

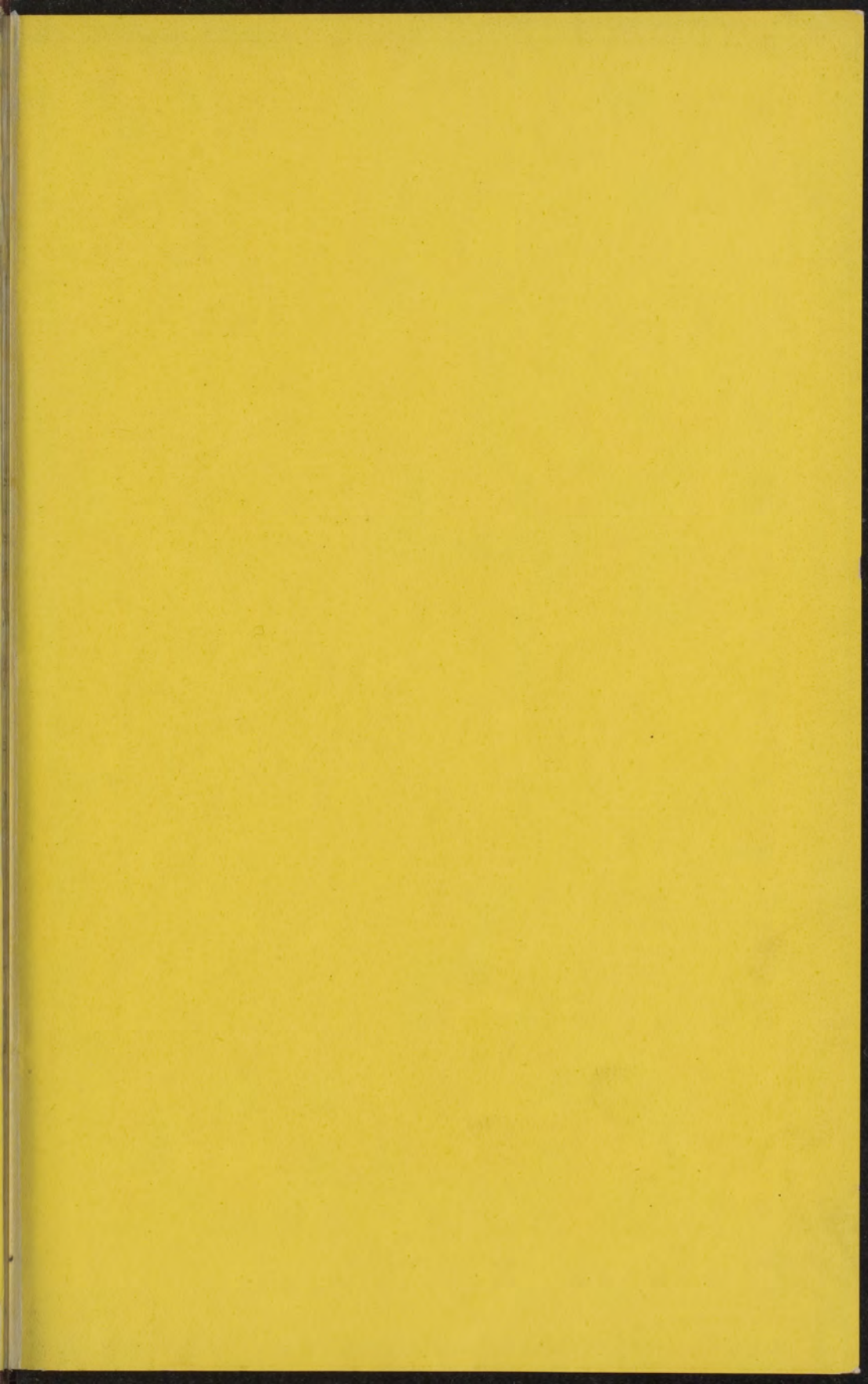
SIMON FIGEE

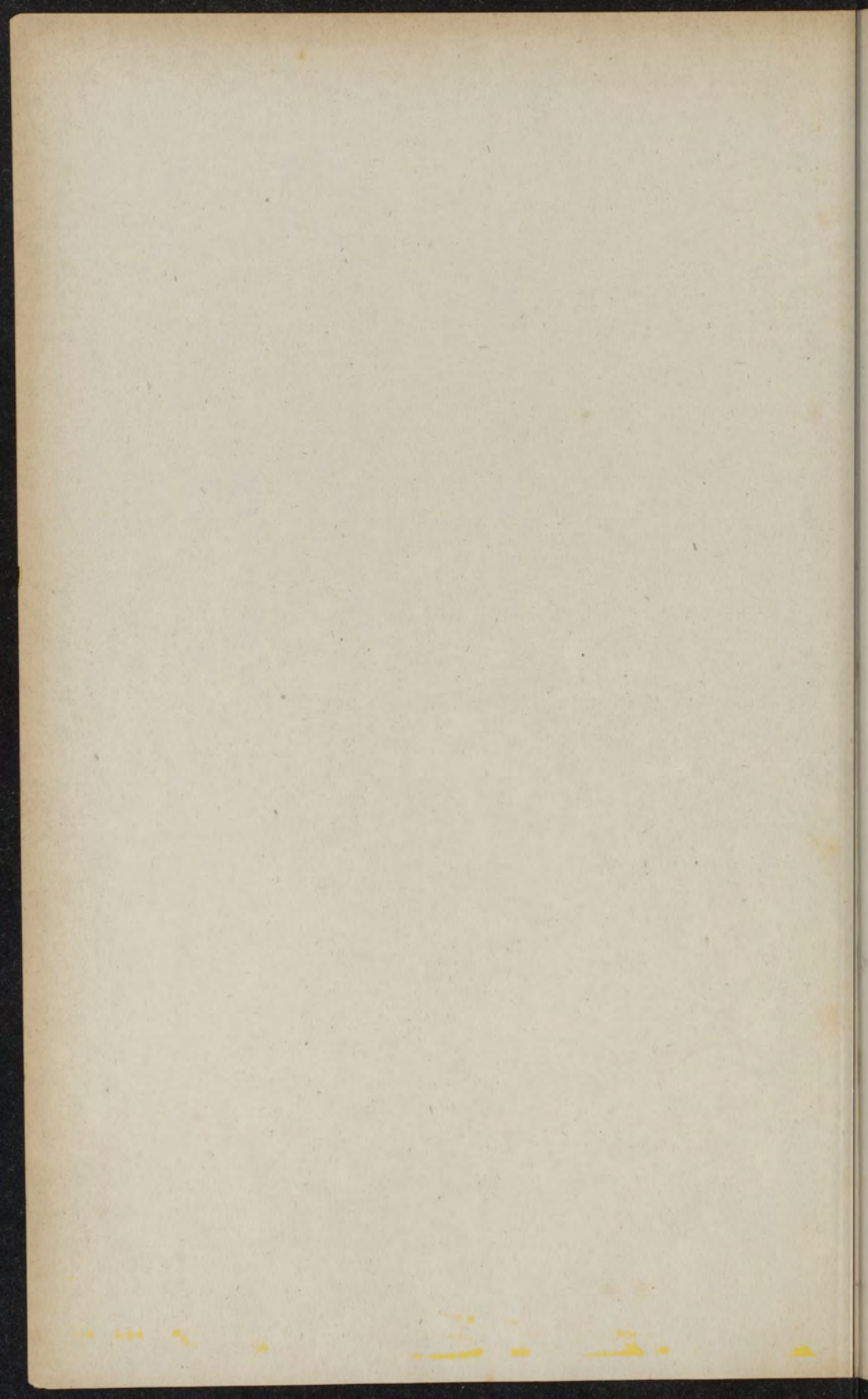
AKADEMISCH PROEFSCHRIFT

Diss Leiden

1877 nr 18

GOOSTENBROEK & ZONNEN  
BOEKBINDERS  
HAARLEM

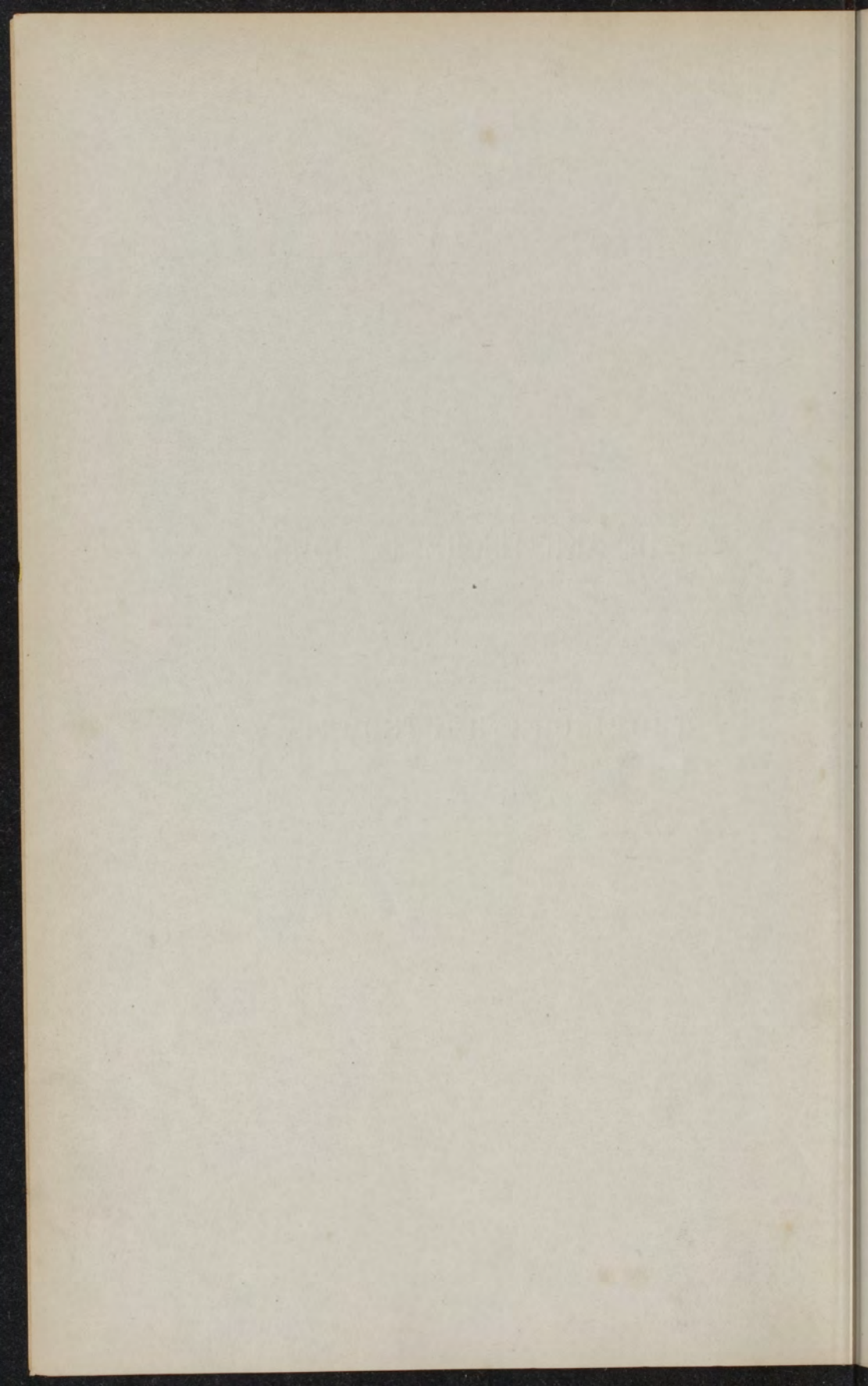




DE AKUSTISCHE METHODE

TER BEPALING VAN DEN COEFFICIENT VAN VEERKRACHT TOEGEPAST OP EENIGE

TROPISCHE HOUTSOORTEN.



# DE AKUSTISCHE METHODE

TER BEPALING VAN DEN COEFFICIENT VAN VEERKRACHT

TOEGEPAST OP EENIGE

## TROPISCHE HOUTSOORTEN.

---

### AKADEMISCH PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN

Doctor in de Wis- en Natuurkunde,

AAN DE HOOGESCHOOL TE LEIDEN,

OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

Dr. P. VAN GEER,

HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER WIS- EN NATUURKUNDE,

VOOR DE FACULTEIT TE VERDEDIGEN

OP ZATERDAG DEN 30 JUNIJ 1877, DES NAMIDDAGS TEN 1 URE,

DOOR

**SIMON FIGEE,**

GEBOREN TE HAARLEM.




---

HAARLEM. — 1877. — J. M. SCHALEKAMP.

.....  
GEDRUKT BIJ J. F. HAESEKER TE HAARLEM.



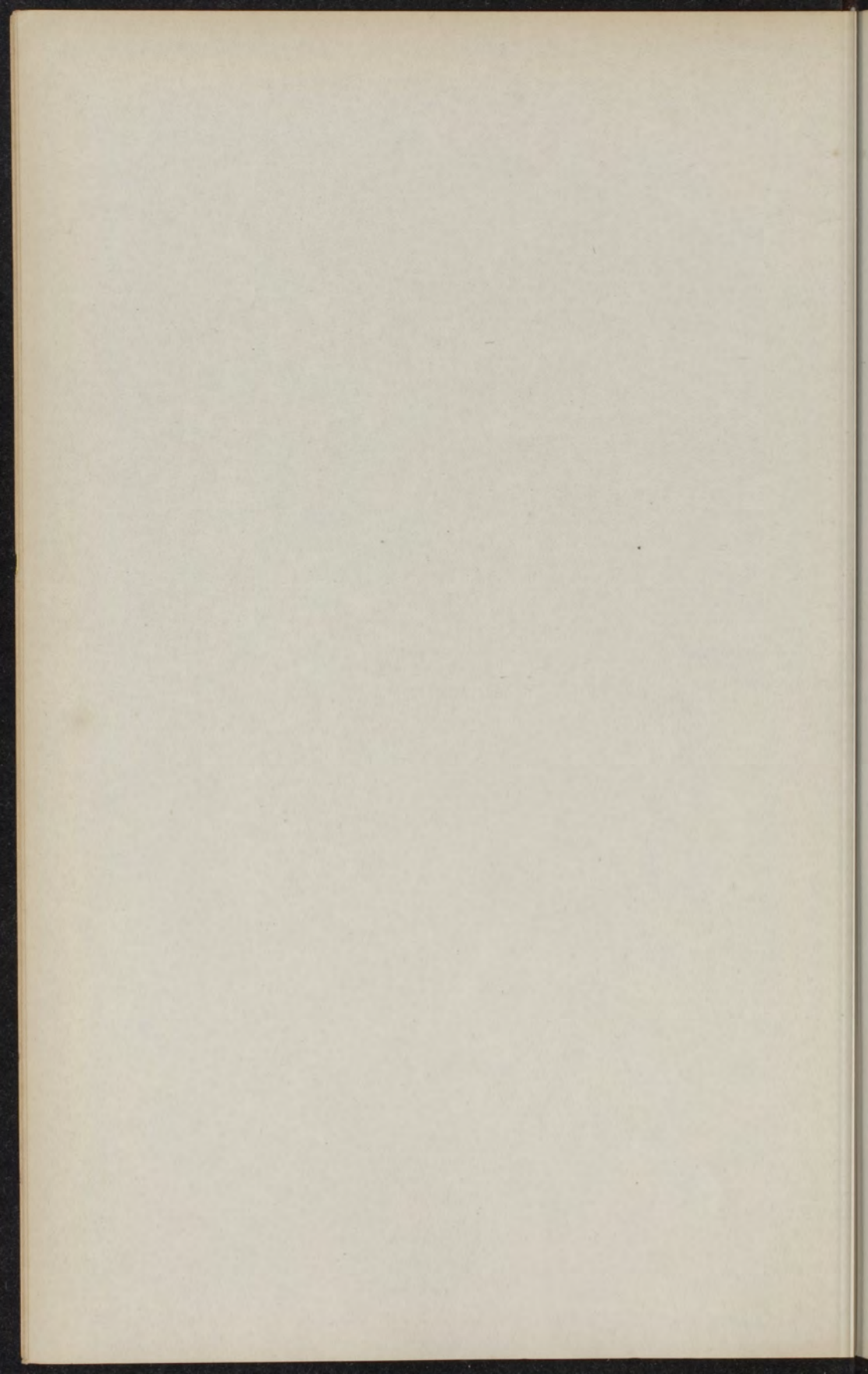
## INHOUD.

---

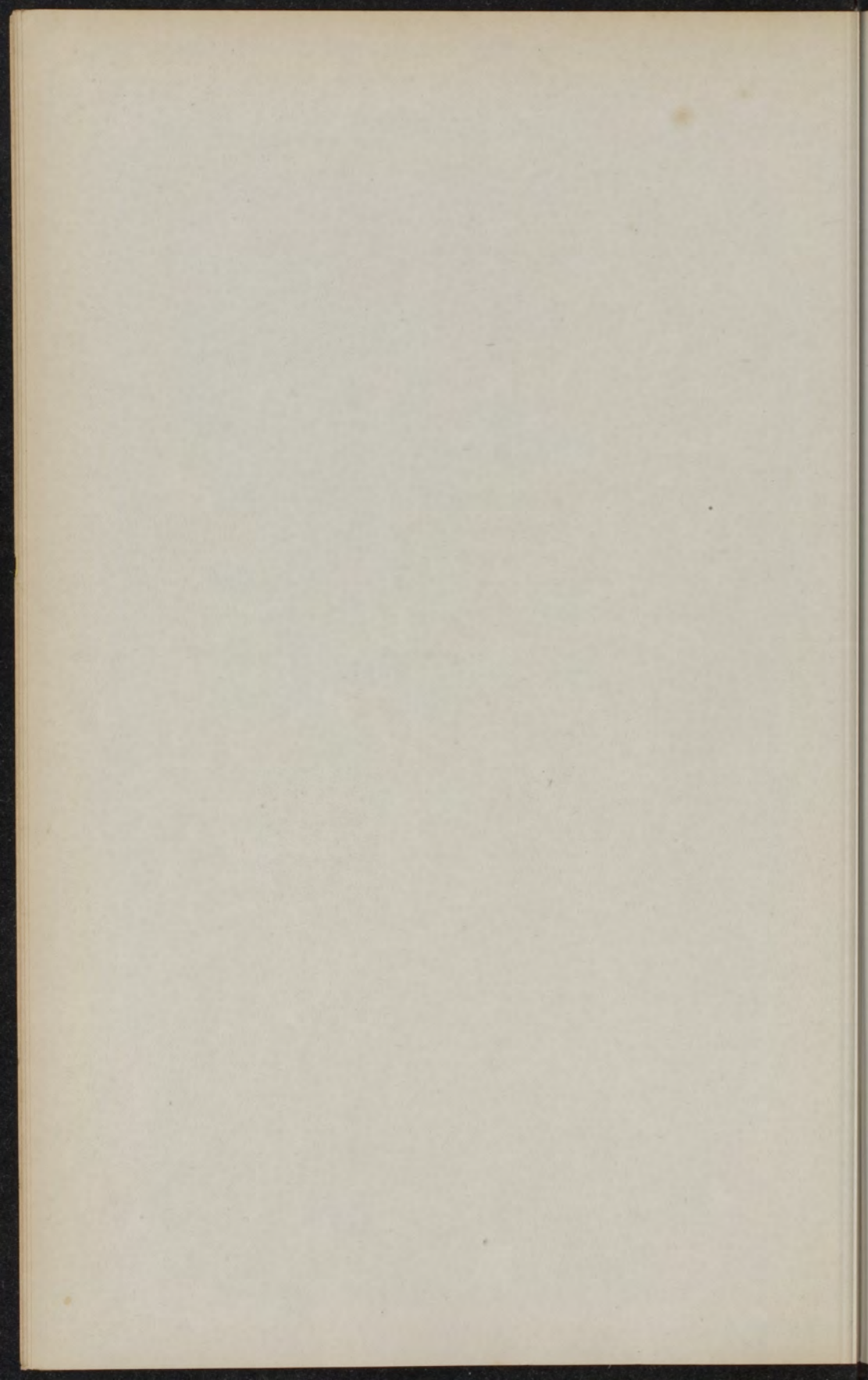
HOOFDSTUK I.	Inleiding.....	pag. 1.
„	II. Methode.....	„ 9.
„	III. De dynamische en de statische elasticiteits-coefficient.....	„ 22.
„	IV. Mechanische eigenschappen van het hout.....	„ 32.
„	V. Bijzonderheden omtrent de berekening....	„ 43.
„	VI. Oost-Indische houtsoorten.....	„ 54.
„	VII. Surinaamsche houtsoorten.....	„ 92.

STELLINGEN.

---



Aan mijn Vader.



## HOOFDSTUK I.

---

### INLEIDING.

Men noemt mechanische eigenschappen der lichamen die, welke zij onder den invloed van mechanische krachten vertoonen. Deze eigenschappen zijn talrijk, en bij de verschillende lichamen niet altijd in dezelfde mate aanwezig. Zij zijn onder anderen: cohaesie, elasticiteit, hardheid, brosheid, hamerbaarheid, rekbaarheid enz. Dat men in het dagelijksche leven bij de kennis van deze eigenschappen belang heeft zal wel niemand ontkennen. Ook voor de wetenschap is die kennis minstens van even groot belang als die der overige physische eigenschappen; immers de mechanische eigenschappen der lichamen staan in het nauwste verband met hunne inwendige samenstelling, hun aggregaatstoestand en den aard der krachten, welke wij moeten onderstellen tusschen de kleinste deeltjes van een lichaam te werken.

Met dat al weten wij van velen dier mechanische

eigenschappen nog bijna niets. De werkman zou er wellicht nog het meest van weten te vertellen.

Wil men voor eene eigenschap numerische data bijeenbrengen, 't welk toch een hoofddoel in de wetenschap is, dan is daarvoor in de eerste plaats eene behoorlijke definitie van die eigenschap noodig; ongelukkig ontbreekt eene zoodanige voor de meeste der bovengenoemde mechanische eigenschappen. Wie geeft er eene juiste definitie van hardheid, van brosheid, van hamerbaarheid; wij voelen wel wat met die woorden bedoeld wordt, doch eene juiste omschrijving is niet te geven, en eene numerische bepaling dier eigenschappen blijft dan ook voorloopig achterwege.

De elasticiteit en de cohaesie zijn twee eigenschappen van welke eene goede bepaling te geven is, van daar dan ook dat zij met vrucht kunnen bestudeerd worden. Uit een wetenschappelijk oogpunt heeft men het meeste belang bij de kennis der veerkracht der lichamen, daar het noodzakelijk is om bij het onderzoek te gaan van het meest eenvoudige tot het meer ingewikkelde; en hoe eenvoudig cohaesieverschijnselen ook mogen schijnen, inderdaad zijn zij zeer gecompliceerd. Zoo vond Buffon dat balken, welke gedurende een geheelen dag 9000 kilogram hadden kunnen dragen, na verloop van vijf à zes maanden onder eene belasting van 6000 kilogram bezweken waren, dat wil zeggen dat voor een enkele

dag hunne draagkracht anderhalfmaal grooter was dan voor den tijd van vijf à zes maanden. „Tout cela prouve assez combien les expériences que l'on a faites sur cette matière sont imparfaites, et peut être cela prouve aussi qu'il n'est pas trop aisé de les bien faire”, zegt reeds de bewerker van het artikel „Bois” in de Fransche Encyclopaedie, naar aanleiding van deze proeven van Buffon.

Het blijkt dus dat de duur der belastingen bij cohesieproeven grooten invloed heeft op het eindresultaat. Nog nooit, voor zooverre mij bekend is, zijn er proeven genomen om den invloed van den tijd bij brekingsproeven te bepalen. Slechts ontmoet men hier en daar in technische tijdschriften eene kromme lijn, voorstellende de betrekking tusschen de doorbuiging of verlenging van eene staaf bij zekere belasting, welke na een bepaalden tijd de breking veroorzaakt, en tusschen den tijd, doch uit deze alleenstaande gevallen kunnen geene algemeene besluiten genomen worden.

Wanneer ik een draad aan het eene uiteinde bevestig en aan het andere uiteinde met een zeker gewicht bezwaar, dan zal die draad gestrekt worden, en zoo de doorsnede overal dezelfde is, zal ook op elk element van eene willekeurige doorsnede dezelfde spanning werken. Dit gaat ook nog door wanneer ik de belasting zoo ver drijf, dat de draad er van breekt. Op dat oogen-

blik is echter de spanning overal dezelfde; de draad had dus overal gelijk moeten breken, wanneer hij ten minste homogeen ware geweest.

Daar hij dit nu niet doet, zoo berusten dergelijke brekingsproeven eigenlijk op de niet-homogeniteit van de stof. Verder zullen de beide overgebleven stukken minstens evenveel kunnen dragen, eigenlijk meer, zoodat, wanneer men die brekingsproeven voortzet op de telkens overblijvende helften, men ten laatste tot eene draagkracht van denzelfden draad zal komen, welke die bij de eerste proef gevonden, verre overtreft.

De schoone onderzoekingen van David Kirkaldy omtrent de cohaesie bij verschillende ijzersoorten leeren dat, om over de deugdelijkheid van eene ijzersoort te kunnen oordeelen, men naast het gewicht, 't welk breking veroorzaakt, tevens acht moet geven op de samentrekking van de doorsnede, welke voor verschillende ijzersoorten zeer verschillend is. Op de vraag of men nu bij de berekening van de draagkracht moet onderstellen dat het brekings gewicht werkt op de oorspronkelijke doorsnede of op de samengetrokkene, zou ik geen antwoord kunnen geven.

Uit dit alles blijkt dat de cohaesie verschijnselen uiterst samengesteld zijn, zoodat, zooals reeds gezegd is, het onderzoek naar de meer eenvoudige elasticiteitsverschijnselen uit een wetenschappelijk oogpunt den voorrang verdient.



Door veerkracht verstaat men de eigenschap der lichamen weerstand te bieden aan krachten, welke verandering in volumen trachten te weeg te brengen. Wanneer men dus de kracht meet, welke noodig is om het lichaam eene bepaalde verandering in volumen te doen ondergaan, dan is die kracht de maat van den weerstand welke het lichaam aan die verandering bood.

Om de veerkracht der lichamen onderling te vergelijken heeft men de gewoonte langs empirischen weg een zekeren coefficient te bepalen, waarvan het gebruik in 1807 door Thomas Young in zijn „Lessons on natural philosophy” is voorgesteld, en tot het begrip waarvan hij gekomen was door combinatie der wetten voor de veerkracht, aan welke alle lichamen gelijkelijk gehoorzamen.

Heeft men namelijk eene staaf of draad van zekere zelfstandigheid aan het eene uiteinde bevestigd, en aan het andere uiteinde met een zeker gewicht  $P$ . belast, dat dus in de richting van de lengte werkt, dan heeft de ervaring geleerd dat de verlenging  $\delta$ , welke die staaf onder den invloed van het gewicht  $P$  ondergaat, uitgedrukt wordt door de formule

$$\delta = f. \frac{P. l.}{d} \dots\dots\dots \text{I.}$$

waarin de doorsnede van den draad voorgesteld wordt door  $d$ , de lengte door  $l$ , en waarin verder  $f$  een voor verschillende zelfstandigheden verschillende coëfficiënt is.

De bovenstaande formule drukt uit dat de verlenging rechtstreeks evenredig is aan de lengte en de belasting en omgekeerd evenredig aan de doorsnede. Verder heeft de ervaring geleerd dat de evenredigheid aan de belasting  $P$  slechts binnen zekere grenzen geldt. De beteekenis van den coëfficiënt  $f$  is uit de formule zeer licht op te maken. Stelt men namelijk voor  $P$  de gewichts-eenheid = 1 kilogram, voor de lengte van den staaf 1 meter, voor de doorsnede van den staaf 1 vierkanten millimeter dan wordt de verlenging

$$\delta_1 = f$$

Dus  $f$  stelt voor de verlenging welke een staaf van een meter lengte en van een vierkanten millimeter doorsnede ondergaat door eene belasting van een kilogram.

Nog eene andere beteekenis van  $f$  is uit de formule af te leiden door de verlenging  $\delta = l$  te stellen, en de doorsnede wederom gelijk een vierkanten millimeter te nemen. Alsdan wordt

$$f = \frac{1}{P_1} \text{ of}$$

$$P_1 = \frac{1}{f}$$

Het omgekeerde van den coefficient  $f$  stelt dus voor het gewicht waarmede men een staaf van één □ millimeter zoude moeten belasten om de staaf zoo dit physisch mogelijk ware tot op de dubbele lengte uit te rekken. Dit gewicht  $P_1$  is zeer groot, hetgeen men reeds hieruit zou kunnen afleiden dat de verlenging  $\delta_1 = f$  bovengenoemd, door een gewicht van één kilogram veroorzaakt gewoonlijk al zeer gering is.

De waarde  $\frac{1}{f}$  werd door Thomas Young de elasticiteits-coefficient of modulus van veerkracht genoemd, en wordt gewoonlijk door de letter  $E$  voorgesteld. Deze beteekenis is algemeen aangenomen, en men heeft getracht de waarde van dien coefficient voor de verschillende lichamen te bepalen, voor welke men tot op den tijd van Young slechts gewoon was de absolute sterkte te bepalen. Ik heb dezen coefficient bepaald voor eenige tropische houtsoorten, en wel volgens eene akustische methode, de eenige volgens welke het mij mogelijk was gebruik te maken van de kleine monsters van verschillende houtsoorten die te Haarlem in het Koloniaal Museum der Maatschappij van Nijverheid aanwezig zijn. Het werd mij door den Directeur van dat Museum, den Heer F. W. van Eeden, welwillend toegestaan van die monsters de kleine

staafjes af te zagen, welke ik voor dit doel noodig had.

Nog werden mij een dertigtal staafjes Teak- en Djatihout toegezonden door vriendelijke bemiddeling van den Heer Wijs, Ingenieur bij 's Rijks Marinewerf te Amsterdam. Het zestal monsters van Surinaamsche houtsoorten, ontving ik van den Heer J. J. van Waning, architect te Rotterdam, handelaar in Surinaamsch hout.

---

## HOOFDSTUK II.

---

### METHODE.

Elk verschijnsel waarbij de Elasticiteit eene rol speelt, geeft aanleiding tot eene methode ter bepaling van den elasticiteits-coëfficiënt. De keuze der methode hangt van bij-omstandigheden af, van de meerdere of mindere nauwkeurigheid welke men bereiken wil, van de hulpmiddelen, over welke men te beschikken heeft enz. Ook de aard en de afmetingen van de te onderzoeken stof hebben invloed op die keuze.

De eenvoudigste en door de definitie van den elasticiteits coëfficiënt in de eerste plaats aangewezen methode, is die waarbij men de verlenging meet welke eene staaf van bekende afmetingen ondergaat onder de werking van een gewicht werkende in de richting van de lengte. Uit de formule I op bladzijde 5 vinden wij voor de waarde van den elasticiteitsmodulus:

$$E = \frac{l}{f} = \frac{P \cdot l}{d \delta} \dots\dots\dots \text{II.}$$

Deze handelwijze wordt genoemd de methode door verlenging. Daar de verlenging omgekeerd evenredig is aan de doorsnede, en men om de grenzen binnen welke de wetten voor de elasticiteit gelden, niet te overschrijden, de belastingen niet te hoog mag opvoeren, zoo is het zaak de doorsnede zoo klein mogelijk te maken, ten einde een merkbare verlenging te verkrijgen. In dat geval is het zeer moeilijk de doorsnede nauwkeurig te meten, en eene geringe fout in die bepaling zal aanleiding geven tot eene groote fout in het eindresultaat. Aan de bepaling dier doorsnede wordt dan ook de uiterste zorg besteed, en gewoonlijk geschiedt het langs een omweg, door namelijk eene bepaalde lengte van den draad af te wegen, waardoor men behulp van het specifiek gewicht de doorsnede kan berekenen. Deze handelwijze is overigens alleen aan te bevelen voor lichamen welke men tot draad kan trekken, daar men slechts in dat geval op eene doorsnede mag rekenen, welke overal dezelfde is.

Eene andere methode, die door buiging, is toepasselijk daar waar het te onderzoeken lichaam van grootere afmetingen is. Hierbij is de staaf horizontaal geplaatst, aan de uiteinden vastgeklemd of ondersteund, en wordt de belasting zoo aangebracht dat zij werkt loodrecht op de richting van de lengte. Is de staaf aan de beide uiteinden ondersteund en in het midden met een gewicht

$P$  belast dan ondergaat de staaf eene doorbuiging, waarvan de pijl is <sup>1</sup>:

$$U = \frac{P a^3}{4 E b h^3} \dots\dots\dots \text{III.}$$

Deze formule geldt voor staven met rechthoekige doorsnede,  $a$  is de afstand tusschen de beide steunpunten  $b$  is de horizontale,  $h$  de verticale dwars-afmeting. Ceteris paribus is de doorbuiging omgekeerd evenredig aan den elasticiteits-coëfficient. Verder is de doorbuiging evenredig aan de derde macht van den afstand tusschen de steunpunten, omgekeerd evenredig aan de derde macht van de hoogte. Alleen bij lichamen van grootere afmetingen wordt deze methode gebruikt, daar anders de doorbuiging te gering wordt om nauwkeurig gemeten te kunnen worden.

Daar de elasticiteit ook eene rol speelt bij de akustische verschijnselen, zoo kunnen ook deze aangewend worden ter bepaling van den elasticiteits-coëfficient. De eenvoudigste akustische methode is wel die waarbij eene staaf in longitudinale of transversale trillingen wordt gebracht. De hoogte van den toon, dat is het aantal trillingen hetwelk eene staaf in de tijds-eenheid volbrengt, is behalve van de afmetingen ook afhankelijk van de

---

<sup>1</sup> Zie bijv. J. P. Delprat. Over den weerstand van balken en ijzeren staven pag. 21.

veerkracht. Reeds Poisson heeft deze methode als eene zeer nauwkeurige aanbevolen. Hij zegt <sup>1</sup> „Puisqu'on peut apprécier avec une très-grande précision les tons rendus par des verges élastiques vibrantes, il en résulte un moyen de déterminer la rigidité des différentes matières et d'en conclure leur résistance à la flexion ou à l'extension.”

Ook Weber <sup>2</sup> maakt er op opmerkzaam dat het gehoor in vele gevallen, waar het geldt de bepaling van zekere eigenschappen en krachten der lichamen, zooals cohaesie, zamendrukbaarheid, rekbaarheid, uitzetting door warmte, in de plaats van het gezicht bij het onderzoek kan treden, daar het hier dikwijls geschiktere wegen voor nauwkeurige meting aanbiedt, dan het gezicht.

Weber verzekert uit ondervinding dat het oor fijn genoeg hoort om onder gunstige omstandigheden de toonhoogte zoo te bepalen dat de fout op 200 trillingen niet meer dan eene bedraagt, en evenzoo als men het oog door middel van den nonius, de mikrometerschroef enz. kan te hulp komen, en daarmede nog veel nauwkeuriger meting kan volbrengen, zoo zijn er ook methoden bij de bepaling van de toonhoogte welke op eene

---

<sup>1</sup> Poisson. Note sur les vibrations des corps Sonores. Ann. de Ch. et de Phys. 2<sup>me</sup>. Série XXXVI pag. 92.

<sup>2</sup> W. Weber. Poggendorff's Annalen XIV pag 397.



dergelijke wijze de telling der trillingen door de hoogte der tonen zoo volmaken, dat men onder gunstige omstandigheden op 1000 trillingen niet meer dan eene kan dwalen.

Weber heeft hier het oog op de zwevingen welke men waarneemt, wanneer twee tonen, welke nagenoeg unisono zijn, gelijktijdig worden voortgebracht, en welke men, indien zij zoo snel op elkander volgen dat het gehoor ze niet meer kan onderscheiden, volgens Helmholtz <sup>1</sup> als dissonant waarneemt. Deze zwevingen doen nu denzelfden dienst voor het oor als de nonius voor het oog. Door den nonius wordt dezelfde lengte tweemaal in gelijke deelen verdeeld, zoo, dat deze bij de tweede verdeling eene onderafdeeling meer telt dan bij de eerste. Door de trillingen van twee lichamen, welke zwevingen te weeg brengen, wordt eene en dezelfde tijdruimte tweemaal in gelijke deelen verdeeld, zoo, dat de eene afdeeling eene onderafdeeling meer telt dan de andere. Even als men nu bij den nonius het samenvallen van twee deelstrepen waarneemt, zoo neemt men het samenvallen van twee trillingen als zweving waar.

De tweede door Weber ter ondersteuning van het oor bij de vergelijking van twee tonen aangewende methode

---

<sup>1</sup> Helmholtz. Die physiologischen Ursachen der musikalischen Harmonie. Populäre wissenschaftliche Vorträge 1tes Heft. pag. 87.

bestaat hierin dat hij den toon welke hij bepalen wil op dubbele wijze in overeenstemming met een anderen toon brengt, eerst door verhooging, dan door verlaging van dien tweeden toon, en aan beide kanten de grenzen bepaalt, waar het oor het verschil van beide tonen begint waar te nemen <sup>1</sup>.

Bij homogene lichamen is het onverschillig of men ter bepaling der elasticiteit gebruik maakt van longitudinale of van transversale trillingen. Dezelfde elasticiteit treedt bij beide verschijnselen in werking. De keuze der methode wordt dus ook hier beslist door bijomstandigheden.

Om eenigszins waarneembare longitudinale tonen voort te brengen moeten de staven eene betrekkelijk groote lengte hebben, veel grooter dan ik mij kon verschaffen, zoodat mij slechts de methode door transversale trillingen overbleef.

Een staafje nu kan op zes verschillende wijzen in transversale trilling worden gebracht, welke zes gevallen Chladni in zijne Akustik pag. 95 heeft opgenoemd. Den uiteinde der staaf kunnen namelijk 1<sup>e</sup> *beiden vast*, of 2<sup>e</sup> *beiden vrij*; het eene uiteinde kan *vast* en het andere 3<sup>e</sup> *vrij* zijn, of 4<sup>e</sup> ergens tegen *aangedrukt* (angestemmt) zijn, of beide uiteinden kunnen 5<sup>e</sup> *aangedrukt* zijn of 6<sup>e</sup> kan

---

<sup>1</sup> Zie Fechner's Repertorium der Physik. I pg. 259.

het eene uiteinde *vrij* het andere slechts *aangedrukt* zijn. De hoogte van den transversaaltoon is voor vier der zes bovengenoemde gevallen verschillend.

Ik bracht de staafjes zoo in trilling dat beide uiteinden geheel vrij waren. In dat geval vormen zich twee knooplijnen op een afstand van de beide uiteinden gelijk aan 0,2262 maal de lengte. Men kan nu, daar deze knooplijnen plaatsen zijn waar de deeltjes van de staaf in rust zijn, de staaf bij de knooplijnen vastklemmen of vasthouden, zonder in den trillingstoestand eenige verandering te brengen.

Chladni hield de staaf, welke hij onderzoeken wilde, tusschen duim en tweeden vinger; ook beveelt hij aan, zooals Faraday en Strehlke ook aangeven <sup>1</sup>, de staaf in de twee knooplijnen, op niet te harde steunpunten — twee prismatische stukken hout met leder, laken of ineengedraaid papier bedekt — eenvoudig neer te leggen of desnoods met draden vast te binden. Weber klemde zijne staven tusschen twee spitsen vast, na de ligging der knooplijnen á priori berekend te hebben; hij verzekert dat wanneer hij eene aldus bevestigde staaf aansloeg of aanstreek, de staaf even goed en even lang trilde als eene stemvork. Dit laatste is slechts het geval voor

---

<sup>1</sup> Zie Bindseil. Akustik pg. 165.

metalen en glazen staven. Houten staven klinken niet door <sup>1</sup>.

Ik volgde deze methode van Weber in zooverre dat ik mijne staafjes in de eene knooplijn tusschen twee stelschroeven met spitsen punt vastklemde, terwijl het met de andere knooplijn rustte op een strak gespannen koordje. Bij aldus bevestigde metalen staven merkte ik even als Weber op dat de toon rein en lang door klonk. Dit koordje was uitgespannen in een stoeltje hetwelk kon verschoven worden in eene geleiding, zoodat ik voor alle lengten hetzelfde eenvoudige toestelletje kon gebruiken.

De juiste plaats waar de staafjes moeten worden vastgeklemd vindt men door daar waar zich ongeveer de knooplijnen moeten vormen, eenig fijn zand te strooien; wanneer men de staaf met den strijkstok aanstrijkt vormt zich onmiddelijk eene nette knooplijn, bij het losse uiteinde, ook al is de staaf juist niet nauwkeurig in de andere knooplijn vastgeklemd. Klemt men nu de staaf in de aldus gevondene knooplijn vast, dan kan men op dergelijke wijze ook de andere knooplijn vinden. De toon welke hierbij ontstaat is die welken men bepalen moet. Het is zaak om steeds door de knooplijnen te controleeren of men den juistten toon heeft.

De hoogte van den toon werd bepaald met behulp

---

<sup>1</sup> Zie pg. 29.

van den sonometer. Aanvankelijk de snaar van den sonometer telkens zoodanig spannende, dat eene lengte van 500 millimeter van die snaar unisono klonk met eene  $Ut_3$  stemvork van Rudolph Koenig te Parijs à 256 vibraties in de seconde, hetwelk een grooter gemak in de berekening aanbracht, merkte ik naderhand op dat het in de praktijk veel nauwkeuriger en gemakkelijker was de spanning onveranderd te laten en telkens de lengte van de snaar te bepalen, welke overeenkwam met de  $Ut_3$  vork. Dit was altijd, dank zij de zwevingen, welke hier duidelijk waarneembaar waren, nauwkeurig te doen. Daar deze lengte in den loop van den dag wel drie à vier millimeter varieerde heb ik die lengte bij elk staafje, waarvan ik de toonhoogte bepaalde, meerdere malen gemeten. Het bepalen van de toonhoogte van elk staafje geschiedde ongeveer acht à tien malen waarbij telkens het staafje werd afgenomen en in de andere knooplijn vastgeklemd.

De tonen waren bij de meeste staafjes zeer duidelijk en gemakkelijk op den sonometer weer te vinden. De afwijkingen waren dan ook voor hetzelfde staafje zeer gering, en beliepen zelden meer dan een millimeter op den sonometer, waarvan onderdeelen moesten geschat worden. Slechts in enkele gevallen, waar het hout weinig homogeen en warrig of kwasterig was, of waar golvende jaarringen aanwezig waren, was de toon minder

gemakkelijk te vinden, en soms wilden zich zelfs geen knooplijnen vormen. In dat geval liet ik de staven met meerdere knooplijnen trillen, dat wil zeggen, ik bepaalde een der boventonen.

Aanvankelijk was ik van plan geweest den elasticiteits-coëfficient met behulp van den grondtoon en van de boventonen te bepalen, doch de verhouding van die boventonen tot den grondtoon week zoo sterk af van de door de theorie aangegevene, dat ik dit voornemen liet varen, en ik mij dus slechts hield bij den elasticiteits-coëfficient gevonden met behulp van den grondtoon.

Zoo vond ik bij vijf verschillende staafjes voor den grond en eersten boventoon het volgende:

TABEL I.

Verhouding tusschen grondtoon en eersten boventoon.

<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	$n_2$	$n_3$	$n_3 : n_2$	Gemiddeld.	Volgens de theorie.
400,5	19,67	9,490	195,7	534,6	2,7317	2,7308	2,7565
249,01	14,41	6,516	348,9	947,4	2,7154		
199,65	14,35	6,415	543,5	1486,9	2,7357		
218,3	8,695	4,336	400,3	1093,0	2,7323		
180,3	14,725	4,220	523,0	1433,3	2,7390		

In deze tabel stellen voor: *l*, *b* en *h* de lengte, breedte en hoogte der staafjes in millimeters, en  $n_2$  en  $n_3$  het aantal trillingen welke die staafjes, transversaal trillende,

volbrengen in ééne seconde, respectievelijk met vorming van twee en drie knooplijnen.

Men ziet dat de gevonden verhoudingen steeds kleiner zijn dan die door de theorie is aangegeven. Voor zooverre mij bekend is, zijn ter bepaling van deze en dergelijke verhoudingen bij transversaal-trillingen van staven geene andere onderzoekingen gedaan dan door Chladni <sup>1</sup>. Deze vond dat van een staaf met vrije uiteinden de grondtoon *g*'s zijnde, de eerste boventoon was  $\bar{a}$ , hetwelk overeenkomt met eene verhouding  $4 \times \frac{9}{8} : \frac{25}{16} = 2,88$ , welke verhouding door Wüllner <sup>2</sup> „fast genau gleich” aan de door de theorie vereischte wordt genoemd.

Daar ik dus van de boventonen geen gebruik wenschte te maken, en toch gaarne den elasticiteits-coëfficient uit meer dan een gegeven wenschte te bepalen, zoo liet ik meestal in het vervolg de staafjes ongeveer vierkant maken, en bepaalde ik de toonhoogte wanneer het staafje trilde in de richting der hoogte en in de richting der breedte. De afmetingen en het gewicht van het staafje dezelfde blijvende, moeten de aldus bepaalde toonhoogten tot elkander staan in de omgekeerde reden van hoogte en breedte, en moet de berekening van den elasticiteits-

---

<sup>1</sup> Chladni, Akustik pag. 94. e. v. — Bindseil, Akustik pag. 161.

<sup>2</sup> Wüllner, Experimentalphysik 3e Ausgabe. I. pag. 599.

coëfficiënt met behulp van deze toonhoogten in beide gevallen dezelfde waarden opleveren. Al heeft zelfs ook al eene staaf in de richting der dikte en der breedte ongelijke elasticiteit, dan moet die verhouding toch blijven bestaan, daar, volgens Cauchy <sup>1</sup>, het trillingsgetal slechts afhankelijk is van de elasticiteit in de richting van de lengte der staaf. Cauchy voegt er bij dat Savart dit reeds van te voren experimenteel bevestigd had.

Niettemin schijnen Chevandier en Wertheim <sup>2</sup> dit te betwijfelen waar zij zeggen „Nous devons faire remarquer que les substances homogènes seules rendent toujours le même son lorsque l'on fait vibrer transversalement un barreau carré, soit dans le sens de la largeur, soit dans celui de son épaisseur, tandis qu'il n'en est pas de même pour les bois.” Hoe dit ook zij, de gevondene verschillen waren bij hen zoo gering dat het gemiddelde als ware coëfficiënt van veerkracht kon aangenomen worden.

De lage transversaaltonen zijn op den sonometer moeilijk weer te vinden, daar die tonen, door houten staafjes voortgebracht, meestal onzuiver zijn. Hooge tonen laten zich zeer gemakkelijk weer vinden, doch bij dezen ver-

---

<sup>1</sup> Cauchy, Exercices de Mathématiques. IV. pag. 99.

<sup>2</sup> Chevandier et Wertheim. Mémoire sur les propriétés mécaniques du bois. pag. 26.



valt men weer in een ander kwaad, namelijk de groote invloed van de eigene stijfheid van de snaar. Wanneer ik zeer hooge tonen moest bepalen, nam ik derhalve gewoonlijk mijne toevlucht tot het lager octaaf, of soms ook wel tot het tweemaal lager octaaf, waardoor de invloed van de stijfheid van de snaar vermeden werd. Waar zulks mogelijk was, liet ik de staafjes van zoodanige afmetingen maken dat de toon begrensd bleef tusschen  $Ut_3$  en  $Ut_6$ .

---

### HOOFDSTUK III.

---

#### DE DYNAMISCHE EN DE STATISCHE ELASTICITEITS COEFFICIENT.

De eerste vraag, welke zich bij de aanwending der akustische methode ter bepaling van elasticiteits-coëfficiënten voordoet is deze: Is de aldus gevonden coëfficiënt gelijk aan dien, welken men langs anderen weg, door buiging of door verlenging, verkregen zoude hebben?

De wijze waarop zich eene elastische staaf onder den invloed van uitwendige krachten, zoowel in den toestand van evenwicht als in dien van beweging gedraagt, is reeds sinds lang theoretisch nagegaan, en het onderwerp der onderzoekingen geweest van de meest uitstekende mathematici als Navier, Euler, Bernouilli, Cauchy, Poisson, Seebeck en anderen. Uitgaande van de moleculaire werkingen komen deze langs verschillende wegen tot in hoofdzaak overeenstemmende resultaten. Deze overeenkomst, gevoegd bij de overweging dat de wetten van het evenwicht en

voor de beweging van de elastische staaf uit dezelfde onderstelling, met dezelfde definitie van den elasticiteitsmodulus worden afgeleid, zoodat de vergelijkingen voor 't evenwicht uit de bewegings-vergelijkingen terstond gevonden worden <sup>1</sup> door de bewegingskrachten = 0 te stellen, dat alles mag ons doen verwachten dat de langs dynamischen en de langs statischen weg gevondene waarden van den elasticiteits-coefficient volkomen zullen overeenstemmen.

Doch de theorie wikt, maar het experiment beslist.

Wertheim <sup>2</sup> is de eerste geweest, die de verschillende methoden onderling vergeleken heeft, en hij kwam tot het merkwaardige resultaat, dat bij homogene lichamen de elasticiteits-coefficient, gevonden door middel van longitudinale of transversale trillingen, vrij wel dezelfde was, doch steeds grooter dan die door verlenging of door buiging bepaald. Bij al zijne verdere onderzoekingen heeft hij hetzelfde bevestigd gevonden. Zoo vindt hij bij de enkelvoudige metalen voor de elasticiteits-coefficienten de volgende waarden:

---

<sup>1</sup> Zie Clebsch, Theorie der Elasticiteit fester Körper. pg. 242.

<sup>2</sup> G. Wertheim. Recherches sur l'élasticité. Annales de chimie et de Physique. 3me Série. T. XII.

	$E_l$	$E_t$	$E_v$	$\frac{2E_v}{E_l + E_t}$	$E_l$ door longitudinale, $E_t$ door transversale trillingen, $E_v$ door verlenging bepaalde elasticiteits-coëfficiënten.
Lood gegoten	1993,4	1985,2	1775,	1,1203	
„ getrokken	2278,	1781,2	1803,	1,1257	
„ gegloeid	2146,	1854,2	1727,5	1,1578	
Goud getrokken	8599,	8644,6	8131,5	1,0603	
„ gegloeid	6372,	5989,	5584,6	1,1328	
Zilver getrokken	7576,	7820,	7357,7	1,0463	
„ gegloeid	7242,	7533,	7160,5	1,0346	
Koper getrokken	12536,	12513,	12449,	1,0061	
„ gegloeid	12540,	11833,	10519,	1,1585	
Platina draad	17165,	17153,	17044,	1,0067	
„ gegloeid	15611,	15355,	15518,	1,0022	

enz.

Alleen bij ijzer vindt hij geene, of tegengestelde afwijkingen.

Ook bij zijne onderzoekingen over de alliages en over glas, alsmede bij zijne in vereeniging met Chevandier ingestelde onderzoekingen naar de mechanische eigenschappen van hout, vindt hij steeds een dergelijk verschil.

Zoo geven Chevandier en Wertheim <sup>1</sup> voor verschillende houtsoorten de volgende verhoudingen tusschen den dynamischen en den statischen elasticiteits-coëfficiënt.

Acacia . . . . .	1,193
Den (Pinus abies) . . . . .	1,056
Haagbeuk . . . . .	1,105
Berk . . . . .	1,212

<sup>1</sup> Chevandier et Wertheim. Mémoire etc. pg. 63.

Beuk.. . . . .	1,087
Wintereik. . . . .	1,117
Wilde pijn (Pinus Sylvestris)	1,086
Olm. . . . .	1,175
Eschdoorn. . . . .	1,139
Esch. . . . .	1,246
Elz. . . . .	1,035
Ahorn. . . . .	1,068
Populier . . . . .	1,007
<hr/>	
Gemiddeld . . . . .	1,118

Wertheim meende dit verschil te moeten toeschrijven aan de warmte welke gedurende de trillende beweging in het lichaam wordt ontwikkeld, welke warmte eene versnelling in de voortplanting van het geluid zoude te weeg brengen. Zelfs trachtte hij met behulp van beide aldus gevondene elasticiteits-coëfficiënten de verhouding te bepalen tusschen de specifieke warmte bij constante drukking en bij constant volumen; even als zulks voor gassen volgens eene welbekende methode geschiedt. Hij is zelf niet zeer tevreden met de aldus door hem gevondene resultaten, want wederom uit deze getallen de capaciteit bij constant volume berekenende, en die waarde vermenigvuldigende met de atoomgewichten, welk product volgens de wet van Dulong en Petit voor alle lichamen hetzelfde moet wezen, verkreeg hij aanmer-

kelijk verschillende uitkomsten. Het schijnt dus, zegt hij, dat de door onze handelwijze verkregene snelheden van het geluid nog niet nauwkeurig genoeg zijn; daartoe zoude men met zulke lange staven moeten experimenteren, dat men gemakkelijk de longitudinale trillingen zou kunnen bepalen.

Deze berekening kon de aandacht van Clausius <sup>1</sup> niet ontgaan. In de eerste plaats bracht Clausius dit tegen de Wertheimsche verklaring in, dat eene verwarming van vaste of vloeibare lichamen bij samendrukking, hoewel waarschijnlijk, toch nog niet proefondervindelijk was aangetoond, en dat uit proeven van Regnault gebleken was dat water, bij eene plotselinge samendrukking met een kracht van 10 atmosfeeren, niet  $\frac{1}{50}$  graad Celsius verwarmd wordt, zoodat de verwarming dan toch zoo gering zoude zijn, dat men voor de verhouding dier specifieke warmten veel geringere waarden als voor lucht moet verwachten. Verder toont hij aan dat de door Wertheim ter berekening van die verhouding gebruikte formule <sup>2</sup> niet voor zijn geval gold, daar die formule betrekking had op bolvormige voortplanting der trillingen in een vast lichaam, terwijl het in zijn geval te doen

---

<sup>1</sup> Clausius, über die Veränderungen etc. Poggendorff. LXXVI. pag. 46.

<sup>2</sup> De formule gegeven door Duhamel in het Journal de l'École polytechnique, Cahier XXV. pag. 19.

was om eene lineaire voortplanting langs eene betrekkelijk dunne staaf. Daarvoor geeft Clausius eene andere formule, en de door Wertheim gevondene waarden invoerende, verkrijgt hij getallen voor de gezochte verhouding, van welke verscheidene terstond moeten verworpen worden, terwijl voor glas en lood die verhouding zelfs negatief wordt.

Daar deze verklaring van Wertheim dus onvoldoende geacht moest worden, zocht Clausius naar eene andere, en vond deze ook in een door W. Weber <sup>1</sup> in 1835 ontdekt verschijnsel, namelijk in de *elastische narwerking*.

Wanneer men eene staaf van eene zekere stof met een gewicht belast, 't zij dit werkt in de richting van de lengte of loodrecht daarop dan zal die staaf eene uitrekking of buiging ondergaan. Deze uitrekking bestaat uit drie deelen. In de eerste plaats ondergaat de staaf eene uitrekking, welke na wegneming van het gewicht blijft. Dit is de blijvende of permanente verlenging, welke zelfs, hoewel dan bijna onmeetbaar, door de geringste belastingen veroorzaakt wordt.

Ten tweede ondergaat de staaf eene uitrekking welke terstond verdwijnt wanneer de belasting wordt weggenomen. Dit noemt Weber de „*Elastische werking*”. Deze blijft steeds evenredig aan de belasting, hoe groot deze

---

<sup>1</sup> W. Weber. Göttinger gelehrte Anzeigen. 1835. St. 8.

ook moge wezen. Gewoonlijk worden blijvende en elastische verlenging als een geheel waargenomen, en daar de blijvende verlenging sterker toeneemt dan de belasting zoo zullen ook de uit deze samengestelde verlenging berekende elasticiteits-coëfficiënten in de eerste plaats kleiner zijn dan die, welke uit de zuivere elastische verlenging berekend zijn, en vervolgens zullen zij met toeneemende belasting steeds kleiner worden, zoodat het zal schijnen alsof de veerkracht minder wordt. Wertheim berekende al zijne elasticiteits-coëfficiënten slechts met behulp van de zuivere elastische verlenging. Hierdoor vervalt de uitlegging welke men geneigd zoude zijn te geven van het opgemerkte verschil tusschen den dynamischen en den statischen elasticiteits-coëfficiënt, namelijk dat de eerstgenoemde coëfficiënt de maat zoude wezen van de veerkracht, welke nog niet door meerdere of mindere belastingen was verminderd; de maat dus van de *ongerepte* veerkracht.

Bij de blijvende en de elastische, ondergaat de staaf nog eene derde verlenging, welke langzaam met den tijd toeneemt. Na wegneming der belasting verdwijnt terstond de elastische verlenging, ook de derde verdwijnt, doch zeer langzaam, totdat ten slotte niets meer overblijft dan de eerstgenoemde, de permanente verlenging.

Deze derde uitwerking is nu wat Weber de elastische nawerking noemt. Bij sommige lichamen is zij zeer snel



afgeloopen, zoo bijv. bij de metalen in eene halve secunde, terwijl bij andere lichamen, vooral bij organische, nog na 24 uur nawerking is te bespeuren. Zij wordt dan ook meestal op deze laatsten bestudeerd.

Hoewel reeds in 1835 ontdekt, weet men nog zeer weinig van dit verschijnsel af. In den laatsten tijd is de studie er van wederom opgevat, en mannen als Kohlrausch en Boltzmann wijden aan dit onderzoek hunne krachten. Doch zelfs nog zeer kort geleden (1876) verklaart de eerste <sup>1</sup>, dat de elastische nawerking tot nog toe geene bevredigende physische verklaring heeft gevonden, en dat de verschijnselen der elastische nawerking zeer zeker veranderingen zullen te weeg brengen in de onderstellingen, welke aan de tegenwoordige elasticiteits-theorie ten gronde liggen.

Hoewel dus zelve nog niet verklaard, kan de elastische nawerking toch strekken ter verklaring van eenige andere verschijnselen. Zoo schrijft Weber de snelle afname der amplitudines van trillende lichamen aan de elastische nawerking toe, en beschouwt hij deze snelle afneming zelve als oorzaak van de „Tonunfähigkeit” van vele lichamen.

Ook ter verklaring van het door Wertheim waargenomen verschil tusschen de beide elasticiteits-coëfficiënten

---

<sup>1</sup> Pogg. CLVIII. pag. 337.

wordt de elastische nawerking door Clausius te hulp geroepen. Het is toch duidelijk dat in den uiterst korten tijd, waarin eene trilling volbracht wordt de elastische nawerking niet in werking kan treden, terwijl bij belasting-proeven daartoe ruimschoots tijd is. Gewoonlijk laat men bij deze laatsten altijd eenige minuten verloopen voor men de uitrekking waarneemt, zoodat dan reeds het grootste deel van de elastische nawerking is volbracht. Hieruit volgt dat die waargenomene uitrekking eigenlijk te groot is, en dus de daarmede berekende elasticiteits-coëfficiënt te klein. Wel is waar zal men, waar men den elasticiteits-coëfficiënt voor praktische doeleinden noodig heeft, zooals bij de berekening van bruggen enz: zich steeds moeten bedienen van den statischen elasticiteitsmodulus, doch in wetenschappelijken zin is de dynamische coëfficiënt de belangrijkste, als zijnde, vrij van alle vreemde bijmengselen, de ware maat van de veerkracht.

Ook Kohlrausch <sup>1</sup> is van oordeel dat beide coëfficiënten van elkander moeten onderscheiden worden waar hij zegt: „Jedenfalls aber hat es. . . gar keinen Sinn mehr von einem Elasticitätsmodul schlechthin zu reden, denn derselbe wird, aus Schwingungen bestimmt, das mehrfache von der Zahl betragen, welche man durch dauernde Belastungen erhält.”

---

<sup>1</sup> Pogg. CLVIII. pag. 364.

De beroemde Petersburger experimenten van Kupffer werden ook langs dynamischen weg ingesteld, en wel opzettelijk om de zuivere elasticiteits-coëfficiënten, vrij van elastische nawerking, te verkrijgen. <sup>1</sup>

Omtrent den samenhang tusschen beide coëfficiënten is overigens, behalve de onderzoekingen van Wertheim weinig bekend, en nog altijd blijven de woorden van kracht, waarmede Clausius zijne in 1848 naar aanleiding van Wertheims resultaten geschrevene behandeling besluit:

Jedenfalls sieht man aus diesen Thatsachen dass die „Theorie der Elasticität noch durchaus nicht als abgeschlossen zu betrachten ist, und es wäre zu wünschen „dass recht viel Physiker sich mit diesem Gegenstande „beschäftigten, um durch vermehrte Beobachtungen die „sichere Grundlage zu einer erweiterten Theorie zu „schaffen. Dabei würde es von besonderem Interesse sein, „wenn nicht nur über den Gleichgewichts-Zustand ähnliche „Versuchen wie der des Herrn Wertheim unter möglichst „veränderten Umständen angestellt, sondern auch die „Schwingungsgesetzen entscheidenden Prüfungen unterworfen würden, indem nicht ohne Weiteres angenommen „werden darf, dass diese ebenso van den bisherigen „Formeln abweichen, wie die Gleichgewichtsgesetze.“

<sup>1</sup> Zie o. a. Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de St. Petersburg. 6<sup>me</sup> Serie. Sciences math. et Phys: Tome. VI. pag. 399.

---

## HOOFDSTUK IV.

---

### MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN VAN HET HOUT.

Alvorens over te gaan tot de bespreking der onderzochte houtsoorten, en tot de mededeeling der verkregene resultaten, is het noodig na te gaan in hoeverre men uit de gevondene elasticiteits-coëfficiënten van eenige staafjes, verkregen van een blokje van geringe afmetingen, hoogstens drie decimeter lang, bij eene hoogte en breedte van circa twee decimeter, mag besluiten tot de elasticiteit van den geheelen stam, en tot die van de geheele soort. Wij dienen dus eerst het antwoord te weten op de vraag: varieeren de mechanische eigenschappen in den stam zelve, varieeren ze voor verschillende individu's, kunnen zij ook nog wijzigingen ondergaan door andere dan individueele omstandigheden? Voor eene juiste beantwoording dier vragen zou zoodanig onderzoek op de onderzochte houtsoorten zelve moeten geschieden. Doch daar dit voor 't oogenblik onmogelijk is, zoo is het het beste de voor andere houtsoorten gevondene re-

gels toe te passen op de onderzochte Oost- en West-Indische, en dus aan te nemen, dat de mechanische eigenschappen bij dezen en genen dezelfde wetten volgen.

Het eenige onderzoek, ingesteld om het antwoord op de bovengestelde en meer dergelijke vragen te bekomen, is dat van Chevandier en Wertheim <sup>1</sup>.

Had Wertheim reeds bij zijne onderzoekingen naar de elasticiteit der metalen kunnen opmerken, hoezeer die lichamen, naar gelang van hunne bereidingswijze en van hunne zuiverheid, en onder den invloed van andere omstandigheden een verschillendèn graad van veerkracht kunnen hebben, hoeveel te meer was zoodanig eene afwijking niet te verwachten bij eene stof als hout. Hout immers is eene stof van organischen oorsprong, waar reeds onregelmatigheid in den groei, verandering in de breedte en in den loop der jaarringen, en nog meer oorzaken, welke zich zelfs niet laten aanwijzen, samenwerken, om zelfs individu's van dezelfde soort, onder zooveel mogelijk dezelfde omstandigheden opgegroeid, ten opzichte hunner mechanische eigenschappen te doen verschillen.

Om dus de wetten te ontdekken, volgens welke die eigenschappen in een individu veranderen, was het noodig hun gang bij verschillende stammen, welke

---

<sup>1</sup> Chevandier et Wertheim. Mémoire sur les propriétés mécaniques du bois. Paris. 1848. — Comptes rendus. T. 23. pag. 663.

onder zooveel mogelijk gelijke omstandigheden opgegroeid en geveld waren, na te gaan. Daar Chevandier en Wertheim zich nog verder voorstelden de vraag te beantwoorden, welken invloed de plaats van afkomst, de plaatsing der stammen op dat terrein, orientatie, enz. op de deugdzaamheid der stammen uitoefenen, zoo kan men nagaan welk een arbeid Chevandier en Wertheim met dit onderzoek ondernomen en volbracht hebben.

In de geschriften hunner voorgangers is overigens wel het een en ander te vinden, hetwelk hierop betrekking heeft. In het historisch overzicht, dat zij aan het begin hunner verhandeling geven, deelen zij de resultaten, door andere onderzoekers verkregen, mede, als eerste antwoord op de vragen, welke zij zich te beantwoorden voorstelden, en juist de weinige overeenstemming in die resultaten, gaf hun aanleiding tot het onderzoek in die richting.

Zoo vindt Musschenbroek, dat in 't algemeen het hout in het hart het minst sterke is. Evenzoo Dr. Robinson<sup>1</sup>, terwijl deze nog vindt, dat het hout onmiddellijk aan den omtrek gelegen, dus het spint, wederom minder sterk was dan het meer naar binnen gelegene, zoodat het hout van de grootste sterkte gevonden wordt tusschen centrum en spint. Barlow vindt uit zijne on-

---

<sup>1</sup> Zie het artikel „Strength” in de Encyclopaedia Britannica.”

derzoekingen, hoewel deze niet opzettelijk in deze richting ondernomen waren, dat het zwaarste hout het sterkste was, en dat dit in het algemeen het geval was met die deelen, welke het dichtst bij het centrum en het meest nabij den wortel gelegen waren, dus met het oudste hout. Girard is van dezelfde meening, welke geheel tegenover die van Musschenbroek en Dr. Robison staat. Ook Buffon vindt dat de cohaesie het grootst is nabij het centrum, doch dat deze regel ophoudt waar te zijn voor boomen ouder dan 100 á 110 jaar.

Barlow<sup>1</sup> tracht deze tegenstrijdige resultaten in overeenstemming te brengen door aan te nemen, dat zeer veel afhangt van den ouderdom van den stam, en van den grond, waarin de boom is opgegroeid. Wanneer de boom in zijn groei is, is het laatstgevormde hout, dat zijn de buitenste deelen, waarschijnlijk minder sterk dan het hout uit het hart; doch, wanneer een boom vollen wasdom heeft bereikt, en langzamerhand vervalt, kunnen de omstandigheden omgekeerd worden, zoodat de buitenste houtlagen harder, zwaarder en sterker worden, terwijl de centrale deelen reeds beginnen te vergaan. Barlow tracht dan ook te bewijzen, dat het hout van Dr. Robison en dat van Musschenbroek van oude boomen moet afkomstig geweest zijn, daar de balken

---

<sup>1</sup> Barlow. Strengh of materials. 6<sup>th</sup> Edition. pag. 3.

van Dr. Robison van zeer groote afmetingen en die van Musschenbroek zeer vele in aantal zijn geweest.

Overigens hadden de proeven van Buffon, Robison en Musschenbroek slechts betrekking op den absoluten samenhang of cohaesie.

De proeven van Musschenbroek <sup>1</sup> en die van Buffon <sup>2</sup>, (deze laatsten alleen op eikenhout genomen) munten uit door hunne nauwkeurigheid, om welke reden hunne getallen dan ook nog steeds hunne plaats vinden in de verschillende handboeken over den weerstand der bouwstoffen, doch slechts zelden naast elkander. Zoo neemt Barlow <sup>3</sup> de getallen van Buffon in hun geheel over, en herleidt ze zelfs ten gerieve van den Engelschen ingenieur in Engelsche maat en gewicht, terwijl hij zegt in die van Musschenbroek weinig vertrouwen te stellen. Anderson daarentegen gebruikt in zijn „Strength of Materials” <sup>4</sup> hoofdzakelijk de getallen van Musschenbroek. Generaal J. P. Delprat <sup>5</sup> zegt van de proeven van Buffon: „die proeven missen alzoo de vereischten om tot toepassing te kunnen dienen”, op grond hiervan, dat die proeven te snel aflieden, zoodat soms binnen een vierde uurs de belas-

<sup>1</sup> Musschenbroek. *Introductio ad philosophiam naturalem*. I.

<sup>2</sup> *Oeuvres de Buffon*. Tom. X.

<sup>3</sup> l. c pag. 55.

<sup>4</sup> *Textboek of Science*. London. Longmans, Green and Co. 1874. pag. 113.

<sup>5</sup> J. P. Delprat. *Over den weerstand van balken en ijzeren staven*. 2<sup>e</sup> druk pag. 4.



tingen van 0 tot op 8000 kilogram werden gebracht, waardoor de gevonden brekingsgewichten, die welke men zou gevonden hebben wanneer men de balken langer en met minder gewicht had belast, waarschijnlijk ver overtreffen.

Nadat Young in 1807 den elasticiteitsmodulus had ingevoerd, werden de proeven meer met het oog op de veerkracht ingericht. De meest bekenden zijn die van Girard, Bélidor, Barlow, Dupin, Savart enz., doch geene van deze onderzoekingen was zoo uitgebreid als de bovengenoemde van Chevandier en Wertheim, van wier algemeene resultaten nu een kort verslag volgt.

De methoden ter bepaling van den elasticiteits-coëfficient door Chevandier en Wertheim gevolgd waren die door directe belasting van staven in de richting der lengte, die door buiging, en de akustische, door de bepaling van de toonhoogte van den longitudinaal- of transversaaltoon.

Ook hierbij vinden zij, dat elke verlenging uit eene blijvende en eene elastische bestaat. Van elastische naverking maken zij geene melding. De elastische verlenging blijft vrij wel evenredig aan de belasting tot zelfs op het oogenblik van breking. Berekent men de elasticiteits-coëfficienten uit deze elastische doorbuigingen of verlengingen alleen, dan zullen de zoo berekende waarden onderling niet veel afwijken. Deze

handelwijze is te verkiezen boven de gewone, welke meestal door ingenieurs gevolgd wordt, waarbij men de totale doorbuiging of verlenging waarneemt, doch waarbij men zich dan slechts bepaalt tot zulke geringe belastingen, die geene of zeer geringe permanente doorbuiging of verlenging te weeg brengen. Niet alleen verkrijgt men bij de Wertheimsche methode eene grootere reeks waarnemingen, doch ook de waarnemingen kunnen nauwkeuriger zijn, daar de te meten grootheden, de elastische verlengingen, zelve grooter zijn.

Dat elke belasting eene blijvende doorbuiging veroorzaakt, is ook door Wertheim <sup>1</sup> waargenomen bij zijne onderzoekingen naar de veerkracht der metalen, als ook door Hodgkinson <sup>2</sup> en door Beise. <sup>3</sup>

Dat zelfs de geringste belasting eene blijvende verandering in een lichaam teweeg brengt geeft Voigt <sup>4</sup> aanleiding tot den volgenden uitroep:

„Es liegt eine gewisse Poesie darin, dass die Spur einer  
„einmal in dem harmonischen Gefüge verursachten Un-  
„regelmässigkeit niemals wieder vernichtet werden kann.

---

<sup>1</sup> Wertheim. Recherches sur l'élasticité des métaux. Ann. de Chim. et de Phys. 3me Sér. T. XII pag. 403.

<sup>2</sup> Report of the British association for 1844.

<sup>3</sup> Beise. Crelle's Journal für die Baukunst X. pg. 103.

<sup>4</sup> Voigt. Inauguraldissertation.

„Neumann bezeichnet deshalb den ersten Zustand als den Jungfräulichen.”

Byzondere aandacht hebben Chevandier en Wertheim gewijd aan het verband tusschen den vochtigheidstoestand van het hout en de mechanische eigenschappen. De dichtheid neemt in het algemeen af met de uitdroging, terwijl de snelheid van voortplanting van het geluid evenredig daarmede toeneemt. Daar nu de elasticiteits-coëfficiënt met de snelheid van voortplanting en met de dichtheid verbonden is volgens de bekende formule

$$E = \frac{v^2 d}{g}$$

waarin  $v$  voorstelt de voortplantingssnelheid van het geluid in een lichaam van de dichtheid  $d$ , zoo zal de elasticiteits-coëfficiënt kunnen toe- of afnemen, of ook wel stationair kunnen blijven met de uitdroging. Bij hunne onderzoekingen vonden zij evenwel, dat  $E$  steeds met de uitdroging, hoewel dan onregelmatig, toenam.

De cohaesie nam toe met de uitdroging en wel in zeer sterke verhouding. Wanneer de uitdroging echter zoover gedreven werd, dat er slechts 10% vocht overbleef, nam de sterkte aanmerkelijk af, waaruit misschien de algemeen verspreide meening ontspruit, dat groen hout sterker is dan droog, eene meening, die men ook bij Buffon kan vinden.

In 't algemeen is de gang in de verschillende jaarrin-

gen voor de mechanische eigenschappen dezelfde. Zoo heeft die laag, waar de dichtheid het grootst is, ook den grootsten elasticiteits-coëfficiënt en de grootste sterkte. Soms echter kunnen deze in omgekeerden zin gaan, zooals bij den beuk werd waargenomen, waar de dichtheid en de snelheid van het geluid tegenovergestelden gang hadden. Bij de meeste der door Ch. en W. onderzochte boomen namen dichtheid, veerkracht en cohaesie toe van uit het midden naar den omtrek, vooral bij de pijnboomen, waar, bij zware boomen, de elasticiteits-coëfficiënt der buitenste jaarringen vaak meer dan het dubbele bedroeg van dien in het centrum. Dikwijls kwam het voor, dat de mechanische eigenschappen voor staven, onmiddellijk bij de schors gelegen, een weinig afnamen. Bij andere boomen had iets anders plaats. Bij den eik en den beuk vertoonden de getallen voor de mechanische eigenschappen een maximum op een afstand van het middelpunt gelijk aan een derde van den straal des stams. Doch deze laatste boomen, twee eiken en een beuk, telden 95, 164 en 114 jaren, terwijl bijna alle andere onderzochte boomen slechts 26—61 jaren telden. Het schijnt dus dat de ouderdom hier grooten invloed heeft. Bij twee beuken, de een van 50, de ander van 95 jaren, hadden de mechanische eigenschappen tegengestelden gang. Bij den boom van 50 jaar namen zij toe van uit

het middelpunt naar den omtrek, terwijl zij bij dien van 95 jaar in dezelfde richting afnamen.

Uit een en ander trekken Chevandier en Wertheim het besluit, dat bij spintboomen, waar de oudste jaarringen overgaan in kernhout, zooals bij den eik en den beuk, een zeker tijdstip aanbreekt, waarop deze verandering in den relativen toestand der jaarringen ook een ommekeer in de beweging der mechanische eigenschappen met zich brengt, terwijl bij de houtsoorten, bij welke alle jaarringen voor vloeistoffen doordringbaar blijven, zooals bij de pijnboomen en de meeste zachte houtsoorten (*bois blancs*), deze eigenschappen van uit het middelpunt naar den omtrek toenemen, welke ook de ouderdom van die boomen moge zijn.

De getallenwaarden voor de mechanische eigenschappen nemen in denzelfden jaarring met de hoogte in den boom af. Deze vermindering is zeer aanmerkelijk en heeft ook plaats voor staafjes uit den boom gesneden, loodrecht op de richting van den vezel. Neemt men grootere staven op verschillende hoogten van den stam welke niet dezelfde jaarringen bevatten, dan zijn er oorzaken, welke die regelmatige afneming met de hoogte kunnen verstoren. Zooeven zagen wij dat bij sommige boomen de getallen voor de mechanische eigenschappen minder zijn voor de buitenste lagen dan voor de meer naar binnen gelegene. Daar nu juist die buitenste lagen zich het hoogst in den boom

uitstrekken, zullen dus de mechanische eigenschappen bij die boomen à fortiori geringer zijn voor het hooger gelegen hout dan voor het lagere. Bij andere boomen evenwel, waar de buitenste lagen de beste zijn, zullen beide invloeden elkander tegenwerken, en zal dus de top hoogere, gelijke, of lagere coëfficiënten voor cohaesie etc. kunnen vertoonen dan het hout aan de basis. Evenwel was het bij de proeven van Chevandier en Wertheim meestal het geval, dat de mechanische eigenschappen met de hoogte afnamen.

Het specifiek gewicht, hoewel in denzelfden boom veranderlijk, en hoewel ook veranderlijk met den vochtigheids-toestand, blijkt volgens Chevandier en Wertheim volkomen onafhankelijk te zijn van uitwendige invloeden, daar de afwijkingen voor boomen van dezelfde soort zeer gering bleken te zijn. Hetzelfde echter is niet het geval met den elasticiteits-coëfficiënt, welke afneemt, naarmate de boom zelf ouder is. De boomen op noordelijke, noordwestelijke en noordoostelijke plaatsen van het terrein en op drogen grond opgegroeid, vertoonden steeds een des te hooger elasticiteits-coëfficiënt, naarmate deze beide omstandigheden meer gelijktijdig plaats vonden.

Nog eene belangrijke vraag is ter beantwoording overgebleven, namelijk deze: heeft 'de breedte der jaarringen invloed op de mechanische eigenschappen? Men vindt

wel eens aangehaald dat de veerkracht in omgekeerde reden staat tot de dikte der jaarringen, en dat de opeenhooping der vezels tot eene geringe dikte aanleiding zoude geven tot meerdere sterkte. Chevandier en Wertheim, die ook hunne aandacht daarop vestigden, vonden bij sommige boomen in het minst geen verband tusschen die beiden. Slechts bij den den (*Sapin*) vonden zij een hoogen elasticiteits-coëfficiënt voor dunne jaarringen. Evenwel vonden zij ook hier, dat voor even breede jaarringen op verschillende afstanden van het centrum de buitenste laag steeds de grootste veerkracht vertoonde. Het dunner zijn der buitenste jaarringen kan dus geen eerste oorzaak zijn van de toeneming der elasticiteit van uit het midden naar het centrum.

De betere kwaliteit van den Noordschen den moet dus niet uitsluitend aan de geringe dikte der jaarringen toegeschreven, doch de oorzaak daarvan tevens in het klimaat en in het terrein gezocht worden <sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Zie Oudemans. Leerboek der Plantenkunde. Anatomie. pg. 410.

---

## HOOFDSTUK V.

---

### BIJZONDERHEDEN OMTRENT DE BEREKENING.

Chevandier en Wertheim maakten, waar zij den elasticiteits-coëfficiënt van het hout langs akustischen weg trachtten te bepalen, steeds gebruik van de longitudinale trillingen. Slechts daar, waar zij hunne staven niet lang genoeg konden verkrijgen, namen zij hunne toevlucht tot transversale trillingen. Dit was het geval waar zij zochten naar den elasticiteits-coëfficiënt in eene richting loodrecht op den vezel. Hunne tabel XV geeft eene geheele reeks bepalingen voor een groot getal Europeesche houtsoorten. Hierbij maakten zij gebruik van den laagsten transversaaltoon, dien een staafje geeft, wanneer het aan de beide uiteinden vrij is, doch wanneer deze toon te laag was, namen zij hunne toevlucht tot de boven-tonen, bij welken het staafje met drie, vier of zelfs vijf knooplijnen trilde. Zij geven in hunne tabel niet op bij welke staven dit het geval was. Op pag. 18 heb ik reeds gezegd, waarom ik meende deze handelwijze niet te moeten volgen.

Ook geven zij slechts de formule op, volgens welke



de elasticiteits-coëfficiënt berekend werd, zonder eenige andere verwijzing of toelichting.

De formule

$$n = \frac{t^2}{4\pi\sqrt{3}} \frac{h}{l^2} \sqrt{\frac{Eg}{d}} \dots\dots\dots\text{IV.}$$

drukt uit het aantal trillingen, welke eene parallellepipedische staaf, transversaal-trillende, per secunde volbrengt.

In deze formule stellen voor:

$l$  de lengte;

$h$  de dikte;

$d$  de dichtheid;

$E$  de elasticiteits-coëfficiënt;

$g = 9,812$  meter, het versnellingsgetal van de zwaartekracht, en

$t$  een coëfficiënt, afhankelijk van de wijze van bevestiging en van de wijze van trilling.

In het geval dat de staaf aan beide uiteinden vrij of bevestigd is, wordt de waarde van  $t$  gevonden uit de vergelijking:

$$\left( e^t + e^{-t} \right) \cos t - 2 = 0$$

volgens de afleiding van Poisson <sup>1</sup>, als ook volgens die van Cauchy <sup>2</sup>. Voor de kleinste waarde van  $t$  berekent Poisson:

$$t = 4,73004$$

en deze waarde in de formule invoerende, vindt men het

<sup>1</sup> Poisson. Mécanique rationelle. Tome. II. pag. 377. (1833).

<sup>2</sup> Cauchy. Exercices de Mathématiques. III. pag. 271.

aantal trillingen, welke de staaf volbrengt per secunde, wanneer zij aan beide uiteinden vrij is, en daarbij den laagsten toon geeft.

Lost men uit de formule IV de waarde van  $E$  op, met invoering van het gewicht  $G$  van de staaf:

$$G = d. l. b. h.$$

waarbij  $b$  de breedte voorstelt, en substitueert men tevens voor  $t$  de bovengevonden waarde, dan wordt:

$$E = \frac{48\pi^2}{t^3 g} \frac{n^2 l^3 G}{bh^3} = A. \frac{n^2 l^3 G}{bh^3}$$

Waarin

$$\log A = 5,9843242 - 10$$

is. Bij de berekening van dezen coëfficiënt heeft men in het oog te houden dat, zoo men de afmetingen van het staafje uitdrukt in millimeters, ook het versnellingsgetal  $g$  der zwaartekracht in millimeters moet worden uitgedrukt, evenals het gewicht  $G$  in milligrammen.

Het getal  $E$  vindt men dan als uitdrukkende een gewicht in milligrammen, werkende op één vierkanten millimeter; de komma in dit getal 6 plaatsen vooruitschuivende, wordt  $E$  uitgedrukt in kilogrammen, en stelt dan voor: het gewicht in kilogrammen, hetwelk eene staaf van de onderzochte stof op de dubbele lengte zoude uitrekken, zoo die uitrekking physisch mogelijk ware.

Volgens de opgaven van Seebeck <sup>1</sup> berekend, wordt

<sup>1</sup> A. Seebeck. Ueber die Querschwingungen elastischer Stäbe. Berichte

$$\log A = 5,9843228$$

Cauchy berekent voor de waarde van  $t$ :

$$t = 4,73014$$

waarmede

$$\log A = 5,9842867$$

wordt.

Deze waarden komen zoo goed overeen als men maar verlangen kan, aangezien de geringe afwijking van de waarde van Cauchy hieraan moet worden toegeschreven, dat  $t$  volgens eene andere benaderingsmethode berekend is. <sup>2</sup>

Bij de berekening van mijne elasticiteits-coëfficiënten heb ik steeds gebruikt de waarde van Seebeck :

$$\log A = 5,9843228.$$

Chevandier en Wertheim geven voor de berekening van den elasticiteits-coëfficiënt uit den transversaaltoon de volgende formule <sup>3</sup>.

$$\log E = 3 \log l + 2 \log n + \log G - \log b - 3 \log h - \\ - 4,02104 - \log c$$

$c$  is de correctie-coëfficiënt waardoor zij de waarden van den elasticiteits-coëfficiënt, gevonden langs akustischen weg, herleiden tot dien, gevonden door uitrekking

---

der Math. Phys. Classe der K. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. 1849.

<sup>2</sup> Zie Fechners Repertorium der Physik I. pg. 275.

<sup>3</sup> l. c. pg. 37.

of buiging, voor welken coefficient, als gemiddelde voor verschillende houtsoorten, gevonden is: <sup>1</sup>

$$c = 1,118$$

De andere coefficient:

$$- 4,02104 = + 5,97896 - 10$$

wijkt echter aanmerkelijk af van die, welke hierboven volgens de opgaven van Poisson, Seebeck en Cauchy berekend zijn. Daar Chevandier en Wertheim niet opgeven aan wien zij hunne formule ontleend hadden, kostte het mij zeer veel tijd en moeite zulks uit te maken, en de oorzaak van het verschil op te sporen.

Zij bleken het slachtoffer geworden te zijn van eene drukfout in de *Mécanique rationnelle* van Poisson. Daarin toch wordt voor  $t$  opgegeven de foutieve waarde  $t = 4,74503$ . In het door mij gebruikte exemplaar was deze drukfout, gecorrigeerd, zoodat ik natuurlijk deze verbeterde waarde gebruikte. Berekent men echter  $A$  met deze foutieve waarde, en houdt men in het oog, dat voor Parijs  $g = 9,8088$  meter is, dan verkrijgt men

$$\log A = 5,9789687$$

welke waarde volkomen overeenkomt met die, welke door Chevandier en Wertheim is opgegeven. De waarden voor hunne elasticiteits-coefficienten in hunne tabel XV zijn dus alle te klein.

Prof. W. F. Exner te Weenen, die in 1871 de verhande-

---

<sup>1</sup> Zie pg. 25.

ling van Chevandier en Wertheim herzien en in 't Duitsch vertaald heeft, heeft deze fout over 't hoofd gezien. <sup>1</sup>

Dewijl de afmetingen der staafjes in de formule in de derde macht verheven voorkomen, is het noodzakelijk deze zoo nauwkeurig mogelijk te bepalen, vooral de breedte en de hoogte, welke zeer klein zijn. Chevandier en Wertheim geven op, dat zij die afmetingen door middel van den spherometer op meerdere plaatsen bepaalden, en dat deze zeer weinig verschilden, daar hunne staafjes met groote zorg afgewerkt waren. Evenwel deelen zij niet mede, op hoeveel plaatsen zij die afmetingen bepaalden, en evenmin hoe groot de afwijkingen waren. <sup>2</sup>

De transversaal-afmetingen van mijne staafjes bepaalde ik met behulp van een zoogenaamd caliber-passertje van Elliot-Brothers waarmede ik 0,01 millimeter nauwkeurig kon aflezen, terwijl een vijfde van die waarde nog nauwkeurig kon geschat worden.

---

<sup>1</sup> Deze fouten in Poisson's Mécanique rationnelle schijnen in Frankrijk nog niet algemeen opgemerkt te zijn. Immers M. Mercadier maakt in zijne onderzoekingen op stemvorken, beschreven in het Journal de Physique. Tome V. Juli. 1876. van eene dergelijke foutieve waarde gebruik. Hij neemt nl.

$$l' = 1,87011$$

terwijl die waarde moet zijn

$$l' = 1,87511.$$

<sup>2</sup> Zie pag. 61.

Daar de vorm der staafjes niet zuiver parallelepipedisch, doch meestal een weinig wigvormig was, was het noodig om de afmetingen op meerdere plaatsen te bepalen. Zulks deed ik derhalve aan de beide zij-kanten en in het midden, telkens 13 à 20 maal, naar gelang van de lengte van het staafje, zoowel voor de breedte als voor de hoogte. Van al die afmetingen werd het gemiddelde genomen, zoodat elke hoogte en elke breedte het gemiddelde is van 40 à 60 getallen. De afwijkingen bedroegen zelden meer dan 10 à 12 hondersten van een millimeter.

De lengten werden door middel van een maatstaafje met nonius voorzien, en tot op 1,0 millimeter nauwkeurig bepaald.

Hoewel met het caliber-passertje van Elliot tot op 0,002 millimeter nauwkeurig kon worden gemeten, is het er echter verre van, dat de bepaling der dwarsafmetingen der staafjes die nauwkeurigheid bereikte. Dezelfde afmeting van een staafje tweemaal bepaald zijnde, bood soms wel een verschil aan van 0,02 millimeter. De ongelijkheid en de weekheid van het hout, waardoor, bij de minste drukking, de stift van den passer in het hout kon dringen, kunnen als oorzaak van dit verschil aangegeven worden.

Tabel II geeft de uitkomst van eenige bepalingen van elasticiteits-coëfficiënten van eenige staafjes eschdoornhout, benevens de uit de afmetingen en het ge-

wicht berekende specifieke gewichten dier staafjes, welke bepalingen bij wijze van proef ondernomen zijn om de uitkomsten te kunnen vergelijken met dergelijke bepalingen van Chevandier en Wertheim.

TABEL II.

Eschdoorn. Eindelings.

Num- mer.	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>nb.</i>	<i>nh.</i>	<i>E<sub>b</sub>.</i>	<i>E<sub>h</sub>.</i>	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
<i>a.</i>	119,8	10,469	9,044	6,631	787,7	700,6	65,753	69,698	67,725	0,585
<i>b.</i>	125,3	10,446	9,066	6,910	720,1	656,1	65,774	72,510	69,142	0,582
<i>c.</i>	121,75	10,400	9,026	6,790	799,5	693,4	74,412	74,310	74,361	0,594
<i>d.</i>	127,78	10,076	9,075	6,699	762,8	669,8	84,496	80,312	82,404	0,573
<i>e.</i>	124,75	10,311	9,238	7,163	768,1	700,9	78,144	81,062	79,603	0,603

$$E = 74,647.$$

$$D = 0,587.$$

<i>a'.</i>	123,79	10,478	9,121	6,523	907,8	799,5	93,741	95,953	94,847	0,551
<i>b'.</i>	128,66	10,209	9,113	6,571	833,3	749,8	96,666	98,222	97,444	0,549
<i>c'.</i>	124,25	10,410	9,119	6,526	912,0	804,5	97,697	99,224	98,460	0,554
<i>d'.</i>	134,26	10,376	9,189	7,077	806,0	716,7	104,55	105,4	104,98	0,553
<i>e'.</i>	125,1	10,051	9,322	6,452	926,8	853,3	110,56	108,95	109,75	0,550

$$E = 101,096.$$

$$D = 0,551.$$

De staafjes zijn uit dezelfde plank gezaagd loodrecht op de richting van de vezel en ongeveer tangentiaal aan de jaarringen. Verder zijn zij in de tabel gerangschikt naar de hoogte, zoo, dat het staafje *a* het meest nabij den top gelegen was. De met een accent geteekende staafjes *a'* *b'* enz. zijn de verlengden der niet

geaccentueerde, zoo dat  $a'$   $b'$  enz. het hout bevatten, hetwelk het meest aan den omtrek gelegen, dus het jongste was.

Tabel III geeft dezelfde uitkomsten voor iepenhout.

TABEL III.  
Iepenhout. Eindelings.

Num- mer.	$l.$	$b.$	$h.$	$G.$	$nb.$	$nh.$	$El.$	$Eh.$	$\frac{E_b + E_h}{2}$	$D.$
$a.$	132,21	10,367	9,243	7,231	683,4	609,2	73,096	73,022	73,059	0,571
$b.$	132,54	10,117	9,324	7,281	668,7	607,2	75,726	73,464	74,645	0,582
$c.$	133,	10,561	9,268	7,583	696,8	612,8	76,530	76,858	76,694	0,582
$d.$	132,26	10,446	9,254	7,423	693,0	620,5	77,087	75,548	76,317	0,582
$e.$	132,75	10,444	9,281	7,502	688,9	613,0	75,984	76,186	76,085	0,583

$$E = 75,360.$$

$$D = 0,580.$$

$a'.$	120,82	10,467	9,240	6,946	883,9	786,2	87,125	88,451	87,788	0,595
$b'.$	120,47	10,296	9,321	6,817	880,3	807,0	87,568	89,793	88,680	0,590
$c'.$	119,7	10,565	9,282	6,994	920,1	812,3	89,485	90,358	89,921	0,605
$d'.$	120,9	10,405	9,231	7,047	914,3	818,5	96,562	98,550	97,556	0,607
$e'.$	119,34	10,415	9,241	7,225	948,8	843,7	102,19	102,580	102,38	0,629

$$E = 93,265$$

$$D = 0,605$$

De onder  $D$  opgenomen specifieke gewichten komen voor gelijksoortige staafjes vrij wel overeen; het jongste hout is bij eschdoorn klaarblijkelijk minder zwaar dan het oudere, terwijl bij iepenhout juist het omgekeerde het geval is. De gang van den elasticiteits-coëfficiënt is bij de geaccentueerde dezelfde als bij de



niet geaccentueerde staafjes, zoowel bij eschdoorn- als bij iepenhout, terwijl bij beide houtsoorten het jongste hout de hoogste elasticiteits-coëfficiënten vertoont, overeenkomstig de ondervinding van Chevandier en Wertheim. Uit een en ander mag men nu wel aannemen, dat de verschillen welke die staafjes vertoonen, niet voortspruiten uit onnauwkeurigheid in de bepaling der afmetingen of uit de weinige scherpte van het gehoor, doch, dat de elasticiteit der staafjes wel degelijk verschillend was.

Bij vergelijking der kolommen 8 en 9 zien wij wel is waar, dat het verschil der coëfficiënten  $E_b$  en  $E_h$  juist niet zeer klein te noemen is. Bijna overal is  $E_h$  het grootst, dat is, wanneer de trillingen loodrecht op de vezel gericht waren. Ik meende evenwel met deze bepalingen te kunnen voortgaan, daar deze verschillen niet grooter waren, dan die, welke de getallen van Ch. en W. voor diezelfde coëfficiënten bij dergelijke eidelingsche staafjes vertoonden; te meer daar deze nauwgezette onderzoekers daarbij voegen, dat die afwijkingen 200 gering waren, dat het gemiddelde als werkelijke coëfficiënt van veerkracht kon aangenomen worden.

Al is nu het verschil tusschen de coëfficiënten  $E_b$  en  $E_h$  niet te beschouwen als een werkelijk verschil in elasticiteit in die twee richtingen, doch alleen toe te schrijven aan de nauwkeurigheid der methode, dan behoeven wij deze toch niet te verwerpen voor de andere methoden, waar de nauw-

keurigheid ook nog zeer veel te wenschen overlaat. Om zich hiervan te overtuigen behoeft men slechts de tabellen van Wertheim voor zijne onderzoekingen op de metalen na te slaan. Ook het volgende tabelletje, bevattende de berekening van den elasticiteits-coëfficiënt van twee staven essenhout, met de opgaven van Chevandier en Wertheim uit hunne tabel IV berekend, doet ons zien, dat zij voor den elasticiteits-coëfficiënt van eene zelfde staaf volgens de methode door verlenging zeer uiteenlopende getallen verkrijgen, 't welk één voorbeeld uit de velen is, welke uit hun werk zouden kunnen aangehaald worden.

TABEL IV.  
(Essenhout).

	Doorsnede in mm <sup>2</sup> .	Belasting.	Elastische verlenging per meter.	<i>E</i>	Gemiddeld.
Staaf I.	53,78	40	0,771	964,68	} 972,07
		80	1,506	939,11	
		120	2,376	1012,41	
Staaf II.	52,77	40	0,479	1582,5	} 1331
		80	1,117	1357,2	
		140	2,110	1257,3	
		200	3,080	1230,5	
		240	3,705	1227,5	

## HOOFDSTUK VI.

---

### OOST-INDISCHE HOUTSOORTEN.

Het meest bekende timmerhout der tropische gewesten is voorzeker het Djati-hout. De boom, welke dit hout levert, de Djati-boom, is tegenwoordig bij de Botanici bekend als *Tectona grandis* L. fam. *Verbenaceae* en werd weleer Kiatenboom, Lat. *Jatus*, in 't Maleisch en Javaansch Jati, Teak of Tek geheeten, terwijl hij in de Hist. Bontii. Lib. VI. Cap. 16. *Quercus Indica* genoemd wordt. Reeds Valentijn <sup>1</sup> vermeldt, dat de naam *jati* duurzaam beteekent; evenzoo lezen wij in de Herbarii Amboinensis Lib. IV. Cap. XIII: Verum Javanorum nomen est Djati, quod durable ac probum denotat." Terzelfder plaatse wordt gewag gemaakt van den grooten handel, welke destijds reeds in dit hout gedreven werd „vooral op de plaatsen Rembang en Lasseem, waar „de Javanen allerhande balken, delen en ribben te

---

<sup>1</sup> Valentijn. Oud en Nieuw Oost-Indiën. Deel III. pag. 219.

„koop brengen, waaronder balken van twee à drie voet „dik in het vierkant, die somtijds zoo dik op elkander „liggen, dat ze in den grond zinken, menigte van sche- „pen en vaartuigen worden aldaar getimmerd en dan „voorziet de Ed. Compagnie nog al de geheele Oost „door, hare schepen met dit timmerhout.” Voorts wordt vermeld dat de djati-boomen „vreeselijke dikke boomen” zijn en dat een prins van Colicolan aan Hendrik van Rheede verhaalde, hoe hij uit een boom een geheel Hei- denschen tempel gemaakt heeft.

De Djati-boom is een rechtstammig loofhout, groeit snel op doch slechts langzaam in de breedte; het duurt vele jaren voor hij tot volle rijpheid komt. Onder gun- stige omstandigheden geeft een groei van 20—25 jaar een boom van ongeveer 12 Engelsche duim in diameter aan het stameinde, doch hij heeft minstens eene eeuw, noodig om tot volledigen wasdom te geraken; voor gewone doeleinden evenwel wordt de boom, 30 à 50 jaar oud zijnde, geveld. Op 80 à 90 jarigen leeftijd bereikt hij eene hoogte van 80—100 voet, bij een diameter van 3 à 3½ voet.

Het hout wordt hooger geschat dan het eikenhout, daar het zich bijzonder gemakkelijk en glad laat bewerken. Het heeft een eigenaardigen reuk, en is vettig op het gevoel, hetgeen door eene olie veroorzaakt wordt, door welke het met dit hout in aanraking zijnde ijzer voor oxydatie

beveiligd wordt. Door den scherpen reuk houdt het ook het ongedierte van zich af, doch het biedt geen weerstand aan den paalworm.

Men vindt verschillende soorten van Djati-hout, welke door sommigen, onder anderen door Raffles <sup>1</sup>, slechts voor varieteiten worden gehouden, terwijl het verschil slechts aan den bodem waarop zij groeien, wordt toegeschreven. De Sturler <sup>2</sup> evenwel naar de geaardheid van den bast en van het hout, alsook naar den vorm en de kleur der bladeren oordeelende, kan met dat gevoelen niet instemmen.

Het meest verspreid en het veelvuldigst gebruikt is de *Djati-kapoor* of kalk-djati, welke de eigenlijke *Tectona grandis*, en als Teak in Britsch-Indie bekend is. Den naam van kalk-djati ontleent dit hout aan een ring van kalk, welke soms door de geheele lengte van den stam, ter dikte van vier, vijf of zelfs meer jaarringen aangetroffen wordt, zoodat men dergelijke boomen slechts voor licht timmerwerk kan bezigen.

*Djati-soengoe* of *echt Djati* is donkerder van kleur, vaster van weefsel en duurzamer; de bladeren van den boom zijn groener en minder bleek dan die van Djati-kapoor. Raffles noemt dit hout zwaarder en harder, terwijl de kleur volgens hem van licht tot donker bruin

---

<sup>1</sup> F. S. Raffles. The history of Java. London. 1817.

<sup>2</sup> W. L. de Sturler. Beschrijving der houtsoorten voorkomende in Ned. Oost-Indie. pag. 29.

varieert. Is de stam met dorens, of liever met puntige schubben of tepels bezet, dan heet het *Djati-doreng*, welk hout overigens in bouw en qualiteit overeenkomt met het *Djati-soengoe*.

*Djati-kembang* of *gebloemd Djati* is bruin van kleur gebloemd of gesatineerd, en vaster van weefsel. De jaarringen zijn onregelmatig golvend, van daar dat het hout eenigszins warrig, en niet gemakkelijk te bewerken is.

*Djati-gembol* of *Mienjak*, *olieachtig Djati*, onderscheidt zich door eene meerdere vettigheid op het gevoel, de kleur is gelijk aan die van het *Djati-kembang*, doch het weefsel is vaster en meer golvend; de jaarringen vertoonen nagenoeg dezelfde onregelmatigheid.

Ook de Engelschen onderscheiden varieteiten van Teak, noemende deze naar de districten uit welke zij afkomstig zijn; zoo heeft men het Moulmein Teak, uit het Moulmein distrikt, en dit onderscheidt men nog eens in de Thoungijeen, de Salween, Karanee, Attaran en Laingbooe Teak, welke soorten alle lichtelijk in kleur, vezel, bouw en gewicht verschillen<sup>1</sup>.

Thans volgen de uitkomsten van mijne bepalingen op verschillende staafjes van Teak- en *Djati*-hout, waarna ik die uitkomsten zal vergelijken met de uitkomsten door anderen verkregen.

<sup>1</sup> Laslett. Timber and timber trees pag. 112 e. v.

De staafjes gemerkt No 1 in tabel V zijn alle afkomstig van een zelfde stuk Teakhout uit het Koloniaal museum. De juiste afkomst van dat stuk is niet bekend. Het hout is bruiner van kleur dan het gewone Teakhout, ja bijna zwart, en zeer vetzig op het gevoel. Het is dus waarschijnlijk eene varieteit, dus geen echt Djati-kapoor of Teak.

TABEL V.

T e a k.

Num- mer.	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>n<sub>b.</sub></i>	<i>n<sub>h.</sub></i>	<i>E<sub>b.</sub></i>	<i>E<sub>h.</sub></i>	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
<i>I a</i>	199,65	14,348	6,415	12,586	1188,	543,5	715,19	753,02	734,12	0,685
<i>I b</i>	249,01	14,409	6,516	16,400	778,6	351,6	759,56	757,42	758,49	0,702
<i>I c</i>	400,5	19,67	9,490	54,393	195,7	405,7	767,86	768,08	767,97	0,728
<i>I d</i>	178,95	14,546	6,471	12,824	1613.	721,1	925,99	935,13	930,56	0,761
<i>I e</i>	159,5	14,342	5,912	10,295	—	887,6	—	1071,1	1071,1	0,761
<i>I f</i>	313,5	8,912	4,786	10,408	—	185,81	—	1093,11	1093,11	0,778
<i>I g</i>	144,8	8,915	4,777	4,773	—	901,4	—	1167,5	1167,5	0,774
<i>I h</i>	142,	8,898	4,795	4,749	—	862,	—	979,83	979,83	0,784
<i>I i</i>	400,4	19,74	8,903	55,479	488,7	220,1	1194,58	1194,50	1194,54	0,788
<i>I k</i>	400,8	12,678	7,180	26,476	333,3	189,7	1260,8	1248,4	1254,6	0,726
<i>I l</i>	218,3	8,695	4,336	5,940	795,5	400,3	1345,56	1323,18	1334,37	0,722

$E = 1026,02$

$D = 0,746$

Bij deze staafjes valt op te merken dat de staafjes  $1a$  tot  $1f$  gerangschikt zijn naar den ouderdom, zoo dat  $1a$  het jongste,  $1f$  het oudste hout bevat, terwijl  $1i$ ,  $1k$  en  $1l$  uit geheel andere plaatsen van het hout gesneden zijn. Men ziet hoe  $E$  en  $D$  gezamenlijk toenemen met den ouderdom, tegen den regel van Chevandier en Wertheim in. Toch was het blok van geen ouden boom, daar een gedeelte spint aanwezig was, terwijl uit de kromming der jaarringen was op te maken dat het hart niet ver verwijderd was.

Nadat het staafje  $1f$  gemeten, gewogen, en de toonhoogte er van bepaald was, werd het in tweeën gezaagd en de stukken  $1g$  en  $1h$  wederom gemeten, gewogen en in trilling gebracht. Men ziet uit kolom 3 en 4 hoe weinig de afmetingen  $b$  en  $h$  verschillen, terwijl de afmetingen  $b$  en  $h$  van  $1f$  zeer wel het gemiddelde zijn van diezelfde afmetingen van  $1g$  en  $1h$ , met een verschil van  $\frac{6}{1000}$  millimeter. De gemiddelde  $E$  van  $1g$  en  $1h$  wijkt nauwelijks  $\frac{1}{50}$  af van de waarde van dien coëfficient voor het staafje  $1f$ . Hieruit ziet men hoe nauwkeurig deze methode is, en vervolgens leert dit voorbeeld dat, al is de elasticiteit in een staaf niet over de geheele lengte dezelfde, de transversaaltoon toch vrij wel tot de gemiddelde  $E$  zal voeren. Met de spec. gewichten is hetzelfde het geval.



Ook Chevandier en Wertheim geven zulk een voorbeeld in Tabel VI opgenomen.

TABEL VI.

Pijnboom. Eindelings.

	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>n<sub>b</sub>.</i>	<i>n<sub>h</sub>.</i>	<i>E<sub>b</sub>.</i>	<i>E<sub>h</sub>.</i>	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
<i>a.</i>	260,	10,155	9,857	13,59	266,8	266,8	158,87	168,72	163,8	0,522
<i>b.</i>	120,1	10,009	9,961	6,55	927,6	888,9	94,294	87,417	90,85	0,547
<i>c.</i>	120,1	10,366	9,832	5,95	1113,	1084,7	112,46	118,73	115,59	0,485

Chevandier en Wertheim zeggen van de afmetingen hunner staafjes, welke zij op verschillende plaatsen met den spherometer bepaalden:

„Les mesures ainsi trouvées différaient très peu, pour „les mêmes tringles, par suite du soin avec lequel celles „ci avaient été calibrées.” Uit tabel VI zien wij dat dit geringe verschil toch wel  $\frac{3}{10}$  millimeter kan bedragen. De gemiddelde *E* von *b* en *c* is aanmerkelijk lager dan dan die van *a*, 't geen misschien hierdoor veroorzaakt wordt, dat *a* langzaam *gebroken* was geworden, waardoor de veerkracht der deelen verminderd kan zijn.

Uit de voorbeelden der staafjes N<sup>o</sup> 1 ziet men hoe de elasticiteit voor een zelfden boomstam kan variëren, even als de specifieke gewichten. Merken we tevens op, dat deze staafjes van de meest verschillende afmetingen zijn, doch dat er geen samenhang is op te merken tusschen deze afwisseling en de variatie der gevondene *E*'s.

1*c*, 1*z* en 1*k* hebben ongeveer dezelfde afmetingen, doch de waarden van den elasticiteits-coëfficiënt en van het specifiek gewicht van die staafjes vertoonen juist de sterkste verschillen.

Tabel VII bevat de uitkomsten voor een tiental staafjes Teakhout, afkomstig van 's Rijks Marinewerf te Amsterdam.

De staafjes zijn uit verschillende balken genomen en uit plaatsen welke, naar de kromming der jaarringen te oordeelen, vrij ver uit het hart waren. De staafjes zijn door den timmerman afgeleverd, als hebbende alle dezelfde afmetingen, men ziet uit de kolommen 2, 3 en 4 hoe deze uit elkander kunnen loopen.

TABEL VII.

Teak. Marinewerf. Juli 1876.

Num- mer.	<i>l</i> .	<i>b</i> .	<i>h</i> .	<i>G</i> .	<i>n<sub>b</sub></i> .	<i>n<sub>h</sub></i> .	<i>E<sub>b</sub></i> .	<i>E<sub>h</sub></i> .	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D</i> .
2 <i>a</i>	301,6	14,600	14,597	42,41	771,13	788,47	1469,0	1536,42	1502,7	0,660
2 <i>b</i>	301,225	14,692	14,628	40,92	778,23	783,36	1408,3	1439,46	1423,88	0,632
2 <i>c</i>	301,18	14,611	14,648	42,19	728,47	742,78	1293,15	1329,0	1311,08	0,654
2 <i>d</i>	301,96	14,680	14,576	43,47	788,58	771,46	1556,84	1515,26	1536,05	0,673
2 <i>e</i>	301,25	14,686	14,698	42,18	768,58	755,65	1411,3	1362,0	1386,6	0,649
2 <i>f</i>	301,3	14,656	14,619	42,20	699,12	723,00	1182,4	1270,9	1226,6	0,654
2 <i>g</i>	301,13	14,654	14,599	41,43	792,2	787,52	1490,7	1484,2	1487,45	0,643
2 <i>h</i>	301,82	14,659	14,647	41,54	774,04	786,99	1441,64	1481,2	1461,42	0,641
2 <i>i</i>	301,57	14,592	14,556	40,63	734,84	749,13	1283,3	1340,3	1311,8	0,634
2 <i>k</i>	301,4	14,737	14,698	41,57	770,78	761,60	1386,5	1360,8	1373,65	0,636

$$E = 1402,12$$

$$D = 0,648$$

Deze staafjes varieeren veel minder als de staafjes No. 1, welke alle uit eenzelfden stam genomen zijn. Ook de specifieke gewichten varieeren zeer weinig.

Nadat deze staafjes in Juli 1876 gemeten en gewogen en hunne toonhoogte bepaald was geworden, werd hetzelfde in Augustus 1876 herhaald, na gedurende die warme maand op eene zeer droge plaats in het laboratorium te hebben gelegen. In de onderstelling dat de afmetingen dezelfde gebleven waren, zijn de elasticiteits-coëfficiënten en de specifieke gewichten wederom berekend, waarvan Tabel VIII de uitkomsten bevat.

TABEL VIII.

Teak. Marinewerf. Augustus 1876.

Num- mer.	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>n<sub>b</sub>.</i>	<i>n<sub>h</sub>.</i>	<i>E<sub>b</sub>.</i>	<i>E<sub>h</sub>.</i>	$\frac{E_h + E_b}{2}$	<i>D.</i>
<i>2 a</i>	—	—	—	41,882	785,36	809,27	1504,34	1598,42	1551,38	0,652
<i>2 b</i>	—	—	—	40,438	790,65	800,46	1449,1	1485,3	1467,2	0,625
<i>2 c</i>	—	—	—	41,881	735,38	742,71	1306,25	1325,7	1316,0	0,650
<i>2 d</i>	—	—	—	42,878	804,23	782,58	1620,03	1534,0	1577,01	0,664
<i>2 e</i>	—	—	—	41,616	791,7	775,25	1443,8	1382,1	1412,9	0,628
<i>2 f</i>	—	—	—	41,752	713,38	735,00	1218,1	1299,5	1258,8	0,646
<i>2 g</i>	—	—	—	41,011	806,7	798,26	1530,02	1509,55	1519,78	0,637
<i>2 h</i>	—	—	—	41,164	787,46	791,56	1461,7	1479,4	1470,55	0,633
<i>2 i</i>	—	—	—	40,201	739,67	757,06	1289,5	1354,4	1321,95	0,627
<i>2 k</i>	—	—	—	41,127	777,76	769,64	1404,03	1374,9	1389,46	0,630

$$E = 1428,50 \quad D = 0,639$$

Daar de staafjes alle lichter geworden waren, zijn vermoedelijk ook alle specifieke gewichten geringer gewor-

den. De toonhoogten zijn aanmerkelijk toegenomen, en daar deze toeneming veel sterker is dan de afneming in gewicht, blijken ook de  $E$ 's zonder uitzondering in waarde te zijn toegenomen. Dit bevestigt het door Chevandier en Wertheim bevondene, dat de elasticiteit bij uitdroging toeneemt.

Als gemiddelde uit de tabellen VII en VIII krijgen wij voor de Teakstaafjes No. 2.

$$E = 1415,31 \quad D = 0,6435.$$

Tabel IX bevat de uitkomsten voor een tiental staafjes Teakhout uit verschillende balken genomen, doch nu, in tegenstelling met de staafjes No. 2, uit zeer verschillende plaatsen van den boom, zooals in de tweede kolom opgegeven staat.

TABEL IX. (Engelsch Teak. Marinewerf).

Num- mer.		<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>n<sub>b</sub>.</i>	<i>n<sub>h</sub>.</i>	<i>E<sub>b</sub>.</i>	<i>E<sub>h</sub>.</i>	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
3 <i>a</i>	midd. boom	299,18	10,026	10,000	17,915	504,1	509,16	1167,3	1196,5	1181,9	0,597
3 <i>b</i>	„	299,04	10,096	9,933	19,21	423,06	409,33	867,58	839,09	853,33	0,641
3 <i>c</i>	top	298,85	10,039	10,001	18,62	527,53	535,62	1318,4	1369,4	1343,9	0,619
3 <i>d</i>	„	298,95	9,957	9,989	17,69	415,45	421,68	797,96	816,81	807,39	0,595
3 <i>e</i>	buitenkant	299,12	10,022	10,042	19,07	500,58	499,8	1220,4	1211,7	1216,55	0,633
3 <i>f</i>	„	298,9	9,915	9,922	15,88	386,62	393,03	632,17	652,4	642,28	0,540
3 <i>g</i>	spintkant	298,87	9,991	9,929	17,072	464,47	460,84	957,71	954,6	956,15	0,576
3 <i>h</i>	„	298,92	9,982	9,975	18,29	425,27	428,14	858,93	871,8	865,36	0,614
3 <i>i</i>	stameinde	298,9	9,986	9,992	18,985	490,94	494,73	1184,54	1201,44	1192,99	0,637
3 <i>k</i>	„	299,0	10,019	9,974	21,345	462,39	459,38	1172,5	1169,8	1171,15	0,714

$$E = 1023,10 \quad D = 0,617.$$

TABEL X. (Djati. Marinewerf).

Num- mer.		<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>n<sub>b</sub>.</i>	<i>n<sub>h</sub>.</i>	<i>E<sub>b</sub>.</i>	<i>E<sub>h</sub>.</i>	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
4 <i>a</i>	midden	300,38	9,149	9,076	16,412	451,92	446,2	1260,7	1248,8	1254,75	0,658
4 <i>b</i>	„	300,12	9,016	9,126	16,895	370,27	376,9	902,97	913,19	908,08	0,684
4 <i>c</i>	top	300,27	9,113	9,116	16,020	493,79	491,4	1478,5	1463,3	1470,90	0,642
4 <i>d</i>	stameinde	300,26	9,373	9,349	17,273	433,57	432,48	1101,3	1101,65	1101,47	0,656
4 <i>e</i>	„	299,86	9,287	9,227	16,001	424,88	422,61	1016,4	1018,7	1017,55	0,623
4 <i>f</i>	hart	300,36	9,273	9,230	18,496	431,05	434,49	1220,4	1251,6	1236,00	0,719
4 <i>g</i>	„	300,01	9,162	9,085	15,935	404,23	404,63	970,6	989,1	979,85	0,638
4 <i>h</i>	buitenkant	300,04	9,274	9,339	16,082	400,61	403,1	902,71	901,3	902,00	0,619
4 <i>i</i>	„	300,02	9,229	9,230	15,700	401,77	399,62	909,84	899,92	904,88	0,614
4 <i>k</i>	spintkant	299,92	9,294	9,098	15,015	359,2	348,83	689,31	679,01	684,16	0,592

$$E = 1045,96 \quad D = 0.645.$$

Hoewel de opgaven bij de staafjes No. 3 niet duidelijk en volledig genoeg zijn om er ten aanzien van den gang der elasticiteits-coëfficiënten en der specifieke gewichten in Teak-hout eenig besluit uit te trekken, zijn zij toch voldoende om het groote verschil der gevonden waarden te verklaren. Vooral de staafjes van den buitenkant en spintkant 3*f*, 3*g* en 3½ vertoonen geringe waarden, overeenkomende met hetgeen Chevandier en Wertheim voor eikenhout gevonden hebben, met welke houtsoort het Teak-hout gewoonlijk vergeleken wordt.

Tabel X bevat de uitkomsten voor een tiental staafjes Djati-hout, eveneens van de Marinewerf; bij deze staafjes waren dezelfde opgaven als bij No. 3. De variatie der elasticiteits-coëfficiënten en der specifieke gewichten is bij deze even sterk en binnen dezelfde grenzen als bij de voorgaanden. De gemiddelde waarden van *E* en van *D* komen bij beiden zeer goed overeen; ook de gemiddelde elasticiteits-coëfficiënt  $E = 1034,5$  van No. 3 en No. 4 sluit vrij goed met de  $E = 1026,02$ , van No. 1 doch de specifieke gewichten vertoonen aanmerkelijke verschillen.

De staafjes No. 5, No. 6 en No. 7 voor welke de uitkomsten in de tabellen XI, XII en XIII zijn medegedeeld, zijn staafjes van drie verschillende blokjes Djati-hout, en wel van Djati-kapoor, 't welk overeenkomt met het gewone Teak. Deze blokjes behooren bij

verschillende verzamelingen, en zijn dus afkomstig van  
verschillende boomen.

TABEL XI.  
Djati-kapoor. Musschenbroek.

Num- mer.	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>n<sub>b</sub>.</i>	<i>n<sub>h</sub>.</i>	<i>E<sub>b</sub>.</i>	<i>E<sub>h</sub>.</i>	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
5 <i>a</i>	240,4	8,925	4,900	7,447	725,02	409,05	1582,3	1498,3	1540,3	0,710
5 <i>b</i>	219,7	8,946	4,889	6,374	856,33	463,86	1331,82	1367,45	1349,63	0,663
5 <i>c</i>	199,1	8,934	4,828	6,019	1070,1	596,27	1616,65	1517,7	1567,17	0,701
5 <i>d</i>	180,07	8,938	4,835	5,278	1215,5	683,79	1270,6	1374,1	1322,35	0,679
5 <i>e</i>	160,04	8,980	4,773	4,883	1604,68	879,82	1518,69	1422,5	1470,59	0,705

$$E = 1450,01 \quad D = 0,692.$$

TABEL XII.  
Djati-kapoor. Teysmann.

Num- mer.	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>n<sub>b</sub>.</i>	<i>n<sub>h</sub>.</i>	<i>E<sub>b</sub>.</i>	<i>E<sub>h</sub>.</i>	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
6 <i>a</i>	320,48	10,141	10,016	20,258	448,18	448,89	1232,47	1262,24	1247,35	0,622
6 <i>b</i>	306,12	10,186	10,103	18,794	483,02	479,69	1134,0	1141,67	1137,83	0,597
6 <i>c</i>	313,73	10,031	10,030	21,535	484,85	486,32	1497,7	1481,2	1489,45	0,682
6 <i>d</i>	315,61	10,159	10,038	22,099	494,38	483,27	1545,16	1520,24	1532,70	0,687

$$E = 1351,83 \quad D = 0,647.$$

TABEL XIII.  
Djati-kapoor. Kolonien.

Num- mer.	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>n<sub>b</sub>.</i>	<i>n<sub>h</sub>.</i>	<i>E<sub>b</sub>.</i>	<i>E<sub>h</sub>.</i>	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
7 <i>a</i>	296,34	10,018	10,194	20,362	523,62	521,17	1308,15	1367,28	1337,71	0,673
7 <i>b</i>	296,98	10,141	10,074	21,019	520,15	510,1	1332,72	1367,5	1350,11	0,693
7 <i>c</i>	296,55	10,258	10,216	21,033	507,4	504,4	1230,73	1235,26	1223,00	0,677
7 <i>d</i>	296,47	10,251	10,096	20,698	507,13	500,78	1241,12	1230,0	1235,56	0,675

$$E = 1286,62 \quad D = 0,679.$$



No. 5. Is een blokje uit de verzameling Musschenbroek; 't schijnt naar den loop der jaarringen te oordeelen, uit het midden gedeelte van den boom genomen te zijn.

De staafjes No. 5 varieeren wel sterk, doch de getallen voor *E* zijn alle betrekkelijk hoog en binnen dezelfde grenzen als de staafjes No. 2.

Het blokje No. 6 uit de verzameling Teysmann was even als No. 5, klaarblijkelijk uit het midden van den boomstam. De staafjes *c* en *d* bevatten oudere houtlagen, en waren door ongeveer 20 jaarringen van de staafjes *6a* en *6b* gescheiden. Het oudste hout vertoont dus ook hier den hoogsten elasticiteits-coëfficiënt en het hoogste spec. gewicht even als dit bij No. 1 het geval was.

In het blokje No. 7, uit de verzameling van wege het departement van Kolonien aan het Koloniaal museum geschonken, was het hart aanwezig, en dus bevatte het blokje het oudste hout van den stam. De staafjes waren 3 à 5 centimeter uit het hart.

Uit de voorgaande tabellen zien wij, dat al vertoonen de onderzochte staafjes aanmerkelijke verschillen, toch de gevondene waarden voor Teak en Djati zeer goed met elkander overeenkomen, althans binnen dezelfde grenzen varieeren, zoodat wij uit dit oogpunt niet behoeven te twijfelen aan de volle overeenkomst tusschen Teak en en Djati-kapoor.

Tabel XIV, XV en XVI bevatten de resultaten voor

eenige andere onderzochte Djati-soorten, welke reeds op pag. 57 en 58 besproken zijn.

TABEL XIV.  
Djati-kembang. Kolonien.

Num- mer.	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>nb.</i>	<i>nh.</i>	<i>E<sub>b</sub>.</i>	<i>E<sub>h.</sub></i>	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
8 a.	260,2	9,044	4,786	7,411	456,41	663,56'	736,5	741,10	738,8	0,668
8 b.	240,3	9,063	4,815	6,717	558,22	836,33'	817,95	781,56	799,75	0,640
8 c.	219,3	8,900	4,778	5,872	717,6	386,7	920,12	913,21	916,66	0,630
8 d.	200,	9,011	4,863	5,552	908,4	505,1	1054,81	993,66	1024,23	0,635
8 e.	140,	8,953	4,698	3,636	895,1	—	830,55	—	830,55	0,620

$$E = 862,00 \quad D = 0,639,$$

TABEL XV.  
Djati-gembol. Kolonien.

Num- mer.	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>nb.</i>	<i>nh.</i>	<i>E<sub>b</sub>.</i>	<i>E<sub>h.</sub></i>	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
9 a.	199,8	14,747	6,327	12,904	1447	632,4	1018,3	1042,1	1030,2	0,691
9 b.	180,3	14,725	4,222	7,925	—	523,	—	1107,1	1107,1	0,707
9 c.	161,51	14,945	4,240	7,284	—	621,	—	1002,03	1002,03	0,712
9 d.	119,9	14,784	4,255	5,404	—	1140,	—	1025,21	1025,21	0,717

$$E = 1041,13. \quad D = 0,707.$$

TABEL XVI.  
Djati-doreng. Kolonien.

Num- mer.	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>nb.</i>	<i>nh.</i>	<i>E<sub>b</sub>.</i>	<i>E<sub>h.</sub></i>	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
10 a.	300,63	10,282	10,165	20,559	546,21	533,9	1424,15	1455,51	1439,83	0,655
10 b.	300,69	10,365	10,170	20,277	549,65	542,62	1429,38	1418,51	1423,99	0,640
10 c.	300,98	8,453	8,310	13,880	459,26	455,02	1587,2	1651,00	1619,10	0,657
10 d.	301,13	8,258	8,521	13,900	448,44	459,26	1512,22	1534,20	1523,21	0,656

$$E = 1501,52. \quad D = 0,652.$$

\* Met drie knooplijnen trillend.

Bij het blokje No. 8 (Djati-kembang. Verzameling van Kolonien) is op te merken dat de Sturler deze Djati-soort beschrijft als bruin van kleur, terwijl het door mij onderzochte hout integendeel bijna wit was. Hoewel in dat blokje het hart aanwezig was, was er ook veel spint, alsmede vele kwasten op te merken, zoodat het waarschijnlijk van den top of van een zijtak van den boom genomen was. Dit kan den lagen elasticiteits-coëfficiënt verklaren.

In het blokje No. 9. (Djati-gembol. Verzameling van Kolonien) bevond zich het hart aan een van de hoekpunten. De staafjes waren niet meer dan 5 centimeter uit het hart, en bevatten den 2<sup>en</sup> tot den 12<sup>en</sup> jaarring. Men ziet hoe weinig de *E*'s en *D*'s onderling verschillen. Deze soort vertoont overigens het eigenaardige van een lagen elasticiteits-coëfficiënt bij een hoog specifiek gewicht.

No. 10. (Djati duri of doreng. Verzameling van Kolonien) Volgens Raffles komt dit hout geheel overeen met Djati-soengoe of echt Djati, 't welk de beste van alle Djati-soorten is. De hooge elasticiteits-coëfficiënten, hooger dan die bij eenig ander staafje (behalve bij enkele der staafjes No. 2) komen wonderwel overeen met de aan dit hout toegeschrevene voortreffelijke hoedanigheden. 10 *c* en 10 *d* bevatten wederom oudere jaarringen dan 10 *a* en 10 *b*, en vertoonen weer hoogere elasticiteits-coëfficiënten dan de beide laatstgenoemden.

De Sturler geeft in zijne reeds aangehaalde verhandeling voor de verschillende Djati-soorten de volgende specifieke gewichten op, als voor:

Djati kapoor	$D = 0,640$
„ kembang	$D = 0,858$
„ gembol	$D = 0,888$
„ doreng	$D = 0,750$

Behalve voor Djati-kapoor, verschillen deze opgaven aanmerkelijk met de door mij gevonden specifieke gewichten.

De tabellen XVII en XVIII bevatten de uitkomsten op staafjes van twee blokjes uit eene verzameling, welke nog niet in den Catalogus <sup>1</sup> is opgenomen.

TABEL XVII.

Djati.

Nummer.	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>n<sub>b</sub>.</i>	<i>n<sub>h</sub>.</i>	<i>E<sub>b</sub>.</i>	<i>E<sub>h</sub>.</i>	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
II <i>a</i>	187,84	6,989	6,990	6,073	783,86	792,14	1020,58	999,68	1010,13	0,662
II <i>b</i>	187,72	7,012	6,879	5,748	780,13	754,36	914,35	941,14	927,74	0,635
II <i>c</i>	187,6	6,995	6,981	7,225	722,81	719,39	1000,56	1006,08	1003,32	0,789
II <i>d</i>	187,84	6,978	7,028	7,740	717,28	723,27	1068,6	1066,1	1067,35	0,840
					$E = 1002,27$		$D = 0,731$			

<sup>1</sup> F. W. van Eeden. Algemeene beschrijvende Catalogus der Houtsoorten van Ned. Oost-Indië, aanwezig in het Koloniaal museum te Haarlem.

TABEL XVIII.

Djati.

Num- mer.	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>n<sub>b</sub>.</i>	<i>n<sub>h</sub>.</i>	<i>E<sub>b</sub>.</i>	<i>E<sub>h</sub>.</i>	$\frac{E_h + E_b}{2}$	<i>D.</i>
12 <i>a</i>	120,45	6,675	6,728	3,427	1894,93	1928,1	1056,33	1036,55	1046,44	0,634
12 <i>b</i>	120,35	6,770	6,692	3,243	2042,9	1880,	949,76	870,55	910,15	0,595
12 <i>c</i>	120,55	6,754	6,698	3,778	2025,68	2070,65	1290,92	1326,4	1308,66	0,693
12 <i>d</i>	120,27	6,789	6,677	3,370	—	—	—	—	—	0,662
$E = 1088,42$					$D = 0,646$					

Afgaande op de kromming der jaarringen en uit de aanwezigheid van spint, meen ik te mogen opmaken, dat het blokje No. 11 uit den top van den stam is genomen. Van deze staafjes No 11 zijn *a* en *b* gedeeltelijk uit het spint genomen, hetgeen het verschil in spec. gewicht verklaart.

De staafjes No. 12 waren te gering van afmetingen om er een duidelijken toon uit te kunnen verkrijgen. 12 *d* kon zelfs in 't geheel niet met duidelijke knooplijnen aan het trillen gebracht worden.

Vergelijken wij nu de gevondene uitkomsten met die door andere onderzoekers verkregen.

Mij zijn de volgende onderzoekingen op Djati-hout bekend:

1<sup>e</sup>. Die, ondernomen door den 1<sup>en</sup> Luitenant Bisschop van Heemskerk in de vallei van Ambarawa, en beschreven door den Majoor-Ingenieur Keurenaer in de Verhan-

delingen van het Kon. Instituut van ingenieurs. Jaargang 1851—52. pag. 54.

2°. Die in 1852 ondernomen in den artillerie-constructie winkel te Soerabaya door den Luitenant-Kolonel-Ingenieur C. G. van Dentzsch, beschreven in de Verhandelingen van het K. Inst: v. Ing. Jaargang 1854—55. pag. 30.

3°. Die van H. A. van der Speck Obreen, beschreven in de „Verhandelingen en Berigten betrekkelijk het Zeewezen en de Zeevaartkunde” van Jacob Swart. Jaargang 1854. 2° deel. pag. 221 e. v.

4°. Die van P. Barlow op Teak-hout, te vinden in zijn „Strength of Matrials” pag. 82.

5°. Die van Thomas Laslett op Teak-hout, beschreven in zijn „Timber and Timber-trees” pg. 125.

6°. Vind ik eene opgave van den elasticiteits-coëfficient en het spec. gewicht van Djati-hout in H. de Bruijn „Bijdragen tot de kennis der bouwkunde in Ned. Indie” pag. 9, uit eigen proefnemingen bepaald.

Tabel XIX—XXIV bevaten de uitkomsten dier verschillende onderzoekingen, bij welke het volgende is op te merken.

Al deze proeven werden op dezelfde wijze genomen, namelijk door het meten van de doorbuiging welke een aan beide uiteinden ondersteunde horizontale balk ondergaat, door eene belasting op 't midden van dien balk

werkende. Ter berekening van den elasticiteits-coëfficiënt geeft de theorie de formule <sup>1</sup>:

$$E = \frac{a^3 Q}{4 b h^3 u}$$

waarin  $a$  de afstand tusschen beide steunpunten,  
 $b$  de breedte,  
 $h$  de hoogte, en  
 $u$  de doorbuiging voorstelt, welke die balk door  
eene belasting  $Q$  ondergaat.

De formule van Delprat is dezelfde welke door Chevandier en Wertheim bij hunne berekening werd gebruikt. De daarmede berekende coëfficiënt kwam overeen met dien gevonden door de methode, waarbij de staaf in de richting der lengte werd uitgerekt <sup>2</sup>.

Met behulp van deze formule zijn de elasticiteits-coëfficiënten van Keurenaer, de Bruijn en van van der Speck Obreen berekend.

Anderen maken gebruik van dezelfde formule, doch met andere getallen-coëfficiënten, zooals Barlow en Laslett, van de formule:

$$E = \frac{a^3 Q}{16 b h^3 u}$$

en zooals van Dentzsch, die de formule:

---

<sup>1</sup> Genomen uit de Verhandeling over den wederstand van balken en ijzeren staven van J. P. Delprat. pg. 21.

<sup>2</sup> Chevandier en Wertheim. Mémoire. etc. pag 53.

$$E = \frac{3}{8} \frac{a^3 Q}{bh^3 u}$$

gebruikt, welke laatste ontleend is aan het „handboek over den wederstand van bouwstoffen” van W. A. Froger. pag. 48.

De in tabel XIX—XXIV opgegevene waarden zijn door mij berekend volgens de formule van Delprat, ten einde de waarden onderling, en tevens met die door mij gevonden, te kunnen vergelijken.

TABEL XIX.

Djati-kapoor. Bisschop van Heemskerck.

	<i>a.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>E.</i>	<i>A.</i>	<i>Q.</i>	Spec. Gewicht.
1.	32	1,05	1,08	979,76	11	51—561	Stameinde 0,8754
2.	47,15	1	1	1343,04	13	49—349	„ 0,7974
3.	32	0,7	1,2	1133,50	7	125—425	„ 0,8701
4.	47	1,2	1,5	1105,20	11	125—675	Topeinde 0,8173
5.	58	1,6	2	1306,20	12	200—1400	„ 0,7631
6.	47	1,2	1,8	1590,84	9	250—1375	Midden 0,7928
7.	47	1,7	1,7	1372,64	6	250—1125	„ 0,7951
8.	58	2	2,8	1030,70	9	800—3200	Gemiddeld 0,8159

$$E = 1232,73.$$

In deze tabel zijn *a*, *b* en *h* in decimeters, *Q* in kilogrammen uitgedrukt. De specifieke gewichten zijn niet die van de balken, waarvan de elasticiteits-coëfficiënt bepaald is.



TABEL XX. Djati-kapoor. van Dentzsch.

Num- mer.	<i>a.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>Q.</i>	<i>u.</i>	<i>E.</i>	<i>D.</i>
1.	19,6	0,5	0,5	200	60	1004,	0,6975
2.	19,6	"	"	200	55	1095,4	0,7200
3.	20,	"	"	250	56	857,14	0,6277
4.	20,	0,485	"	150	43	1150,8	0,6177
5.	20,	0,5	"	160	65	787,69	0,5687
6.	19,78	"	"	160	48	1031,85	0,6395
7.	19,78	"	"	145	68	660,08	0,5657
8.	21,4	"	"	205	61	1317,42	0,6691
9.	20,	"	"	175	69	811,6	0,6288
10.	25,16	0,625	0,49	200	58	1147,72	0,656
11.	"	0,64	0,48	175	52 <sup>5</sup>	1054,8	0,6607
12.	"	"	0,5	"	51 <sup>5</sup>	1032,27	0,6396
13.	"	0,57	0,57	190	63	1137,58	0,6353
14.	"	"	"	175	"	1047,78	0,6401
15.	"	0,575	0,54	190	83 <sup>5</sup>	1000,66	0,6357
16.	"	0,57	0,57	125	40	1178,75	0,6074
17.	21,63	0,6	0,6	200	44	887,32	0,5420
18.	"	"	0,59	"	40	1026,53	0,5650
19.	"	"	0,6	175	35	976,07	0,6903
20.	"	"	"	200	40	976,07	0,7327
21.	"	0,5	0,5	150	72	843,31	0,6309
22.	"	"	"	145	69 <sup>5</sup>	844,52	0,6382
23.	"	"	"	150	64	948,73	0,6436
24.	"	0,485	0,505	"	70	867,94	0,6373
25.	"	0,44	0,445	120	84	932,2	0,6447
26.	"	0,45	0,45	"	72	1028,28	0,6467
27.	"	"	"	"	"	1028,28	0,6345
28.	"	0,44	0,45	120	72	1051,64	0,6596
29.	"	0,55	0,55	200	48	1151,98	0,6687
30.	"	0,56	"	175	49	969,78	0,6327

*a, b, h* in decimeter. *u* in millimeter.

$$E = 994,94 \quad D = 0,6392$$

TABEL XXI.  
Djati. v. der Speck Obreen.

Num- mer.	<i>a.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>Q:u.</i>	<i>E</i> <sub>1</sub> .	<i>E</i> <sub>2</sub> .	<i>D.</i>
1.	9.	1.	0,7	200,	1062,6	1062,6	0,870
2.	8.	0,5	0,5	55,05	1126,1	1099,2	0,869
3.	"	"	"	70,1	1435,7	1416,2	0,865
4.	"	"	"	62,6	1282,15	1306,	0,836
5.	"	0,2	0,2	1,73	1384,	1424,	0,727
6.	"	"	—	1,7	1360,	1424,	0,772
7.	"	"	—	2,	1600,	1600,	0,750

$$E_1 = 1321,5. \quad D = 0,813. \quad E_2 = 1333,0.$$

*a. b. h.* in decimeter.

TABEL XXII.  
Teak. Barlow.

Num- mer.	<i>a.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>Q.</i>	<i>u.</i>	<i>E.</i>	<i>D.</i>
1. }	72	2	2	300	1,065	1155,1	0,742
	"	"	"	"	1,093	1125,5	—
2. }	"	"	"	"	1,150	1069,7	0,749
	"	"	"	"	1,130	1088,6	—
3. }	"	"	"	"	1,276	964,1	0,744
	"	"	"	"	1,192	1032,0	—

$$E = 1072,5 \quad D = 0,745.$$

In deze, zooveel als in de twee volgende tabellen zijn *a*, *b*, *h* en *u* uitgedrukt in engelsche duimen; *Q* in Engelse ponden, *E* evenwel in kilogrammen werkende op één vierkanten millimeter.

TABEL XXIII.

Moulmein Teak. Laslett.

Num- mer.	<i>a.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>Q.</i>	<i>u.</i>	<i>E.</i>	<i>D.</i>
1.	72	2	2	390	1,8	888,43	0,712
2.	"	"	"	"	1,25	1279,34	0,787
3.	"	"	"	"	1,6	999,48	0,840
4.	"	"	"	"	1,65	969,2	0,724
5.	"	"	"	"	1,75	913,81	0,720
6.	"	"	"	"	1,35	1184,6	0,874

$$E = 1039,14. \quad D = 0,776.$$

TABEL XXIV.

Moulmein Teak. Laslett.

Num- mer.	<i>a.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>Q.</i>	<i>u.</i>	<i>E.</i>	<i>D.</i>
1.	72	2	2	390	1,25	1279,34	0,910
2.	"	"	"	"	2,10	761,51	0,821
3.	"	"	"	"	1,75	913,81	0,805
4.	"	"	"	"	1,90	841,67	0,790
5.	"	"	"	"	1,50	1066,1	0,800
6.	"	"	"	"	2,65	603,46	0,726

$$E = 910,98. \quad D = 0,808$$

In tabel XIX zijn opgenomen de uitkomsten verkregen door Bisschop van Heemskerk. Elke coefficient is berekend uit meerdere doorbuigingen door verschillende belastingen veroorzaakt, welke van 50—3200 kilogram varieerden. In de kolom *A* staat opgegeven uit hoe-

veel doorbuigingen de  $E$  waarschijnlijk berekend was, benevens de eerste en laatste belasting.

Deze proeven narekenende, was het mij niet mogelijk tot dezelfde getallen voor  $E$  te komen, om welke reden ik slechts heb overgenomen de afmetingen en den door B. van Heemskerk opgegeven elasticiteits-coëfficient.

Van Dentzsch ging den loop na van het quotient  $\frac{Q}{u}$ . Wanneer dit eene plotselinge verandering onderging, was het hem een bewijs dat de veerkracht geleden had, en werd de voorafgaande belasting, en daarbij behoorende doorbuiging, ter berekening van  $E$  gebezigd. De merkwaardige standvastigheid welke van Dentzsch in den gang van  $\frac{Q}{u}$  waarnam, moet worden toegeschreven, aan de weinige nauwkeurigheid, waarmede de doorbuiging werd gemeten.

In Tabel XXI zijn opgegeven de uitkomsten van van der Speck Obreen benevens de waarde  $\frac{Q}{u}$  voor verschillende belastingen gevonden. De door mij uit zijne opgaven berekende elasticiteits-coëfficienten, onder  $E_1$  in de tabel opgegeven, komen niet alle overeen met die door Obreen opgegeven. Waaraan dit verschil moet worden toegeschreven zou ik niet weten te zeggen.  $E_2$  zijn de  $E$ 's door v. d. Speck Obreen berekend.

Tabel XXII, XXIII en XIV bevatten de proeven

van Barlow en Laslett op Teak-hout. De afmetingen, doorbuigingen en belastingen zijn in Engelsche maat en gewicht overgenomen, doch de elasticiteits-coëfficiënt stelt wederom voor kilogrammen, werkende op een vierkanten millimeter. Daar Barlow, en op het voorbeeld van dezen ook Laslett, eene fout in de berekening heeft begaan door voor  $a$  in plaats van den afstand tusschen beide steunpunten = 6 feet, de geheele lengte = 7 feet te substitueeren, vallen alle door hen berekende coëfficiënten in de verhouding  $7^3 : 6^3$  te groot uit <sup>1</sup>. In de tabellen XXII, XXIII en XXIV zijn de juiste waarden van  $E$  opgegeven.

Barlow en Laslett meten de doorbuiging veroorzaakt door een zelfde gewicht. Laslett trekt van de waargenomen doorbuiging nog de blijvende doorbuiging af.

Behalve die van Bisschop van Heemskerk, behooren de in de tabellen medegedeelde specifieke gewichten bij de onderzochte staven.

Hoewel al deze proefnemingen volgens dezelfde methode, die door buiging, zijn geschied, zien wij, dat elke onderzoek nog iets eigenaardigs in de uitvoering heeft; zoodat de resultaten eigenlijk niet onderling vergelijkbaar zijn. Deze bepalingen hebben ook trouwens slechts een practisch doel, in zooverre zij strekken om eene zekere grens te leeren kennen, terwijl het op eene juiste kennis van den elasticiteits-coëfficiënt minder aankomt.

<sup>1</sup> Zie »Nature". 24 May. 1874. pag. 61.

De bovengegevene resultaten nemende zooals zij zijn, dan vindt:

Bisschop v. Heemskerk	$E=1232,73.$	$D=0,816$ als gem. van 8 bepaling:
van Dentzsch	$E=994,94.$	$D=0,639$ „ „ „ 30 „
v. d. Speck Obreen	$E=1321,5$	$D=0,813$ „ „ „ 7 „
Barlow	$E=1072,5$	$D=0,745$ „ „ „ 3 „
Laslett	$E=1039,14.$	$D=0,776$ „ „ „ 6 „
„	$E=910,98.$	$D=0,801$ „ „ „ 6 „
De Bruijn	$E=985,85$	$D=0,692$ „ „ „ 1 (?) „

Als gemiddelde van al deze getallen vinden wij, door aan elk getal toe te kennen de waarde als door het aantal waarnemingen wordt uitgedrukt:

$$E = 1063,35 \quad D = 0,705$$

Bereken ik de gemiddelde waarde van  $E$  en  $D$  voor Teak en Djati-kapoor uit de tabellen V—XIII volgens dezelfde methode, dan is

$$E = 1183,96 \quad D = 0,667$$

De door mij gevonden coefficient is hooger dan die door buiging, 't geen overeenkomt met de ondervinding van Wertheim. De verhouding

$$1183,96 : 1063,35 = 1,1134$$

valt geheel binnen de op pag. 25 voor verschillende houtsoorten opgegevene verhoudingen.

Het door mij gevondene specifieke gewicht verschilt van dat der andere onderzoekers. Neemt men in aanmerking, dat de door mij gebruikte staafjes van kleine afmetingen waren, en dus spoedig konden uitdrogen, en

daarenboven afkomstig waren van blokjes, welke reeds langen tijd in het museum aanwezig en dus waarschijnlijk zeer droog waren, terwijl de onderzoekingen der anderen dikwijls ter plaatse, waar de boom groeit, zijn geschied, zoodat het hout nog nat kan geweest zijn, dan laat zich dit verschil in specifiek gewicht wel verklaren.

De bovengevondene verhouding 1,1134 ook voor de andere Djati-soorten aannemende, vinden wij voor den statischen elasticiteits-modulus der door mij onderzochte staafjes van:

Djati-gembol	$E = 935,07$
Djati-kembang	$E = 774,19$
Djati-doreng	$E = 1348,55.$

---

Het IJzerhout, *Eusideroxylon Zwagerii*. fam. *Laurineae*, komt voor op Sumatra, Borneo en Bangka, en draagt de inlandsche namen van Oenglen, Oelien, Behlian, Boelien, Toelian enz.

Deze boom bereikt onder gunstige omstandigheden eene hoogte van 60—70 voet, bij eene stamdikte van 30 duim. Hij wordt gezellig groeiende gevonden in lage, droge streken op de genoemde eilanden en in het gebied van Palembang, meer bepaaldelijk in de Batang-Lekoh, en aan enkele andere beneden rivieren in het noord-

oostelijk gedeelte van dat gewest. Soortelijk gewicht 1.068 <sup>1</sup>.

De Bruijn <sup>2</sup> roemt dit hout zeer, volgens hem is het beter voor den waterbouw geschikt dan Djati-hout. Alles wat weinig bewerking behoeft te ondergaan en onder water of wind komt te staan, behoort van dit hout gemaakt te worden, terwijl het de eenige (Oost-Indische) houtsoort is, welke aan den paalworm weerstand biedt. Als het droog is, is het niet te bewerken. Brugdekken welke de Bruijn uit dit hout vervaardigd had, werden door hem onvergankelijk bevonden.

Voor dit hout geeft de Bruijn op:

$$E = 2802,73 \quad D = 1,311$$

Ook de Majoor-Ingenieur Keurenaer <sup>3</sup> bespreekt deze houtsoort. Hij roemt het hout als zeer hard, en genoegzaam onvergankelijk, zoo dat het voor spoorwegen zeer geschikt zoude wezen, doch het vervoer levert vele bezwaren op en de bewerking is uiterst moeielijk, zoodat de gewone gereedschappen hiertoe ongeschikt zijn. De inlanders bedienen zich daarom van een bijzonder soort bijl, waarvan de rug zeer dik is. Hij geeft op voor het spec. gewicht  $D = 1,198$ .

Teijsmann deed in het jaar 1860 eene botanische reis

---

<sup>1</sup> De Sturler. Beschrijving enz. pag. 13.

<sup>2</sup> K. de Bruijn. Handboek der Bouwkunde enz.

<sup>3</sup> Verh. K. I. v. Ing. 1851—52. pag. 54.



over Bangka en de Palembangsche binnenlanden, welke reis hij beschreef in het natuurkundig tijdschrift voor Ned. Indie deel 18. pag. 1. Op deze reis bezocht hij ook het ijzerhout ter plaatse waar hetzelfde groeide, en bestemde den boom uit zijne vruchten, als tot de familie der Laurineae behoorende. Sommige soorten zegt hij, zijn zoo hard, dat de arme inlander er niet gaarne zijn bijl toe leent; de inlander evenwel schijnt verplicht te zijn eene zekere hoeveelheid hout tegen bepaald tarief te leveren, hetgeen gelijk staat met kosteloze levering. Omdat de arme inlander ook al niet gaarne voor niet werkt, is hij dus zeer blij wanneer het hout eindelijk is opgeruimd, en hij komt daaraan een weinig te hulp door de bosschen in brand te steken, waarna hij op de open plekken rijst plant, die niet zooveel waard als het hout, doch voor hem voordeeliger is.

Ter plaatse waar Teysmann het ijzerhout bezocht, waren toen, tot groote vreugde van den inlander, alle dikke stammen opgeruimd, zoodat de verplichte levering daar een einde nemen moest.

In de „Mededeelingen betreffende het zeewezen, uitgegeven door de zorg van het Departement van Marine” deel V. wordt voor het spec. gewicht van ijzerhout nog opgegeven  $D = 1,074$  en verder medegedeeld, dat het zich goed laat spijkeren en bewerken, evenals palmhout.

Tabel XXV bevat de uitkomsten van mijne bepalingen

gen op eenige staafjes ijzerhout van een blokje, 't welk behoort bij een verzameling, welke vroeger (1864) op last van het Departement van Marine is onderzocht, van welke onderzoekingen het resultaat is medegedeeld in de bovengenoemde „Mededeelingen” van Marine. Daar het blokje ijzerhout te klein was, werd dit toen niet op elasticiteit en sterkte onderzocht. De geringe afmetingen zijn evenwel voor de akustische methode geen bezwaar.

TABEL XXV.

IJzerhout. Departement van Marine.

Num- mer.	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>n<sub>b</sub>.</i>	<i>n<sub>h</sub>.</i>	<i>E<sub>b</sub>.</i>	<i>E<sub>h</sub>.</i>	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
13 <i>a</i>	154,5	9,551	3,703	5,743	—	753,9	—	2395,	2395,	1,051
13 <i>b</i>	149,3	9,784	4,900	7,562	—	1028,1	—	2228,9	2228,9	1,057
13 <i>c</i>	139,	9,652	3,722	5,615	—	897,	—	2351,5	2351,5	1,125
13 <i>d</i>	125,7	9,688	3,744	4,807	—	1120,8	—	2277,8	2277,8	1,053

$$E = 2313,3$$

$$D = 1,072$$

Het gevonden spec. gewicht komt overeen met dat gegeven in de „Mededeelingen.” Hoewel het hart in het blokje aanwezig was, zijn de gevonden *E*'s zeer hoog, overeenkomende met de voortreffelijke hoedanigheden aan dit hout toegeschreven.

TABEL XXVI.

IJzerhout. Departement van Kolonien.

Num- mer	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>n<sub>b.</sub></i>	<i>n<sub>h.</sub></i>	<i>E<sub>b.</sub></i>	<i>E<sub>h.</sub></i>	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
14 <i>a</i>	279,85	10,161	10,105	31,935	635,4	620,76	2571,04	2480,47	2525,75	1,1114
14 <i>b</i>	279,24	10,017	10,088	31,145	638,86	647,55	2647,13	2281,45	2664,29	1,1018
14 <i>c</i>	281,05	10,048	10,141	32,170	622,82	635,31	2597,37	2653,2	2625,28	1,1233
14 <i>d</i>	280,25	9,981	10,184	31,450	612,94	626,56	2477,3	2486,41	2481,85	1,1066
14 <i>e</i>	281,74	10,101	10,065	32,295	635,88	638,47	2715,45	2757,27	2736,37	1,1275
14 <i>f</i>	279,9	10,078	10,134	32,522	650,3	648,65	2804,33	2759,4	2781,86	1,1377
14 <i>g</i>	279,9	10,044	10,031	31,473	625,8	636,26	2565,04	2658,33	2611,68	1,1161

$$E = 2632,44 \quad D = 1,1178.$$

TABEL XXVII.

IJzerhout. Verzameling Teysmann.

Num- mer.	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>n<sub>b.</sub></i>	<i>n<sub>h.</sub></i>	<i>E<sub>b.</sub></i>	<i>E<sub>h.</sub></i>	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
15 <i>a</i>	198,45	10,068	10,051	22,987	1130,75	1145,1	2159,9	2222,45	2191,17	1,1446
15 <i>b</i>	139,1	10,098	9,983	15,775	2360,0	2356,8	2219,0	2264,2	2241,60	1,1250
15 <i>c</i>	173,27	9,975	9,995	19,365	1488,9	1469,1	2171,3	2105,6	2138,45	1,1210
15 <i>d</i>	194,35	10,143	9,970	22,317	1200,3	1212,9	2188,2	2313,7	2250,95	1,1355
15 <i>e</i>	203,35	10,165	10,136	23,460	1110,7	1130,7	2204,2	2298,0	2251,40	1,1197
15 <i>f</i>	198,3	10,035	10,048	22,355	1136,8	1105,2	2140,2	2017,6	2078,90	1,1118
15 <i>g</i>	198,1	10,039	9,966	22,430	1121,0	1112,1	2097,27	2093,97	2095,47	1,1317

$$E = 2156,0. \quad D = 1,1237.$$

De getallen voor den elasticiteits-coëfficiënt en voor het specifiek gewicht, voor de staafjes No. 14 gevonden, zijn nog hooger dan die voor de staafjes No. 13. Deze getallen komen ook dichter bij die, welke door de Bruijn worden opgegeven.

Het monster, waarvan de staafjes No 14 genomen zijn, was, blijkens de jaarringen uit het beste gedeelte van den stam. Het jongere hout, hier de laatste staafjes, heeft bij deze houtsoort klaarblijkelijk hooger en elasticiteits-coëfficiënt dan het oudere. In het blok No 15 was het hart aanwezig, benevens eenige groote kwasten. De gemiddelde  $E$  van de staafjes van dit laatste, komt vrij wel overeen met die der staafjes No. 13.

---

Tembesoe-rena, *Fagraea peregrina*. fam. *Loganiaceae*, behoort tot de voortreffelijkste houtsoorten van Ned. Indië; doch deze boom wordt veel minder overvloedig gevonden dan de djati-boom of de ijzerhout-boom. Hij komt voor op Sumatra, Borneo en ook op Riouw, en vooral in de Zuid-oost en zuid-weststreken van Palembang en in de Lampongs. Met het ijzerhout behoorde dit hout tot het zoogenoemde vorstelijke hout, hetwelk zonder verlof niet mocht gekapt worden. Wegens de meerdere duurzaamheid wordt het boven Djati gesteld. Volgens de Sturler is het soortelijk gewicht = 0,828.

TABEL XXVIII.

Tembesoe-rena. Departement van Marine.

Num- mer.	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	$n_b$	$n_h$	$E_b$	$E_h$	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
16 <i>a.</i>	244,2	10,016	10,074	18,300	659,48	666,54	1103,1	1111,4	1107,20	0,743
16 <i>b.</i>	244,0	9,983	10,014	18,395	655,61	659,32	1117,8	1112,0	1114,90	0,754
16 <i>c.</i>	314,0	10,149	10,243	23,825	423,0	421,84	1188,8	1160,8	1174,80	0,730
16 <i>d.</i>	172,45	5,151	5,353	3,456	720,05	744,64	1211,54	1199,12	1205,33	0,727
16 <i>e.</i>	133,1	5,112	5,201	2,549	1248,17	1209,76	1255,8	1223,95	1239,87	0,720
16 <i>f.</i>	122,0	5,129	5,233	2,253	1447,6	1437,1	1171,1	1108,85	1139,97	0,688
16 <i>g.</i>	303,20	10,146	10,029	22,223	478,75	479,88	1307,3	1344,37	1325,83	0,720
16 <i>h.</i>	291,8	10,057	10,082	21,443	495,04	496,44	1228,0	1228,8	1228,40	0,723
16 <i>i.</i>	243,8	9,977	10,082	17,942	726,73	728,06	1322,8	1297,1	1309,90	0,732
16 <i>k.</i>	244,0	10,062	9,997	18,505	743,09	743,09	1405,9	1424,2	1415,05	0,754

$$E = 1226,13$$

$$D = 0,730$$

TABEL XXIX.

Tembesoe-rena. Departement van Marine.

Num- mer.	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	$n_b$	$n_h$	$E_b$	$E_h$	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
17 <i>a.</i>	194,5	5,304	5,251	4,107	584,13	576,96	1269,32	1261,48	1265,40	0,7582
17 <i>b.</i>	194,5	5,186	5,277	4,072	590,61	600,67	1369,65	1368,27	1368,96	0,7650
17 <i>c.</i>	194,5	5,207	5,225	4,060	580,88	589,38	1318,08	1347,56	1332,82	0,7672
17 <i>d.</i>	194,24	5,198	5,243	4,034	587,66	604,28	1337,33	1389,86	1363,59	0,7621
17 <i>e.</i>	194,55	5,174	5,273	4,045	586,93	603,76	1355,08	1380,60	1367,84	0,7621
17 <i>f.</i>	194,4	5,165	5,291	3,978	600,8	601,32	1395,70	1332,28	1363,99	0,7488
17 <i>g.</i>	194,55	5,170	5,285	3,908	580,27	616,04	1279,7	1380,27	1329,89	0,7352
17 <i>h.</i>	194,55	5,350	5,425	4,110	596,52	597,94	1307,2	1280,17	1293,68	0,7285
17 <i>i.</i>	194,55	5,255	5,288	3,810	609,66	617,14	1286,8	1329,33	1308,06	0,7047
17 <i>k.</i>	194,5	5,331	5,275	3,872	605,54	603,02	1260,82	1277,02	1268,92	0,7079
17 <i>l.</i>	194,5	5,276	5,291	3,930	604,08	617,83	1334,15	1359,33	1346,74	0,7238
17 <i>m.</i>	194,55	5,253	5,181	3,655	609,66	611,28	1230,05	1270,5	1250,27	0,6903
17 <i>n.</i>	194,45	5,200	5,281	3,697	583,82	591,93	1204,35	1200,4	1202,37	0,6924

$$E = 1312,5$$

$$D = 0,7420$$

De getallen voor *E* en *D* voor de staafjes No. 16 en No. 17 uit verschillende blokken komen onderling vrij wel overeen, hoewel de afmeting der staafjes zeer verschillend is. In de tabel XXVIII sluiten de waarden van de staafjes *d*, *e*, *f* en *g* zeer goed met de overigen,

hoewel de genoemde staafjes van zeer geringe afmetingen zijn. In het blok, waaruit de staafjes No. 16 genomen zijn, was het hart aanwezig. Het hout zelf was zeer gescheurd.

De staafjes No. 17 zijn gerangschikt zooals zij in het plankje voorkwamen, dat dwars door de jaarringen van het blokje afgezaagd was. De uiterste staafjes zijn van het jongste hout. Werkelijk ziet men in de kolommen voor de elasticiteits-coëfficiënten een maximum in het midden bij de staafjes *d*, *e*, en *f*, terwijl het specifiek gewicht naar beneden toe langzaam afneemt. Dus is bij deze houtsoort het jongste hout het lichtst, en vertoont het een lageren elasticiteits-coëfficiënt als de oudere houtlagen.

---

## HOOFDSTUK VII.

---

### SURINAAMSCHЕ HOUTSOORTEN.

Ook de kolonie Suriname levert een schat van edele houtsoorten op, welke, hoe wel hier te lande meer bekend als de Oost-Indische, nog verre van algemeen ge waardeerd zijn. Reeds in 1829 is het Surinaamsche hout een onderwerp van onderzoek bij de Ned. Marine geweest, zelfs zijn verschillende ingenieurs naar die kolonie gezonden, om de bosschen te onderzoeken, en verslag te doen van de bruikbaarheid van het Surinaamsche hout. Aan de bemoeiingen dier ingenieurs was het te danken, dat de heer C. J. Glavimans een 60 tal dier houtsoorten kon onderzoeken, van welk onderzoek de heer Glavimans verslag heeft gedaan in de verhandelingen van het K. I. v. Ingenieurs. Jaargang 1848. pag. 1.

Over de Surinaamsche houtsoorten bestaat, behalve de bovengenoemde van Glavimans, nog een zeer bekende verhandeling van Jhr. C. A. van Sypesteijn in het tijdschrift „West-Indie” aflevering 2 en 3, en nog eene van den heer H. A. v. d. Speck Obreen. „Over de houtsoorten welke in Europeesch Guiana wassen,” aan welke



verhandelingen ik de bijzonderheden heb ontleend, welke bij de door mij onderzochte houtsoorten zijn gevoegd.

Bepalingen van de elasticiteit zijn alleen geschied door Glavimans, met wiens uitkomsten ik dus die, door mij verkregen, zal kunnen vergelijken.

Groenhart. *Bignonia leucoxydon*. fam. *Bignoniaceae*. In Demerary *Accouribroad*, in Cayenne *Ebène verte*, *Coeur verte*, geheeten. Hier te lande is het meer als groen ebbenhout bekend. Het wordt door kapitein Stolte <sup>1</sup> de koning der houtsoorten genoemd. Jhr. Sypesteijn roemt het na het bruinhart als de duurzaamste en de beste der Sur. houtsoorten. 't Komt veelvuldig en in alle afmetingen voor, en is zeer gezocht voor alle timmerwerken. Het hout is zwaar, bruin van kleur, moeilijk te bewerken; het zaagsel heeft versch eene helder groene kleur, en wordt door den werkman voor vergiftig gehouden.

De Majoor-Ingenieur Keurenaer schijnt de Surinaamsche houtsoorten onvoorwaardelijk boven de Oost-Indische te verkiezen, volgens zijne uitspraak in zijne reeds op pag. 73 aangehaalde verhandeling, waarin hij zegt, dat handel in Oost-Indische houtsoorten geen resultaat zoude opleveren, daar al die soorten, (met uitzondering van het Ambonsche meubelhout), niet met de West-Indische kunnen wedijveren.

---

<sup>1</sup> Inventaris eener verzameling houtsoorten door Kapitein Ph. F. C. Stolte. enz., medegedeeld door G. C. Hartz. Verh. K. I. v. Ing. 1848. pag. 23.

TABEL XXX.  
Groenhart.

Num- mer.	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>n<sub>b</sub>.</i>	<i>n<sub>h</sub>.</i>	<i>E<sub>b</sub>.</i>	<i>E<sub>h</sub>.</i>	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
18 <i>a.</i>	135,05	10,048	9,077	14,928	2394,5	2203,8	2208,3	2292,2	2250,2	1,212
18 <i>b.</i>	135,	10,006	9,040	13,455	2592,8	2362,6	2370,3	2411,1	2390,7	1,102
18 <i>c.</i>	135,	9,995	9,100	13,385	2653,9	2433,0	2465,2	2497,1	2481,3	1,091
18 <i>d.</i>	135,1	10,036	9,042	13,375	2670,7	2415,9	2469,9	2498,3	2484,1	1,089

$E = 2401,6.$        $D = 1,124.$

Tabel XXX geeft mijne uitkomsten op een viertal staafjes groenhart, van de vier hoekpunten van het monster genomen; zij zijn gerangschikt naar den ouderdom, beginnende met de oudste. Hetzelfde is gedaan met de andere staafjes Surinaamsch hout. Men ziet duidelijk de afneming in elasticiteit met den ouderdom, bij toenemend specifiek gewicht.

TABEL XXXI.  
Groenhart. Glavimans.

Num- mer.	<i>a.</i>	<i>b = h.</i>	<i>Q.</i>	<i>u.</i>	<i>E.</i>	<i>E<sub>g</sub>'</i>	<i>D</i> in 1838.	<i>D</i> in 1848.
1.	15	0,8	831,8	13	1318,04	1342,7		
2.	"	"	826,4	8	2127,9	2162,2		
3.	"	0,6	222,0	7	2064,7	2065,2	1,245	1,197
4.	"	"	918,0	26	2298,6	2544,1		
5.	"	0,4	175,6	23	2516,4	2518,6		
6.	"	"	375,2	52	2378,1	2380,1		

$E = 2117,7$        $D = 1,245$        $E_g = 2168,8.$

Tabel XXX bevat de uitkomsten van Glavimans.  $a$ ,  $b$ , en  $h$  zijn in decimeters,  $u$  in millimeters,  $Q$  in kilogrammen uitgedrukt. Kolom 6 bevat de elasticiteits-coëfficiënten, zooals ik die uit de opgaven van Glavimans heb berekend, kolom 7 bevat de door Gl: opgegevene  $E$ 's. De formule volgens welke Glavimans dit deed, heb ik nergens anders kunnen vinden, ook komen daarin grootheden voor, waarvoor hij geene beteekenis opgeeft. De door mij berekende waarden zijn steeds kleiner dan die van Glavimans. De proeven van Glavimans werden in 1838 genomen, het specifiek gewicht in 1838 bepaald, behoort dus bij de elasticiteits-coëfficiënten.

Bolletree — *Lucuma mammosa*. fam. *Sapotaceae*. In Demerary *Bully-tree*, in Cayenne *Balata*, geheeten. Dit is een van de meest bekende en meest voorkomende houtsoorten. Ook dit hout kan in zeer groote afmetingen verkregen worden, en men vindt daarvan steeds een grooten voorraad op de houtmarkten. In Nederland is het bekend onder den naam „paardenvleesch” naar de soms heldere roode kleur. Ook heet het wel eens „boerewei” naar den Arrowakschen naam *Boerowé*. Het hout wordt met den ouderdom zeer hard, zoodat men er moeilijk een spijker in kan slaan. Ook kan men het hout splijten, en met dit gespleten hout worden de huizen als met pannen bedekt.

TABEL XXXII.  
Bolletrie

Num- mer.	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>n<sub>b</sub>.</i>	<i>n<sub>h</sub>.</i>	<i>E<sub>b</sub>.</i>	<i>E<sub>h</sub>.</i>	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
19 <i>a</i>	135,0	9,983	8,891	11,745	2576,7	2334,9	2090,9	2164,0	2127,4	0,980
19 <i>b</i>	135,1	9,973	8,869	12,486	2539,0	2296,7	2176,1	2251,5	2213,8	1,045
19 <i>c</i>	134,93	9,973	8,960	12,596	2450,5	2268,4	2022,8	2147,6	2085,2	1,044
19 <i>d</i>	135,07	10,041	8,994	12,858	2407,5	2227,3	1942,5	2075,4	2010,4	1,054

$$E = 2109,2 \quad D = 1,031.$$

De gang van *E* en *D* is hier tegenovergesteld aan dien bij groenhout; de elasticiteit neemt namelijk af van het centrum naar den omtrek, terwijl het soortelijk gewicht in die richting toeneemt.

TABEL XXXIII.  
Bolletrie. Glavimans.

Num- mer.	<i>a.</i>	<i>b = h.</i>	<i>Q.</i>	<i>u.</i>	<i>E.</i>	<i>E<sub>g</sub></i>	<i>D</i> in 1838	<i>D</i> in 1848
1.	15	0,8	1935,5	22	1812,3	1814,5		
2.	„	0,6	535,3	16	2178,1	2569,5		
3.	„	0,6	535,0	18	1932,3	1935,8	1,191	1,051
4.	„	0,4	127,3	16	2622,3	2624,8		
5.	„	„	221,2	31,5	2314,5	2316,5		

$$E = 2171,9 \quad D = 1,191 \quad E_g = 2252,2.$$

De waarden van Glavimans varieeren zeer sterk, 't gemiddelde is ietwat grooter dan bij het door mij onderzochte hout, zoowel voor *E* als voor *D*.

Purperhart. *Copaifera pubiflora*. fam. *Leguminosae*. In

Demerary *purpleheart*, in Cayenne *bois violet*, geheeten. Dit hout ontleent zijn naam aan de purperroode kleur. Het wordt even hoog geschat als de beide voorgaande houtsoorten en laat zich gemakkelijk bewerken. Glavimans beweert (pag. 7) dat het hier te lande geen duurzaamheid bezit, en niet tegen de vochtigheid bestand is.

TABEL XXXIV.

Purperhart.

Num- mer.	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>n<sub>b</sub>.</i>	<i>n<sub>h</sub>.</i>	<i>E<sub>b</sub>.</i>	<i>E<sub>h</sub>.</i>	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
20 a	143,12	10,098	6,264	7,672	2528,	1586,6	2149,7	2200,3	2175,0	0,848
20 b	143,12	10,097	6,247	7,502	2496,9	1578,7	2056,6	2147,7	2102,1	0,831
20 c	143,17	10,035	6,189	7,610	2575,8	1591,6	2285,1	2293,7	2289,4	0,856
20 d	143,12	10,095	6,261	7,843	2512,4	1593,4	2173,3	2272,5	2222,9	0,867

$$E = 2197,6 \quad D = 0,850.$$

De waarden voor *E* en *D* varieeren hier zeer weinig, het verschil in ouderdom is dan ook slechts eenige (4 à 5) jaren.

TABEL XXXV.

Purperhart. Glavimans.

Num- mer.	<i>a.</i>	<i>b = h.</i>	<i>Q.</i>	<i>u.</i>	<i>E.</i>	<i>E<sub>g</sub>.</i>	<i>D</i> in 1838.	<i>D</i> in 1848.
1	15	0,8	1930,0	34	1169,4	1188,2	1,014	0,778
2	"	"	1693,1	31	1125,1	1298,3		
3	"	0,6	495,0	28	1164,3	1151,3		
4	"	"	649,3	36	1174,2	1174,7		
5	"	0,4	124,7	34	1208,8	1209,8		
6	"	"	125,6	30	1379,9	1381,1		

$$E = 1203,6 \quad D = 1,014 \quad E = 1233,9.$$

De door Glavimans gevondene waarde voor *E* is aanmerkelijk lager, terwijl het spec. gewicht 1,014 veel

hooger is, dan dat door mij gevonden. De groote uitdroging van de staafjes van Glavimans in den tijd van 10 jaar, zal ook eene aanmerkelijke verhooging van den elasticiteits-coëfficient met zich gebracht hebben, zoodat die waarden elkander meer zullen naderen.

Bijlhout. *Eperua falcata*. fam. *Leguminosae*, in Demerary *Wallaba*, in Cayenne *Vouapa*, geheeten. Is bekend als een zwaar, deugdzaam hout, dat in Suriname zeer veel voorkomt, doch aldaar niet zooveel wordt gebezigd als in de naburige koloniën, 'tgeen waarschijnlijk hieraan is toe te schrijven, dat men in Suriname meent, dat dit hout den bliksem aantrekt.

De naam bijlhout ontstaat door de gedaante der vrucht, in Cayenne *pois-sabre* geheeten. De bekende bijlolie wordt uit dit hout verkregen. Het hout wordt in alle afmetingen gevonden, en, even als bolletrie, gespleten tot op een duim dikte en ter lengte van 1 à 2 voet als dakpan gebruikt.

TABEL XXXVI.

Bijlhout.

Num- mer.	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>n<sub>b</sub>.</i>	<i>n<sub>h</sub>.</i>	<i>E<sub>b</sub>.</i>	<i>E<sub>h</sub>.</i>	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
21 <i>a</i>	135,4	9,757	5,848	7,275	2167,3	1411,0	1506,2	1777,2	1641,7	0,942
21 <i>b</i>	135,4	9,780	5,850	7,215	2237,1	1443,9	1579,9	1839,4	1709,6	0,931
21 <i>c</i>	135,35	9,720	5,818	7,622	2488,0	1578,8	2111,9	2373,9	2242,9	0,996
21 <i>d</i>	135,4	9,755	5,851	7,531	2227,5	1377,1	1647,2	1750,1	1698,6	0,975
					$E = 1823,2$		$D = 0,961$			

Het jongere hout is ook hier het zwaarst en vertoont den hoogsten elasticiteits-coëfficiënt.

TABEL XXXVII.

Bijlhout. Glavimans.

	<i>a.</i>	<i>b=h</i>	<i>Q.</i>	<i>u.</i>	<i>E.</i>	<i>E<sub>g</sub>.</i>	<i>D</i> in 1838	<i>D</i> in 1848
1.	15	0,8	641,1	12	1100,5	1118,4		
2.	„	„	1798,1	25	1481,6	1506,5		
3.	„	0,6	495,0	23	1401,2	1401,6	1,151	0,909
4.	„	„	335,6	16	1365,6	1366,0		
5.	„	0,4	124,8	29	1418,4	1419,7		
6.	„	„	124,8	33	1246,4	1247,6		
7.	„	„	172,7	37,5	1521,5	1519,3		

$$E = 1362,2 \quad D = 1,151 \quad E_g = 1368,4$$

Van deze uitkomsten van Glavimans kon hetzelfde gezegd worden als van de vorigen, de uitdroging is ook hier zeer sterk.

Peto. *Mora excelsa*. fam. *Leguminosae*. In Demerary *Mora* of *Demerara-locust* geheeten.

Deze houtsoort wordt in Suriname zeer weinig, doch in Demerary het meest van allen gebruikt, vooral voor den scheepsbouw.

TABEL XXXVIII.

Peto.

Num- mer.	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>nb.</i>	<i>nh.</i>	<i>E<sub>b</sub>.</i>	<i>E<sub>h</sub>.</i>	$\frac{E_b + E_h}{2}$	<i>D.</i>
22 a.	135,3	9,811	5,795	8,350	2512,7	—	2300,9	—	2300,9	1,0860
22 b.	135,2	9,752	5,848	7,555	2400,	—	1908,3	—	1908,3	0,980
22 c.	135,25	9,714	5,796	7,896	2592,5	—	2383,8	—	2383,8	1,037
22 d.	135,32	9,699	5,788	7,094	2486,5	—	1985,0	—	1985,0	0,934

$$E = 2144,5.$$

$$D = 1,009.$$

De toonhoogte der transversaal-trillingen in de richting der breedte was moeilijk te bepalen. In de richting der hoogte waren de staafjes niet met scherpe knooplijnen aan het trillen te brengen. Dit wijst op weinige homogeniteit. Overigens was het hout zeer grof.

TABEL XXXIX.

Peto. Glavimans.

Num- mer.	<i>a.</i>	<i>b = h</i>	<i>Q.</i>	<i>u.</i>	<i>E.</i>	<i>E<sub>g</sub>.</i>	<i>D</i> in 1838.	<i>D</i> in 1830.
1.	15	0,8	794,1	17	962,4	978,1	1,1104	0,906
2.	„	„	1090,5	„	1321,6	1342,7		
3.	„	0,6	74,4	6	807,29	807,5		
4.	„	„	„	4,5	1076,4	10766,7		
5.	„	0,4	100,2	24	1376,	1377,3		
6.	„	„	74,4	17	1442,4	1443,9		
7.	„	„	„	19	1290,6	1291,9		
8.	„	„	„	15	1635,1	1636,4		

$$E = 1238,9$$

$$D = 1,1104$$

$$E_g = 3970,2.$$



TABEL XL.  
Peto. Glavimans.

Num- mer.	<i>a.</i>	<i>l = h.</i>	<i>Q.</i>	<i>u.</i>	<i>E.</i>	<i>E<sub>g</sub>.</i>	<i>D</i> in 1838	<i>D</i> in 1848
9.	15	0,6	467	17	1788,4	1789,0		
10.	„	„	283,1	11,5	1602,7	1603,3	1,1043	0,891
11.	„	0,4	121,9	22	1826,2	1828		
12.	„	„	171,5	31	1823,4	1825,1		

$$E = 1760,2 \quad D = 1,1043 \quad E_g = 1761,4$$

Daar bij de staven 3 en 4 van Glavimans, het decimaal-  
teeken op eene verkeerde plaats werd aangebracht, komt  
Glavimans tot een gemiddelden elasticiteits-coëfficiënt voor  
Peto = 3970,2. De ware waarde  $E = 1238,9$  komt beter  
overeen met hetgeen hij zelf zegt van deze balkjes, na-  
melijk, dat zij zeer spintig of warrig waren, waarom hij  
nog vier andere balkjes onderzocht, waarvan de uitkom-  
sten in tabel XL vervat zijn, welke waarden beter met  
de door mij gevondene overeenkomen.

Bruinhart. *Vouacapoua Americana*. fam. *Leguminosae*.

Is het sterkste en duurzaamste hout dat in Suriname  
wordt aangetroffen, en wordt algemeen als zoodanig er-  
kend. Dit zware hout komt in alle afmetingen en in  
genoegzame hoeveelheid voor. Verder zuigt het geen  
water in, waarom het dan ook uitstekend geschikt is  
voor vaartuigen, en van wege de gladheid van het hout

is er geen boot waarmede tegen een boot, van dit hout vervaardigd, kan geroeid worden.

TABEL XLI.

Bruinhart.

Num- mer.	<i>l.</i>	<i>b.</i>	<i>h.</i>	<i>G.</i>	<i>nb.</i>	<i>nk.</i>	<i>E<sub>b</sub>.</i>	<i>E<sub>k</sub>.</i>	$\frac{E_b + E_k}{2}$	<i>D.</i>
23 <i>a.</i>	135,3	9,822	5,812	7,182	2553,2	1554,6	2030,9	2150,4	2090,6	0,930
23 <i>b.</i>	135,37	9,780	5,838	7,430	2580,7	1600,9	2168,3	2341,4	2254,6	0,961
23 <i>c.</i>	135,35	9,690	5,836	6,855	2360,7	1538,2	1730,8	2014,0	1872,4	0,900
23 <i>d.</i>	135,4	4,728	5,833	7,015	2440,2	1523,8	1862,45	2010,7	1936,5	0,913

$$E = 2038,6 \quad D = 0,926.$$

Het jongste hout is hier lichter en vertoont een geringeren elasticiteits-coëfficient. Verder zijn deze waarden lager als die voor groenhart, boven hetwelk het bruinhart toch wordt gesteld. De omstandigheid dat in het monster bruinhart een groote kwast aanwezig was, kan wel de oorzaak wezen van deze inferioriteit tegenover groenhart.

Glavimans had geen monster bruinhart, en kon derhalve deze houtsoort niet onderzoeken.

In 't algemeen zijn de gevondene waarden voor de Surinaamsche houtsoorten veel hooger dan die voor Oost-Indische houtsoorten gevonden.

Bij de door C. G. van Dentsch onderzochte Oost-In-

dische houtsoorten <sup>1</sup> is er geen enkele waarvan de elasticiteits-coëfficiënt hooger is dan 1700, terwijl alle die houtsoorten, behalve het ijzerhout, tot de zoogenaamde drijf-houten, dat zijn dezulke waarvan het specifiek gewicht geringer is als van water, behooren. Met betrekking tot de elasticiteit en het specifiek gewicht worden dus de gewone Oost-Indische houtsoorten door vele West-Indische overtroffen.

---

Ten slotte valt er aangaande deze bepalingen nog iets op te merken. Bij vergelijking der coëfficiënten  $E_b$  en  $E_h$  bij de Surinaamsche houtsoorten, valt het in het oog, dat de getallen onder  $E_h$  steeds grooter zijn dan die onder  $E_b$ . Dezelfde opmerking is reeds op pag. 53 bij de staafjes eschdoorn- en iepenhout gemaakt. Ten onrechte zoude men meenen, zooals Chevandier en Wertheim beweren, dat de elasticiteits-coëfficiënten, afgeleid uit het aantal transversale trillingen naar twee richtingen, in welke de staaf ongelijke elasticiteit bezit, verschillend kan zijn. Het aantal transversale trillingen hangt slechts af van de elasticiteit in de richting der lengte van de staaf. Ook was bij het vervaardigen van deze staafjes geen acht geslagen op den loop der jaarringen welke soms evenwijdig aan de breedte, soms evenwijdig

---

<sup>1</sup> Verh. K. I. v. Ing. 1854—55. pag. 88.

aan de hoogte, en soms ook wel volgens de diagonaal gericht waren.

Evenmin behoeft men te denken, [dat de stijfheid van de snaar van den sonometer oorzaak kan geweest zijn van het waargenomen verschil. De invloed van de eigene stijfheid van de snaar is deze, dat het, volgens de formule:

$$n = 256 \frac{l_{ut}^3}{l_1}$$

berekende trillingsgetal kleiner is dan het ware. Dit verschil is des te grooter, naarmate de te bepalen toon hoger is. Hierin volgt, dat de uit hooge tonen bepaalde elasticiteits-coëfficiënten, *ceteris paribus*, kleiner zijn dan die uit lagere tonen bepaald. Dit zoude dus ter verklaring van het verschil kunnen aangevoerd worden, zoo men niet wist, dat bij deze staafjes de trillingsgetallen  $n_b$  der hoogste tonen, juist met het tweemaal lager octaaf zijn bepaald, waardoor de invloed van de stijfheid der snaar geëlimineerd werd, ja zelfs in omgekeerden zin werkte.

Er is echter nog iets, wat ter verklaring van het waargenomen verschil kan aangevoerd worden. Bij de afleiding van de formule IV, op pag. 45, voor transversaal-trillende staven, is de vooronderstelling dat de dwarsafmetingen ten opzichte van de lengte der staaf zeer klein zijn. Waar dit nu niet het geval is, zal de met de theoretische formule berekende elasticiteits-coëfficiënt

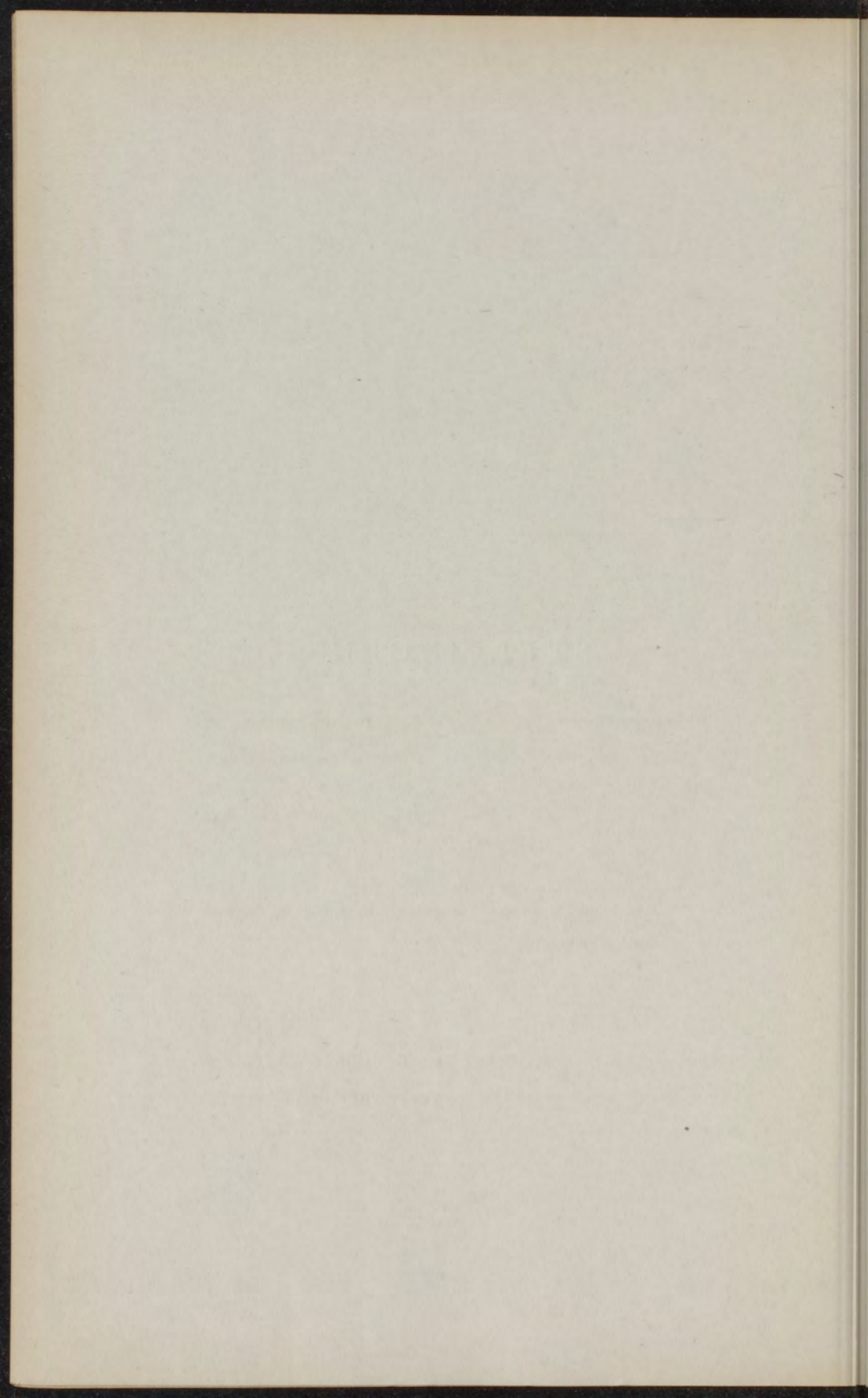
eenigszins verschillen van den waren, en dit des te meer naarmate de staaf korter is. Daar nu de  $E_h$  grooter is dan de  $E_b$ , en wel, zooals uit de tabellen blijkt, des te grooter naarmate  $h$  kleiner is dan  $b$ , zoo volgt, dat, indien deze verklaring de juiste is, de aldus berekende elasticiteits-coëfficiënten iets kleiner zijn dan de ware. Het is zaak om, waar men de elasticiteits-coëfficiënten volgens deze nauwkeurige en weinig omslachtige methode wil bepalen, de invloed der afmetingen dezelfde te doen zijn, door alle staven dezelfde afmetingen te geven.

---

ERRATA.

- Fg. 45, 48, 49, staat: Poisson, „Mécanique rationelle.” lees, Poisson, „Traité  
de Mécanique.”
- „ 50, regel 14, v. o. staat 1,0 millimeter „ 0,1 millimeter.
- „ 80, „ 1, „ „ tabel XIV „ XXIV.
-

STELLINGEN.





## STELLINGEN.

---

### I.

Cohaesie-proeven, waarbij de belastingen werken in de richting der lengte, kunnen nooit wetenschappelijke waarde hebben.

### II.

Wel daarentegen zulke, waarbij de belasting werkt in eene andere richting.

### III.

De coefficient van veerkracht, uit trillingen bepaald, is een meer zuivere maat der veerkracht dan die bepaald door uitrekking of buiging.

IV.

Te haastig is de conclusie van Cornu (Comptes rendus. 2. Aug. 1869): l'isotropie élastique est caractérisée par la propriété, que le coefficient de contraction transversale est le quart du coefficient d'élasticité longitudinale.

V.

De schuinsche ligging der knooplijnen bij transversaal-trillende staven, is door Chladni niet voldoende verklaard.

VI.

Ten onrechte meenen Chevandier en Wertheim dat, bij eene transversaal-trillende houten staaf met vierkante doorsnede, het aantal trillingen in de richting van de hoogte verschillend moet zijn van het aantal trillingen in de richting van de breedte.

VII.

Geheel verkeerd is de voorstelling welke Tyndall geeft (On Sound pag. 178) van het ontstaan van den toon in orgelpijpen.

VIII.

Het kunstmatige plantenstelsel van Linnaeus is het beste voor het onderscheiden, een natuurlijk beter voor het leeren kennen der planten.

IX.

De geologische onderzoekingen verplichten ons tot nu toe niet een zoogenaamd centraal-vuur aan te nemen.

X.

De hardheids-schaal van Mohs berust op een onjuisten grondslag.

XI.

Het Petersburger probleem is eene absurditeit.

XII.

Ofschoon het spectrum van sommige nevels geheel gelijk is aan dat van een gloeiend gas, mag men daaruit niet besluiten, dat die nevels slechts gloeiende gas-massa's zijn.

XIII.

Het is eene onjuiste meening dat ijzer door hevig stooten of door rhytmische beweging plotseling eene kristallijne structuur kan aannemen.

XIV.

De definitie van het absolute nulpunt volgens Thomson is te verkiezen boven die, afgeleid uit de wet van Gay-Lussac.

XV.

Door het experiment kan het vraagstuk der generatio spontanea niet worden opgelost. Veeleer moeten wij het bestaan daarvan, als eene noodzakelijke hypothese, à priori aannemen.

XVI.

Zeer ten onrechte wordt Julius Robert Mayer door Tait onder de *à priori* physici gerangschikt.

XVII.

Verkeerd is de gevolgtrekking van Tait: (Rec. Adv. in Phys. Science, pag. 146.) the ultimate form of the energy of the universe must be that of heat, so diffused as to give all bodies the same temperature.

XVIII.

Toute théorie est comme une souris; elle échappe par neuf trous, et est arrêtée par le dixième.

(*Voltaire*).

---

