mogelijk aansluit bij de botanische rangschikking volgens een natuurlijk systeem.

Op het classificatieschema is een determinatiemethode gebaseerd, die met losse kaarten wordt uitgevoerd. Het aantal opgenomen houtsoorten kan hierdoor voortdurend worden uitgebreid. De kaarten zijn niet geperforeerd, zoals in andere determinatiesystemen met losse kaarten meestal het geval is, op grond van de overweging, dat de door Pfeiffer ontworpen indeling ook bedoeld was voor gebruik door particulieren, b.v. door houtvesters, ingenieurs en houthandelaren, voor wie het gebruik van een perforatiemachine en selecteerbak een bezwaar zou zijn.

Met behulp van een tabel worden symbolencombinaties, die de kenmerken voorstellen, in een groep van twee cijfers omgezet, volgens welke de kaarten worden gerangschikt. Om tot de determinatie van een houtsoort te komen, vult men de kenmerken daarvan op een kaart in en men zoekt bij de cijfercombinatie, die daaruit kan worden afgeleid, de bijbehorende kaart in het systeem op.

Het Engelse determinatiesysteem (Clarke 1938), dat ook in Frankrijk en Australië wordt toegepast, werkt eveneens met losse kaarten, die aan de rand zijn geperforeerd. Ieder gat in de kaart komt met een bepaald kenmerk overeen. Deze gaten lopen alleen dan tot de rand van de kaart door, als de houtsoort, die daarop wordt beschreven, het betrokken kenmerk vertoont. Steekt men een staaf door een gat in het complete stel kaarten, dan vallen bij schudden van het pak alleen die kaarten naar beneden, die dat kenmerk vertonen. Men zet deze werkwijze voort totdat er één kaart overblijft met de naam van de gezochte houtsoort.

Tijdens zijn verblijf in Engeland besprak ondergetekende met den Secretaris van de I.A.W.A., Dr. L. Chalk en met de meeste Engelse leden, de voor- en nadelen van de Nederlandse en Engelse methode.

Het is niet onmogelijk, dat het resultaat van deze oriënterende besprekingen zal zijn, dat men tot een uitvoering komt, waarbij de voordelen van een decimaal systeem en de mogelijkheid van meer gedetailleerde omschrijvingen van kenmerken in de Nederlandse methode combineert met het voordeel van een niet gefixeerd determinatieschema in de Engelse werkwijze. Dit is mogelijk door gebruik te maken van een Hollerith machine, waarmee men geposte kaarten sorteert. In het grote houtonderzoekingscentrum van Amerika, het U.S. Forest Products Laboratory te Madison (Wisc.), en in de Afd. Hout van het C.I.M.O., heeft men thans een begin gemaakt met deze werkwijze.

Bij het vertalen van de technische termen in de publicatie van Pfeiffer en Varossieau bleek, dat er voor verschillende in Nederland van ouds bekende termen geen Engels equivalent bekend is. Ook kwam vast te staan, dat de „Glossary of Terms used in describing Woods”, uitgegeven door de I.A.W.A. in 1933, thans op enige punten herziening en aanvulling behoeft.

De gegevens, die de schrijver van dit artikel over deze onderwerpen verzamelde, werden door hem eveneens besproken met Chalk, Miss Chattaway, Metcalfe, Desch en Rendle, alle I.A.W.A. leden. Met uitzondering van laatstgenoemde, die niet veel heil ziet in internationale afspraken op dit punt, waren alle genoemde onderzoekers voor een herziening van de Glossary. Dit voorstel zal op de komende I.A.W.A.-conferentie te Oxford (Juli '47), worden besproken.

C. De invloed van aantasting door levende organismen en van grondwater op de structuur van hout.

Evenals het onderzoek naar het ontstaan en de identificatiemogelijkheden van hout, heeft de vraag naar de invloed van schimmelaantasting en van grondwater op de structuur van dit materiaal een theoretische en een praktische zijde.

De wijze, waarop de schimmels in het hout dringen, de wegen, die daarbij worden gevolgd, de veranderingen in de celwanden, die met normale belichting, gepolariseerd licht, röntgenonderzoek en microchemische waarnemingen kunnen worden vastgesteld, vormen aantrekkelijke biologische problemen.

Van praktisch belang is deze kennis in verband met de bescherming van gebouwen en andere constructies, waarin hout verwerkt is, tegen schimmelaantasting.

De studie van opgegraven hout is uit een wetenschappelijk oogpunt interessant in verband met het vervenen en verkolen van plantaardig materiaal. Men krijgt een inzicht in het ontstaan van kienhout, ligniet (uit bruinkoolgroeven) en git.

Praktische waarde heeft het onderzoek, indien de vraag gesteld wordt of opgegraven hout, zoals heipalen onder oude funderingen (men denke aan Rotterdam) opnieuw kan worden gebruikt.

In een nog niet gepubliceerd onderzoek, dat de schrijver gedurende de oorlogsjaren verrichtte, werden de vormen van aantasting, die door schimmels en door grondwater ontstaan, zowel in anatomisch- als in fysisch-mechanisch en chemisch opzicht onderling vergeleken. Hierbij bleken de waargenomen verschijnselen ten dele parallel te lopen en dit is wel merkwaardig omdat, zoals men weet, hout, dat met water verzadigd is, niet door schimmels kan worden aangetast. Men kan dan ook hout jaren lang onder water bewaren, zonder dat er merkbare veranderingen in optreden.

De oorzaak voor de structuurverandering in hout, dat zich in grondwater bevindt, moet dus een andere zijn dan schimmelaantasting. Campbell veronderstelt, dat er op den langen duur een hydrolyse van de cellulose plaats heeft en dat er een uitloging optreedt.

Eigen waarnemingen hebben ook een andere mogelijkheid

aannemelijk gemaakt, die hier niet nader wordt behandeld. Ook verdere theorieën over dit punt moeten, in verband met hun aantal en omvangrijke literatuur, buiten beschouwing blijven.

Enkele bijzonderheden over dit onderzoek vindt men nog in de volgende paragraaf.

Waar hier gesproken wordt van de aantasting van hout onder het grondoppervlak, dient ter geruststelling van houtverbruikers te worden medegedeeld, dat deze aantasting slechts in de buitenste lagen plaats heeft en dat de grote massa van het hout vrijwel of in het geheel geen verandering ondergaat.

Reeds in 1911 legde Van Iterson verband tussen de microscopische structuur van houtsoorten en hun weerstand tegen aantasting door schimmels en paalworm. Zijn veronderstelling, dat kiezellichaampjes, welke in de straalcellen van Manbarklak (*Eschweilera spec.* Fam. *Lecythidaceae*) voorkomen, de geringe aantastbaarheid van het hout tegen paalworm verklaart, werd door Gonggrijp (1932) bevestigd.

Een ander anatomisch onderzoek in verband met de aantasting van hout door dierlijke organismen is dat van Philips (1938) over de verdeling van zetmeel in de weefsels. Men heeft n.l. methoden gezocht om het zetmeel uit stammen te verwijderen, teneinde deze immuun te maken tegen de aantasting van *Lyctus*-soorten.

D. Verband tussen structuuronderzoek en mechanisch-fysische eigenschappen.

De mechanisch-fysische eigenschappen van hout hangen samen met macroscopische, microscopische en submicroscopische structuurkenmerken.

Terwijl in de tijd, dat men over schijnbaar onuitputtelijke voorraden hout beschikte, in voorschriften werd vermeld: „Het hout moet vrij zijn van kwasten en van alle andere gebreken”, heeft het grote gebrek aan hout, dat gedurende de oorlogsjaren ontstond, een onderzoek naar de invloed van macroscopisch waarneembare onregelmatigheden in de houtstructuur op de mechanische weerstand van het materiaal in sterke mate bevorderd.

Pfeiffer (1917 en 1926) verschaftte reeds gegevens over de invloed o.a. van kwasten, spleten en het verloop van de draad in het hout; in latere jaren zijn uitgebreide berekeningen over dit punt gevolgd. Op grond van deze berekeningen heeft men kwaliteitsklassen samengesteld. De algemene principes van dit onderzoek, dat men in Engels sprekende landen met de naam „Stressgrading” aangeeft, worden in het aardige boekje van Chaplin (1945) op eenvoudige wijze toegelicht.

Praktische voorschriften over dit onderwerp vindt men in: de A.S.T.M. Standard Specification (1937); in een publicatie van het Forest Products Research Laboratory (1941); en in de British Standard Specifications (1942 en 1944).

De spanningsverdeling, die in houten vliegtuigonderdelen ontstaat bij een bepaalde belasting of bij vibreren, blijkt in sterke mate door de structuur (o.a. vroeg en laat hout) beïnvloed te worden. Sinds korte tijd meet men deze spanningsverdeling in Amerika en Engeland met behulp van elektrische weerstandsmeters (z.g. electrical resistance

gauges), waarin de weerstand van een dun metalen draadje, tengevolge van druk en trekspanningen gewijzigd wordt (H e a r m o n, 1945).

In zijn zojuist genoemde werken heeft P f e i f f e r — meer nog dan het verband tussen mechanisch-physische eigenschappen en macroscopische kenmerken — de samenhang tussen deze eigenschappen en de microscopische structuur van hout toegelicht.

Hij toonde aan, dat het volumegewicht, behalve van het nagenoeg constante S.G. van het celwandmateriaal, in hoofdzaak afhankelijk is van de microscopische bouw van het hout.

Van de mechanische eigenschappen bleken de absolute en de elastische druk- en buigvastheid, de afschuivingsvastheid, de buigingsarbeid en de weerstand tegen splijten binnen wijde grenzen met dit volumegewicht evenredig te zijn en dus uit de microscopische bouw te kunnen worden verklaard.

Zeer talrijk zijn de publicaties, welke sindsdien over het verband tussen structuur en technische eigenschappen van hout zijn verschenen. Uit het grote aantal kunnen worden genoemd die van B i e n f a i t (1926), P e r e i r a (1937), J a c c a r d en F r e y - W y s s l i n g (1938), P r ü t z (1939) en C l a r k e (1939).

C l a r k e onderzocht het verband tussen de structuur enerzijds en de weerstand tegen axiale druk en de taaiheid (breukslagarbeid) van het hout anderzijds, B i e n f a i t bepaalde zich tot de eerstgenoemde factor. P r ü t z ging in het bijzonder de invloed na van de hoeveelheid parenchym en van etagebouw op de mechanische eigenschappen.

Alle genoemde auteurs onderzochten, behalve de invloed van de anatomische bouw op de mechanische weerstand, het gedrag van de celwanden bij breuk. F r e y - W y s s l i n g toonde aan, dat de breuk in vochtig hout in de midden lamel ontstaat, in droog hout in de secundaire wand.

Behalve aan de invloed, die groeivariaties op de structuur van hout en de verhouting van de celwanden uitoefenen (zoals o.a. bij druk- en trekhout het geval is), kan men het verband tussen structuur en mechanische eigenschappen ook heel goed vaststellen aan de hand van materiaal, dat de invloed van uitloging door grondwater of van schimmel-aantasting heeft ondergaan.

Eigen waarnemingen hebben aangetoond, dat de mechanische eigenschappen van opgegraven paalfunderingen, die zich resp. 30, 75, 110 en 500 jaar in de grond bevonden, in bijna alle opzichten onveranderd zijn gebleven. Een grote uitzondering vormt de breukslagarbeid, die in vele gevallen snel tot beneden de helft van de waarde van nieuw hout daalt. Dit betekent, dat het hout spoedig bros wordt en geen schokken meer kan verdragen. De palen kunnen dus niet opnieuw worden ingeheid.

Tot dusver was het verschijnsel van het snel bros worden alleen bekend van hout, dat door schimmels is aangetast. Ook hier daalt de weerstand tegen schok eerder dan iedere andere mechanische eigenschap (C a r t w r i g h t, C a m p b e l l and A r m s t r o n g 1936; T r e n d e l e n b u r g 1940).

Microscopisch onderzoek, zowel met normaal als met gepolariseerd licht en Röntgenonderzoek, laten talrijke

bijzonderheden zien, die dit eigenaardige feit kunnen verklaren.

Naast waarnemingen over het verband tussen structuur en mechanische weerstand, hebben ook onderzoeken over de samenhang tussen structuur fysieke eigenschappen, zoals zwellen en krimpen en de doorlaatbaarheid voor gassen, sterk de aandacht getrokken.

Zoals men weet, zwelt hout, dat op normale wijze gevormd is, vrijwel niet in longitudinale richting, terwijl de veel grotere swelling in radiale richting door die in tangente richting vaak aanzienlijk wordt overtroffen.

Vele pogingen zijn in het werk gesteld om deze eigenschappen van hout, die in de praktische toepassing van dit materiaal een uitermate belangrijke rol spelen, uit de structuur te verklaren.

Zonder op dit uitgebreide vraagstuk nader in te gaan, moge als voorbeeld van de verscheidenheid in opvatting, waartoe verschillende onderzoekers zijn gekomen, het werk van F r e y - W y s s l i n g (1940 en 1943) en van P r e s t o n (1942) worden genoemd.

Eerstgenoemde komt tot de conclusie: „das die mächtigen sekundären Zellwandschichten mit ihrer Schraubentextur nicht maßgebend an der Schwindanisotropie des Holzes beteiligt sein können“ en dat de middenlamel als oorzaak van deze anisotropie moet worden beschouwd (p. 350).

P r e s t o n (p. 47) besluit daarentegen: „As a result of observation of cell dimensions and wall structure in fibres of hardwoods and tracheids of softwoods, it appears that the anisotropic shrinkage of these cells on drying arises as a consequence of the anisotropic properties of their cellulose complex“. Dit is een zelfde conclusie, als waartoe P f e i f f e r (1935) kwam.

Onderzoek naar de doorlaatbaarheid van hout voor gassen is van grote betekenis voor de bestrijding van aantasting door insecten met behulp van blauwzuurgas en voor de kennis van de snelheid, waarmee hout een vochtgehalte bereikt, dat in evenwicht is met dat van de omgeving (drogen). Deze doorlaatbaarheid is o.a. van de houtstructuur afhankelijk.

E. Structuuronderzoek in verband met conservering en houtveredeling.

In de hier volgende beschouwingen wordt gesproken over onderzoek aangaande conservering van hout tegen aantasting door levende organismen (voornamelijk schimmels en insecten) en met het doel de brandbaarheid van het materiaal te verminderen, alsmede over het verven en lijmen van hout.

Op een veredelingsproces, waarbij men het hout stoomt en bij hoge temperatuur samenperst, zodat de cellulina verdwijnen, het volumegewicht daardoor stijgt en de mechanische weerstand wordt vergroot, zal hier niet dieper worden ingegaan.

Men past dit procédé veelal toe op beukenhout en dit wordt dan onder de naam lignostone in de handel gebracht. Alle andere genoemde methoden hebben gemeen, dat men het hout met een vloeibare substantie behandelt, waarvan in vele gevallen, na het verdampen der vluchtige bestanddelen, een min of meer vaste massa overblijft. Deze massa

oefent soms een conserverende werking uit, door giftigheid of door isolering tegen het opnemen van vocht of zuurstof (bij brandwerende middelen). In andere gevallen is de werking hechtend (lijm) of aesthetisch (verf). Als regel komt er echter een combinatie van deze functies voor.

Zo kent men brandwerende en fungicide verven, terwijl ook verven, die deze specifieke eigenschappen niet bezitten, een conserverende werking hebben. De ontwikkeling van de kunststoffenindustrie heeft het mogelijk gemaakt, watervaste lijmsorten toe te passen. Dit is van groot belang voor de triplexfabricage. Bij de behandeling van hout, dat voor beeldhouwwerk wordt gebruikt, combineert men volgens een Engels procédé de vermindering van de brandbaarheid en de aantastingsmogelijkheid door levende organismen met het verfraaien van het uiterlijk, door toepassing van slechts één zoutmengsel.

Bij alle genoemde methoden van conservering en verdeling doen zich problemen voor, die door anatomisch onderzoek geheel of gedeeltelijk tot een oplossing kunnen worden gebracht.

Een vraagstuk van de eerste orde is in dit verband de **penetratie** van de toegepaste middelen in het hout. Voor schimmel- en insectenwerende, zowel als voor brandwerende middelen is een diepe penetratie gewenst. Voor verbindmiddelen en lijm is er grote onenigheid over dit punt.

Men heeft nagegaan langs welke wegen de vloeistoffen in het hout dringen en welke microscopische en submicroscopische structuurkenmerken deze indringing beïnvloeden. Uit onderzoekingen o.a. van Haslam en Werthan (1931) en van Schulze en Theden (1942), welke door eigen waarnemingen van den schrijver bevestigd en aangevuld zijn, is voor naaldhout het volgende gebleken: Het binnendringen van hydrophiele en van hydrophobe stoffen verloopt gedeeltelijk op overeenkomstige wijze, met dien verstande, dat in axiale richting de vloeistof snel door het late hout wordt opgenomen, terwijl de wijde elementen uit het vroege hout vrijwel leeg blijven. Voor dit op het eerste gezicht onverwachte verschijnsel, geeft de anatomie een ongedwongen verklaring. In loofhout kan thyllenvorming in de vaten het binnendringen van vloeistoffen in ernstige mate belemmeren. In radiale richting heeft een indringing door de stralen plaats, in tangentiale richting door elementen, die van hofstippels zijn voorzien. Terwijl dit bij hydrophobe middelen nooit het geval is, dringen hydrophiele vloeistoffen behalve in het lumen, ook in de celwand door. Is deze vochtig genoeg, dan heeft er een steeds verdere diffusie in de celwand plaats. In geheel droge toestand onttrekt de celwand echter water aan de oplossing, die daardoor indroogt en niet verder kan indringen.

Een tweede belangrijk onderwerp is de vraag naar de wijze, waarop de **hechting** van verf op hout en van gelijmde houten delen onderling tot stand komt (b.v. bij triplex en multiplex).

Het is een bekend feit, dat een verflaag op hout niet over het gehele oppervlak regelmatig verdeeld slijt, maar dat de verf op laat hout het eerst afspringt. Hierdoor wordt opnieuw schilderen veel eerder noodzakelijk, dan

wanneer de verf aan het gehele oppervlak van het hout zou blijven hechten en vernieuwing om andere redenen noodzakelijk zou worden.

Dit probleem is van een dermate economische betekenis, dat er in 1930 te Madison (Wisconsin) een congres aan dit vraagstuk werd gewijd; de „Conference on wood painting practice“.

Reeds dadelijk moet worden opgemerkt, dat de verfeigenschappen van hout, evenals de lijmbaarheid, de natuurlijke weerstand tegen brand en de reeds eerder genoemde mechanische eigenschappen onmiddellijk samenhangen met het volumegewicht en dus met de houtstructuur. *Brown* (1935) toonde aan, dat er een omgekeerde evenredigheid tussen de verfeigenschappen en het volumegewicht bestaat. De duurzaamheid van de verflaag, die mede door de hechting wordt bepaald, is n.l. in het algemeen groter, naarmate het hout lichter is. Deze zelfde regel verklaart ook dat de verf in één en dezelfde houtsoort eerder op laat hout afspringt (hoog vol. gew.) dan op vroeg hout (lager vol. gew.). Dat de duurzaamheid van verf op radiaal gezaagd hout groter is, dan op tangentiaal gezaagde delen, volgt weer uit het feit, dat in het laatstgenoemde vlak laat hout als regel in groter oppervlakken wordt aange troffen.

Terwijl bij het onderzoek van het lijmen van hout belangrijke gegevens kunnen worden verkregen over de aard van de hechting met behulp van mechanische proeven, is dit bij verf op hout in het geheel niet het geval. Alle pogingen, die tot dusver in dit opzicht werden verricht, zijn op een mislukking uitgelopen. Wel heeft men door expositieproeven met geferde plankjes de geschiktheid van bepaalde verfsystemen en houtsoorten kunnen toetsen. Deze proeven kunnen de genoemde verschijnselen echter niet verklaren en daardoor ook geen afdoende middelen tot verbetering opleveren.

Voortbouwende op een suggestie van *Brown* (1931) heeft de schrijver getracht om met behulp van microscopische waarnemingen meer inzicht in het probleem van de hechting van verf op hout te verkrijgen, nadat van te voren een omvangrijke literatuurstudie was verricht. Hij ging daarbij uit van de gedachte, dat men bij mechanische proeven, als ze gelukken, weliswaar quantitatief vergelijkbare gegevens verkrijgt, maar dat deze betrekking hebben op een conglomeraat van factoren.

Deze factoren zijn: de samenhang tussen verf en hout (de adhaesie van moleculen van het bindmiddel aan die van de ondergrond en mechanische verankering); de samenhang van de verflaag en de samenhang van het hout.

Nu levert microscopisch onderzoek weliswaar slechts kwalitatieve gegevens op, maar het is alleen volgens deze methode mogelijk om de invloed van de genoemde componenten afzonderlijk na te gaan. De resultaten, die tot dusver werden verkregen, hebben deze veronderstelling ten volle bevestigd.

Tenslotte moet er nog gewezen worden op een anatomisch **identificatie**vraagstuk in verband met houtveredeling. Toen men gedurende de oorlogsjaren in Engeland genoodzaakt was om grote hoeveelheden triplex en multiplex te importeren, bleken sommige partijen wel, andere niet te voldoen

aan een eis, die in bepaalde gevallen aan de watervastheid werd gesteld. Deze resistentie is afhankelijk van de toegepaste lijmsort en het gelukte aan R e n d l e e n F r a n k l i n (1942) om een determinatietabel samen te stellen voor een aantal van deze lijmsorten, gebaseerd op anatomische en microschemische kenmerken.

Volgens deze tabel herkent men, om enkele voorbeelden te noemen, zetmeellijm aan de vage omtrek van de korrels, die nog zichtbaar is; sojabonenlijm aan cellen, die van de zaadhuid afkomstig zijn en een andere lijmsort aan snippers van kunstzijdevezels, die als vulstof worden gebruikt. Met de onderwerpen, die onder C, D en E werden besproken, is naar het oordeel van de schrijver de betekenis van de anatomie voor de kennis van eigenschappen en toepassingsmogelijkheden voor hout toegelicht.

IV. SUMMARY.

In the preceding article: "The significance of Wood Anatomy for the Application of Timber in Practice" a brief outline is given of the development of plant anatomy as a research method.

Whereas description was one of the first aims of anatomy, physiological and taxonomical problems were soon taken into consideration. Another field of interest became the relation between structure and properties of materials, which determine their applicability.

It is a noticeable fact, that after a period, in which physiology almost entirely absorbed the interest of botanists, a renewed activity of anatomists could be observed, which was stimulated by the founding of the I.A.W.A. In the author's opinion it is the close interrelation between purely scientific and applied scientific problems, which brings plant anatomy again to the first plan.

The origin of cell walls of primary and secondary wood are indicated as some of the anatomical problems, connected with physiology, as well as the formation of particular growths.

A brief analysis and comparison of the wood identification methods of Clarke on the one hand and of Pfeiffer and Varossieau on the other is given in the field of taxonomic anatomy.

It is suggested that an identification method with the aid of a Hollerith machine might combine a number of advantages of both schemes. The desirability of a revision of the "I.A.W.A. Glossary of Terms" is indicated.

Next comes a survey of problems concerning the change in wood structure due to the influence of living organisms (fungi, insects) and underground water. Then follow some data on the relation between structure and mechanical and physical properties of wood, such as swelling and shrinkage. Wood anatomy plays an important part in questions of wood preservation and improvement. This is illustrated by problems of penetration of liquids, used in preserving, gluing and painting timber.

The advantages of microscopical observations on the adhesion of paints to wood above mechanical tests are illustrated in the last part of the survey, which ends with

mentioning the possibility of identifying glues incorporated in plywood by means of anatomical characteristics.

The list of references is by no means complete and does not give more than a sample of literature in each field of wood anatomy dealt with.

V. RÉSUMÉ.

Dans la communication précédente: „L'importance des recherches anatomiques pour l'utilisation rationnelle du bois" il est donné un aperçu bref sur le développement de l'anatomie végétal comme méthode de recherche.

Tandis que la description était un des premiers buts de l'anatomie, des problèmes physiologiques et taxonomiques étaient considérées en peu de temps. La relation entre la structure et les propriétés des matériaux, qui déterminent leurs applicabilité, devenait un autre domaine d'intérêt.

Il est à noter, qu'après une période, dans laquelle la physiologie presque seulement attirait l'attention des botanistes, une période d'une activité nouvelle des anatomistes s'établit, qui était stimulé par suite de la fondation de l'Association Internationale des Anatomistes du Bois". L'auteur est d'opinion, que les relations intimes entre les problèmes scientifiques purs et scientifiques appliqués amènent l'anatomie végétal de nouveau au premier plan. L'origine des parois cellulaires du bois primaire et secondaire, aussi bien que l'origine des formations particulières, ont été indiquées comme problèmes anatomiques, liées à la physiologie.

Dans le domaine taxonomique une analyse et une comparaison brève des méthodes d'identification de Clarke d'une part et de Pfeiffer et Varossieau d'autre part ont été données. Il est supposé qu'une méthode d'identification à l'aide d'une machine Hollerith, pourrait combiner un nombre d'avantages des deux schémas.

Il est indiqué qu'une révision de la „Lexique des termes utilisés dans la description des bois" de la I.A.W.A. serait souhaitable.

Cette partie-ci est suivie d'un aperçu des problèmes touchant le changement de la structure du bois par suite de l'action des organismes vivants (champignons, insectes) et de l'eau souterraine.

Ensuite il y a des données concernant la relation entre la structure et les caractéristiques mécaniques et physiques du bois, comme le gonflement et la rétractibilité.

L'anatomie du bois joue un rôle important dans les questions de la préservation et d'amélioration de ce matériel. Ceci a été illustré par des problèmes de pénétration des liquides, utilisées dans la préservation, le collage et la peinture du bois.

Les avantages des observations microscopiques concernant l'adhésion de la peinture sur le bois par rapport aux essais mécaniques ont été expliqués dans la dernière partie de la communication, qui finit par l'indication de la possibilité d'identifier les colles incorporés dans les bois lamellés, avec l'aide des caractéristiques microscopiques.

La bibliographie donnée n'est pas du tout complète et n'est pas plus qu'une indication de la littérature existante en différents domaines de l'anatomie du bois traités.

VI. LITERATUUR.

De hier volgende literatuurlijst maakt geenszins aanspraak op volledigheid. Met de daarin vermelde opgaven is niet meer bedoeld dan een illustratie te geven van de literatuur over de onderwerpen, die werden behandeld.

1. American Society for Testing Materials (1937). Standard specifications for structural wood joist and plank, beams and stingers, and posts and timbers — 1944 Book of A.S.T.M. Standards 2, 711. Philadelphia.
2. Bailey, I. W. and M. R. Vestal (1937). The significance of certain wood-destroying fungi in the study of the enzymatic hydrolysis of cellulose. *J. Arnold Arbor.* 18, 196—205.
3. Bailey, I. W. and R. A. Howard (1941). The comparative morphology of the Incacinaceae I-IV. — *J. Arnold Arbor.* 22, 125—132; 171—187; 432—442; 556—568.
4. Bailey, I. W. and Ch. G. Nast (1943—1945). The comparative morphology of the Winteraceae I-VII. — *J. Arnold Arbor.* 24, 340—346; 472—481; 25, 97—103; 215—221; 342—348; 454—466; 26, 37—47.
5. Bary, A. De (1877). *Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne.* Leipzig.
6. Beekman, H. (1920). 78 Preanger-houtsoorten. Beschrijving, afbeelding en determinatietabel. — Med. Proefstat. Boschwezen No. 5. Java.
7. Berger, L. G. den en H. Beekman (1922). Inleiding tot de herkenning van hout in de praktijk. — Med. Proefstat. Boschwezen No. 7. Java.
8. Bienfait, J. L. (1926). Relation of the manner of failure to the structure of wood under compression parallel to the grain. *J. Agric. Res.* 33, 184—194.
9. British Standards Institution (1942). Grading rules for structural timber. *British Standard* 940, Part 2, 1—35. London.
10. British Standards Institution (1944). Grading rules for stress-graded timber. *British Standard* 940, Part 1, 1—20. London.
11. Browne, F. L. (1931). Adhesion in the painting and in the gluing of wood. — *Ind. Eng. Chem.* 22, 847.
12. Browne, F. L. (1935). Painting characteristics of hardwoods. — *Ind. Eng. Chem.* 27, 42.
13. Cartwright, K. St. G., W. G. Campbell and F. H. Armstrong (1936). The influence of fungal decay on the properties of timber. — *Proc. Roy. Soc. London, Ser. B.* 120, No. 816, 76—95.
14. Chaplin, C. J. (1945). Stress-grading of timber. — Timber Development Ass. Ltd. London.
15. Clarke, S. H. (1937). The distribution, structure and properties of tension wood in beech (*Fagus silvatica* L.). — *Forestry* 11, 85—91.
16. Clarke, S. H. (1938). A multiple-entry perforated-card key with special reference to the identification of hardwoods. — *New Phytol.* 37, 369—374.
17. Clarke, S. H. (1939). The growth, structure and properties of wood. — Dept. Scient. and Industrial Res. For. Prod. Res. Special Report No. 5.
18. Coster, C. H. (1927—1928). Zur Anatomie und Physiologie der Zuwachszonen und Jahresringbildung in den Tropen. — *Ann. Jard. bot. Buitenzorg* 37, 49; 38, 1.
19. Douglass, A. E. (1928). Climatic cycles and tree growth II. A study of the annual rings of trees in relation to climate and solar activity. Washington.
20. Frey-Wyssling, A. (1935). Die Stoffausscheidungen der höheren Pflanzen. Berlin.
21. Frey-Wyssling (1940). Die Ursache der anisotropen Schwindung des Holzes. — *Holz als Roh- und Werkst.* 3, 349—353.
22. Frey-Wyssling (1943). Weitere Untersuchungen über die Schwindunganisotropie des Holzes. — *Holz als Roh und Werkst.* 6, 197—198.
23. Forest Products Research Laboratory (1941). Grading softwoods for Strength. Dept. Scient. and Indust. Res. For. Prod. Res. Leaflet No. 19.
24. Gonggrijp, J. W. (1932). Gegevens omtrent een onderzoek naar Nederlandsch Indische houtsoorten, die tegen paalworm bestand zijn. — Med. Proefstat. Boschwezen No. 25.
25. Gouwentak, C. A. (1936). Cambiumtätigkeit und Wuchsstoff I. Med. Landbouw Hoogeschool 40, 1—23.
26. Gouwentak, C. A. und A. L. Maas (1940). Cambiumtätigkeit und Wuchsstoff II. *Idem* 44, 1—16.
27. Gouwentak, C. A. (1941). Cambial activity as dependent on the presence of growth hormone and the non-resting condition of stems. *Proc. Ned. Akad. Wetensch.* 44, 654—663.
28. Haberlandt, G. (1924). *Physiologische Pflanzenanatomie.* Jena.
29. Hartmann, F. (1932). Ursachen und Gesetzmässigkeit exzentrischen Dickenwachstums bei Nadel- und Laubbäumen. — *Forstw. Centralbl.*, 54, 497—517, 547—566, 581—590, 622—634.
30. Haslam, J. H. and S. Wertman (1931). Studies in the painting of wood I. Influence of wood structure on paint behaviour. — *Ind. Eng. Chem.* 23, 226 en 447.
31. Hearmon, R. F. S. (1945). The application of electrical resistance gauges to plywood. — Report Forest Prod. Res. Lab., Princes Risborough.
32. International Association of Wood Anatomists (1933). Glossary of terms, used in describing woods. — *Trop. Woods* 36, 7.
33. International Association of Wood Anatomists (1937). Standard terms of the length of vessel members and wood fibres. — *Trop. Woods* 51, 21.
34. International Association of Wood Anatomists (1939). Standard terms of size for vesseldiameter and ray width. — *Trop. Woods* 59, 52.
35. Iterson, G. van (1907). *Mathematische und mikroskopisch anatomische Studien über Blattstellungen.* Diss. Delft.
36. Iterson, G. van en N. L. Söhngen (1911). Rapport over onderzoekingen verricht omtrent geconstateerde aantasting van het zoogenaamd manbarklak. — *Ingenieur* No. 11, 1—35.
37. Iterson, G. van (1931). Links en rechts in de levende natuur. — *Hand. 23e Nat. en Geneesk. Congr. Delft.*
38. Iterson, G. van (1933). The significance of the anatomy of wood for the preservation of marine structures against the shipworm (*Teredo*). — *Proc. Fifth Pacific Science Congr., Victoria and Vancouver B. C. Canada*, 3907—3911.
39. Jaccard, P. (1938). Exzentrisches Dickenwachstum und anatomisch-histologische Differenzierung des Holzes. — *Ber. Schweiz. bot. Gesell.* 48, 491—537.
40. Jaccard, P. et A. Frey-Wyssling (1938). Resistance et structure microscopique des bois. — *Ass. Suisse pour l'Essai des Matériaux.* Zürich.
41. Jaccard, P. (1939). Tropisme et bois de réaction provoqué par la force centrifuge. — *Bull. Soc. bot. Suisse* 49, 135—147.
42. Linsbauer, K., G. Tischler und A. Pascher. (1922—?). *Handbuch der Pflanzenanatomie.* Berlin.
43. McDougal, D. T. (1938). Tree growth. Leiden.
44. Misra, P. (1939). Observations on spiral grain in the wood of *Pinus longifolia* Roxb. — *Forestry* 13, 118—133.
45. Misra, P. (1943). Correlation between excentricity and spiral grain in the wood of *Pinus longifolia*. — *Forestry* 17, 67—80.
46. Moll, W. und H. H. Janssonius (1906—1936). *Mikrographie des Holzes der auf Java vorkommenden Baumarten.* Leiden.

47. Moll, J. W. and H. H. Janssonius. (1923). Botanical Pen-Portraits. The Hague.
48. Moll, J. W. (1934). Phytography as a fine art. Leiden.
49. Preira, J. A. (1937). As relações de estrutura anatomica do lenho com as propriedades físicas e mecânicas e os usos das madeiras. — *Rodriguesia* **3**, 337—341.
50. Pfeiffer, J. Ph. (1917). De waarde van het wetenschappelijk onderzoek voor de vaststelling van de technische eigenschappen van hout. Diss. Delft.
51. Pfeiffer, J. Ph. (1926). De houtsoorten van Suriname. — Koloniaal Instituut, Amsterdam. Meded. **22**.
52. Pfeiffer, J. Ph. (1935). De invloed van de microscopische en submicroscopische bouw van hout op de technische eigenschappen van dit materiaal. Technisch Gemeentebld Bouwstoffen. Mei—Juni 1935.
53. Pfeiffer, J. Ph. (1932). Summary of investigations made in Holland and her colonies with respect to the description and identification of woods with a view to drawing up a method applicable in practice. — Ass. internat. pour l'Essai des Matériaux. Zürich. Congrès de Zürich 1931, p. 38.
54. Pfeiffer, J. Ph. and W. W. Varossieau (1945). Classification of the structural elements of the secondary wood of Dicotyledons, using decimal indices for classification and identification of wood species. — *Blumea* **5**, 437—489.
55. Philips, E. W. J. (1938). The depletion of starch from timber in relation to attack by Lyctus beetles. — *Forestry* **12**, 15—29.
56. Preston, R. D. (1942). Anisotropic contraction of wood and of its constituent cells. — *Forestry* **16**, 32—48.
57. Priestley, J. H., L. J. Scott and M. E. Malins (1935). Vessel development in the angiosperm. — *Proc. Leeds Phil. Soc.* **3**, 42—54.
58. Priestley, J. H. and L. I. Scott (1936). A note upon summer wood production in the tree. — *Proc. Leeds Phil. Soc.* **3**, 235—248.
59. Priestley, J. H. (1945). Observations on spiral grain in timber. — *Amer. J. Bot.* **32**, 277—284.
60. Prütz, G. (1939). Ueber die Beziehungen zwischen mikroskopischen Bau und technischen Eigenschaften von Hölzern. — *Kolonialforst. Mitt.* **1**, 347—390.
61. Rasdorsky, W. (1928). Ueber das baumechanische Modell der Pflanzen. — *Ber. deutsch. bot. Gesell.* **46**, 48—104.
62. Record, S. J. (1936). Classification of various anatomical features of Dicotyledonous woods. — *Trop. Woods* **47**, 12.
63. Rendle, B. J. and G. L. Franklin (1942). The identification of plywood glues. — Report Forest Prod. Res. Lab., Princes Risborough.
64. Sachs, J. (1887). Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig.
65. Sanio, C. (1863). Vergleichende Untersuchungen über die Elementarorgane des Holzkörpers. — *Bot. Ztg.* **21**, 85—128 en 358—412.
66. Schulze, B. und G. Theden (1942). Ueber das Eindringvermögen von Holzschutzmitteln und dessen Prüfung. — *Wiss. Abh. deutsch. Materialprüfungsanstalten II*, Folge 3.
67. Schwendener (1874). Das mechanische Princip im anatomischen Bau der Monocotylen. Leipzig.
68. Solereder, H. (1899). Systematische Anatomie der Dicotyledonen. Stuttgart.
69. Straszbürger, E. (1891). Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. — *Histologische Beiträge III*. Jena.
70. Tschirch, A. und O. Oesterle (1895). Anatomischer Atlas der Pharmacognosie und Nahrungsmittelkunde. Leipzig.
71. Trendelenburg, R. (1939). Das Holz als Rohstoff. (München, Berlin).
72. Trendelenburg, R. (1940). Ueber die Abkürzung der Zeitdauer von Pilzversuchen an Holz mit Hilfe der Schlagbiegeprüfung. — *Holz als Roh und Werkst.* **3**, 397—407.
73. Varossieau, W. W. (1938). Microscopical anatomy of tropical plants I. Anatomical and microchemical observations on the leaf of *Palaquium gutta* Burck. — *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg* **48**, 153—172.
74. Varossieau, W. W. (1940). On the development of the stem and the formation of leaves in *Coffea* species. Diss. Leiden. — Also: *Jard. Bot. Buitenzorg* **50**, 115—198.
75. Varossieau, W. W. (1942). On the taxonomic position of *Eucommia ulmoides* Oliv. (Eucommiaceae). — *Blumea* **5**, 81—92.
76. Varossieau, W. W. (1943). Waarnemingen over de melksaphoudende elementen van *Eucommia ulmoides* Oliv. — *Versl. Ned. Akad. Wetensch. Afd. Natuurk.* **52**, 105—115.