

DREI APPARATE ZUR BESTIMMUNG VON EIGENSCHAFTEN DES HOLZES SPEZIELL FUER BIOLOGISCHE STUDIEN.

VON

A. J. VAN SCHERMBEEK.

Will der Forstmann die Ergebnisse seiner Produktionsmaassnahmen verfolgen, dann braucht er, neben den täglichen Beobachtungen im Walde, Apparate welche ihn in den Stand setzen bestimmte Eigenschaften seines Produktes genau zu messen. Der Verbraucher unserer Produkte stellt doch als höchste Anforderung, dass diese Produkte, soweit es mit dem Leben zu ermöglichen ist, so homogen möglich sind.

Darunter verstehe ich dass in einem zum Verkauf angebotenen Sortiment die Gebrauchseigenschaften so wenig wie möglich schwanken.

Da nun die Bestandesbehandlung, von den Verjüngungsmaassnahmen bis zur Haubarkeit des Baumindividuums, den grössten Einfluss ausübt auf die Art und Weise wie sich der jährliche Holzring bildet, wie auch auf seine innere Beschaffenheit; darum muss der forstliche Produzent mit Interesse verfolgen welche Wirkung seine Maassnahmen ausüben auf die Beschaffenheit seines Produktes. Dadurch allein kann er einmal soweit kommen, dass er selbst den relativen Gebrauchswert seiner Erzeugnisse feststellt, anstatt diese Wertbestimmung dem Käufer, eventuell dem Verbraucher, zu überlassen.

Gerne erkenne ich an dass es vorläufig noch zu den frommen Wünschen gehört einigermaassen genau die Zahl der Gebrauchseinheiten zu messen, welche in der Handelseinheit eines Forstproduktes anwesend sind. Dagegen ist es sehr wohl ausführbar um in einigen Musterstäm

men zu erforschen ob bestimmte Eigenschaften in diesen Baumindividuen grossen Schwankungen unterliegen.

Zu dieser Beurteilung eignen sich:

- 1^e Mehr oder weniger exzentrischer Wuchs.
- 2^e Breite der Jahresringe.
- 3^e Gleichmässigkeit der Breite eines selben Ringes.
- 4^e Verlauf des Kernes:
 - a im Querschnitt.
 - b im Längsschnitt.
- 5^e Richtung der Faser: gestreckt oder tordierend:
 - a in der Jugend.
 - b im mittleren Alter.
 - c in den letzten Dezennien des Lebens.

6^e Beschaffenheit von Rinde und Borke.

Um nun einen Zusammenhang zwischen diesen äussern Merkmalen des gesunden Holzes (von augenfalligen Krankheitserscheinungen wird hier selbstredend abstrahiert) und seiner innern Beschaffenheit konstatieren zu können, lassen sich Versuche anstellen, welche den Zweck haben bestimmte Eigenschaften des frischen Holzes zu messen.

Wie ich mir dabei aushelfe, will ich den Fachgenossen im Folgenden mitteilen.

Ich messe in den am meisten kontrastierenden Baumteilen [z. B. Druck- und Stützseite; Fuss und Krone] einige der bedeutendsten Eigenschaften und zwar:

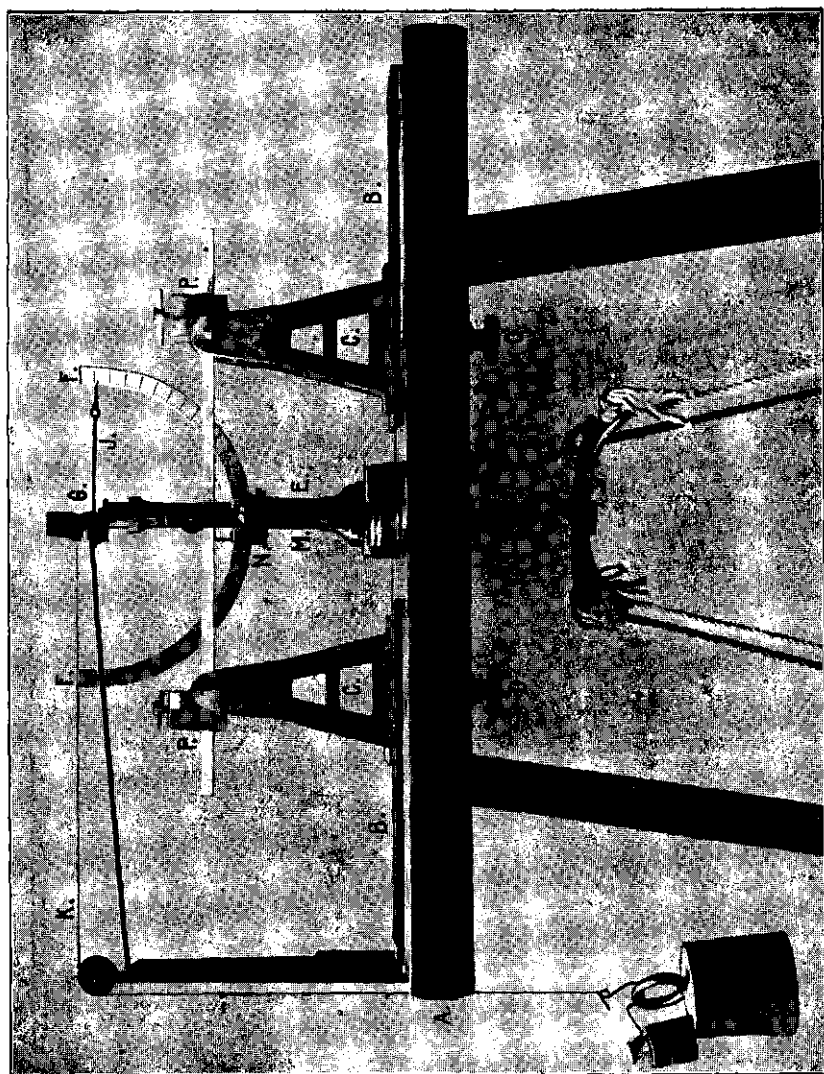
- I. *Widerstand gegen Druck normal zur Faserrichtung.*
- II. *Biogsamkeit.*
Für diese beiden Eigenschaften benütze ich meinen Biegeapparat: „Nördlinger“.
- III. *Härte.*
- IV. *Spaltbarkeit.*
- V. *Zusammendrückbarkeit.*

Für die Eigenschaften III u IV wende ich ebenfalls einen Apparat an, mit drei verschiedenen Einsätzen: — „Sonde“.

- VI. *Die Abnützung der Hirnfläche,* — wofür ich einen dritten Apparat anfertigen liess.

Keines dieser Apparate habe ich patentamtlich schützen lassen, indem der Herr K. GRUTTERINK hierselbst sich durch eine billige Ausführung bestrebt Nachahmung unrentabel zu machen.

BILD. I.



„NOERDLINGER“.

Diese drei Apparate und ihren Gebrauch werden in den folgenden Zeilen den Fachgenossen dargeboten.

DER BIEGEAPPARAT „NOERDLINGER“.

Bild. I; $\frac{3}{10}$ nat. Grösse.

Beschreibung. Auf einem Tische A sind in der Mitte zwei Längsleitungen B angebracht, welche entsprechende Schlitten im Tische umgeben. In diesen Leitungen laufen die Stützen C, deren Schraubenstangen durch den Tisch gehen; sodass sie mit den Schraubenmüttern D auf Entfernungen von einander von 250 bis 500 mm. festgesetzt werden können.

In der Mitte der Einteilung dieser Entfernungen ist am Hinterrande des Tisches die Säule E angebracht. Diese Säule trägt den Kreisbogen F mit einer Einteilung.

An der Vorderseite der Säule ist eine Rolle G angebracht, deren Axe auch die Nadel I trägt.

Ueber der Rolle G läuft die Schnur K, welche an ihrem kurzen Ende mit dem Druckrahmen L verbunden ist. In der Unterseite des Druckrahmens ist die Zugstange M festgemacht. Der Druckrahmen geht durch die vierseitige Rollenführung N, welche auf einer Konsole an der Säule E angebracht ist.

Die Zugstange endet in einer Oese zum Einhaken der Schale O, welche die Gewichte tragen muss.

Das andere Ende der Schnur trägt ein Gegengewicht für Schale, Zugstange und Druckrahmen; sodass im Moment der Belastung nur die Gewichte der Schale auf den Stab drücken.

Die Stützen C tragen die Zapfen Z, deren mathematische Axen die Stützen des Stabes bilden. Zu dem Zwecke sind die Zapfen zu einem Körper vereint mit je einer rechtwinklichen Hülse R mit Klemmschraube, deren innere Vorderseite zusammenfällt mit der mathematischen Axe

der Zapfen. Durch diese Fürsorge erziele ich dass das Biegen wirklich der Erfolg des Reckens der Fasern ist, welche ausserhalb einer neutralen Ebene gelegen sind, sowie des Zusammendrückens der Fasern, welche innerhalb dieser Ebene liegen.

Trifft man diese Fürsorge nicht, und lässt den Stab auf ein Paar Rollen ruhen, dann ist die Möglichkeit überhaupt nicht ausgeschlossen, dass der längere Aussenbogen erzielt wird durch das Herbeiziehen von mehreren Fasern in peripherer Richtung und also die Biegung der Hauptsache nach beruht auf ein stärkeres Zusammenpressen der innern Fasern. Es würde dies gleichstehn mit einer veränderlichen Stützenentfernung. Dieser Fehler musste eben verhütet werden, weshalb ich die Zapfen, mit den Hülsen mit Klemmvorrichtung, anstatt der Rollen brachte.

Die Notwendigkeit dieser Fürsorge stellt sich heraus bei unsern Betrachtungen über die Zusammendrückbarkeit.

Zum Belasten und zum Ausschalten der Belastung dient die Schraubenmutter, welche auf der Zugstange läuft. Damit dieselbe bei ihrem Gebrauch keine zu grosse Reibung auf dem Tische ausübt, ist im Tische selbst Stahlkugelführung angebracht, auf deren Deckplatte die Schraubenmutter geht. Durch diese Fürsorge wurde es möglich mit einer Hand eine Belastung von 110 Kgr. spielen zu lassen.

Der Kreisbogen F ist derartig eingeteilt, dass vertikale Bewegungen der Mitte des Stabes in 0,1 mm. genau abgelesen werden können, während 0,05 mm. eingeschätzt werden.

Durch diese Einrichtung wird es möglich gemacht jeden Augenblick die Belastung auszuschalten. Auch kann man nach jeder Belastung den Stab wieder zurücklaufen lassen, um feststellen zu können welche bleibende Biegung sich nach der Belastung eingestellt hat.

Gebrauch. Ich benütze Stäbe von annähernd 10 mm. Querschnittsseiten und Längen von 260 bis zu 510 mm. damit sie auf Stützpunktenentfernungen von 250 bis 500 mm. gebraucht werden können.

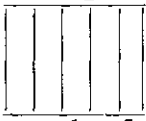
Das *Schema* zum Eintragen der Wahrnehmungen ist folgendermaassen eingerichtet.

Eingangs wird die Bestandescharakteristik verzeichnet.

Das Formular enthält: — Stamm n^o. . .
 Stab . . . Höhe über dem Wurzelstock . . . m.

Druck — Stützseite.

Kernholz-Splinth. Kernholz-Splinth.

Lage	Zahl	Länge: 265 mm. Stützenentfernung: 250 mm.
	5	Breite: 10,050 mm. Reduktionsfaktor: 0,968.
der Jahresringe. im Querschnitt.		Höhe: 9,875 mm.
		Inhalt: cc.
		Gewicht gr. S. G. = 0, . .

Belastung	1	2	3	4	5	6	7	8	u. s. w.	Kgr.
Senkung										
Korrig.-Senkung										
Bleibende Senkung										
Korrig. bl. Senkung										

Bei Anfertigung so kleiner Stäbe hat man besondere

Fürsorgen zu treffen, indem etwaige kleine Fehler hier relativ schwerer wiegen als in Balken von grössern Dimensionen.

Mit Rücksicht darauf werden also Aststellen vermieden.

In jüngster Zeit schäle ich das Probenholz nach dem Jahresringe aus; und zwar in folgender Weise. Das Viertel der Druckseite, demjenigen den Stützseite gegenüber liegend, wird ebenso wie Letzteres ausgezeichnet.

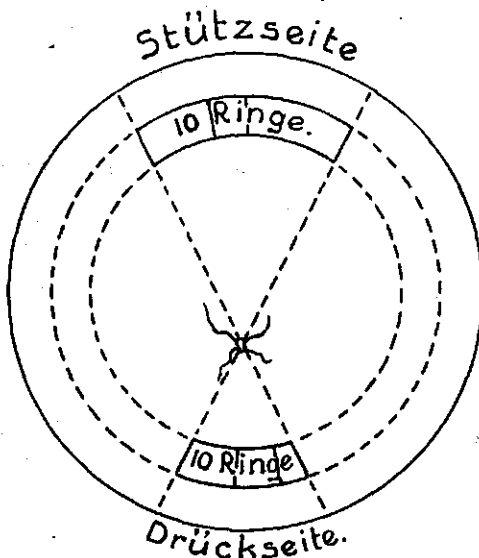


Fig. 2.

Aus beiden Vierteln werden dieselben 10 bis 20 Ringe

herausgeschält. Aus diesem Material spaltet man die Stäbe roh aus.

Das Holz zur Anfertigung der Stäbe wird ausgespaltet; auch schon um ein Urteil über den Faserlauf zu bekommen.

Diese Spaltstücke werden vom eingeschulten Hilfsarbeiter nach der Faser rechtwinklig gehobelt; — 10×10 mm annäherend.

Die genauen Maasse werden wie folgt festgestellt:

Länge mit Millimetermaaszstab.

Breite und *Höhe* mit einem Noniusmikrometer oder mit einer Mikrometerschraube, welche genau bis zu 0.05 oder 0.01 mm. ablesen lassen. Die Maasse werden gegriffen nah den beiden Enden und in der Mitte. Das arithmetische Mittel wird in das Formular eingetragen.

Das Gewicht wird mit einer Waage festgestellt, welche 0.005 gr. genau anweist.

Als Reduktionsfaktor benützt man eine Grösse, welche, mit den wahrgenommenen Senkungen multipliziert, uns die Senkung ergibt, welche der Stab erlitten haben würde falls er genau den Querschnitt 10×10 mm. gehabt haben würde. Also hier $\frac{B \times H^3}{10000}$ ¹⁾ weil die Stützenentfer-

nung für die gesammten Wahrnehmungen in demselben Baume, soweit wie möglich, dieselbe gehalten wird.

Selbstverständlich ist dafür zu sorgen dass der Tisch horizontal gestellt wird.

Beim Einlegen des Stabes wird die Druckrolle soweit gesenkt bis der Lichtstreifen zwischen Stab und Rolle verschwindet; weshalb ich hinter dem Stabe einen weissen Schirm aufstelle.

Ist dieser Stand erreicht, dann wird die Nadel I genau auf 0 des Kreisbogens eingestellt, indem man das Gegengewicht für das Tarra etwas hebt, die Uebertragung der Stabsenkung auf die Nadel geschieht durch Friktion, welche durch die Hebung des Gegengewichtes ausser Tätigkeit gestellt wird.

1) Für die Herleitung der Formeln, angewendet bei der Biegung eines Stabes, verweise ich nach H. A. Lorentz: „Beginn der Naturkunde“ 4 Aufl. Leiden 1904. § § 168, 257 und 258.

Mit dieser Anweisung wird jeder etwas eingeschulte Beobachter es bald soweit bringen, dass er einen Stab in 15—25 Minuten, je nach der erforderlichen Belastung und dem Belastungsfortschritt, bis an die Grenze der Biegsamkeit bringt.

Aus dem korrigierten Formular lassen sich nun unmittelbar die beiden Grenzen feststellen.

1^o. Die *Elastizitätsgrenze* liegt da wo die Differenz zwischen Gesamtsenkung (P) und bleibender Senkung (p) nicht mehr proportional der Belastung (B) fortschreitet.

2^o. Die *Biegungsgrenze* liegt da wo der Stab unter der Belastung noch nicht tönt (leise kracht) oder noch keine Faltung unter der Druckrolle zeigt.

Bei der Biegung kommt man nämlich zu einer Belastung wobei die Senkung, auch ohne Belastungssteigerung, fortschreitet. Sobald man eine der beiden Erscheinungen wahrnimmt, schaltet man die Belastung aus, indem man die Schraubenmutter der Zugstange schnell senkt und nimmt nun als Gesamtsenkung die letzte Ablesung bevor die Erscheinung auftrat.

Es lassen sich nun die Ergebnisse folgendermaassen zahlenmässig verarbeiten.

Aus der korrigierten Gesamtsenkung (P) und der Stützenentfernung (E) berechnet man.

1^o. den Krümmungsradius bei der Elastizitätsgrenze als: $\frac{E^2}{8P} + \frac{P}{2}$ und verzeichnet denselben als *Maximum Krümmungsradius* bei einer Belastung von B Kgr. mit dem Zeichen R max. Es wird ausgegangen von dem nicht vollkommen korrekten Grundsatz, dass der gebogene

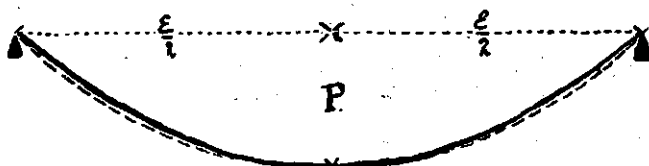


Fig. 3.

Stab ein Kreisbogen sei. Diese Voraussetzung übt auf die Grösse der Bogenhöhe einen so unbedeutenden Ein-

fluss aus, dass ich diese Höhe P benützen darf um den mittlern Krümmungsradius des Stabes zu berechnen.

Die von mir als Krümmungsradius bezeichnete Grösse ist also aufzufassen als eine Mittelgrösse für die, von der Befestigung, nach der Mitte stetig abnehmenden Radien.

In dieser Voraussetzung ist:

$$\left(\frac{E}{2}\right)^2 = P (2 R - P) \text{ folglich}$$

$$R = \frac{E^2}{8P} + \frac{P}{2} \text{ (Fig. 3).}$$

Die angegebene Voraussetzung trifft aber vollkommen zu bei der Anwendung welche ich vom Radius mache, nämlich die kreisförmigen Biegungseinheiten festzustellen welche in 1 M⁸ enthalten sind.

Spannen wir von den Stäben Reifen welche auf E mm. Sehnenlänge P mm. Bogenhöhe haben, dann sind diese Bogen wirkliche Kreisteile.

2^o. den *Minimum Krümmungsradius* findet man aus dem P¹ bei der Biegungsgrenze mit der dazu erforderlichen Belastung B¹; also auch als die Grösse $\frac{E^2}{8P^1} + \frac{P^1}{2}$ bei einer Belastung von B¹ Kgr. Dieser Radius heisst R min.

Welchen Vorzug hat nun wohl diese Andeutung der Ergebnisse, im Vergleich mit dem Elastizitäts-modulus?

Sie drückt das wirklich wahrgenommene aus, während der Elastizitäts-modulus eine Unmöglichkeit zum Ausdruck bringt. Denn dass sich ein Holzstab auf das Doppelte seiner Länge ausrecken liesse ist eben eine Unmöglichkeit; noch abgesehen davon dass man voraussetzt dass der Querschnitt davon unberührt bleibt.

Weiter giebt dieser Ausdruck das Mittel zur Hand um sich eine begreifliche Vorstellung zu machen über die Zahl der Biegungseinheiten, welche in einem m³ des betreffenden Holzes gedacht werden können.

Denken wir uns einen geschlossenen Kreis von diesem Stabmaterial, mit dem Krümmungsradius R_{max} und dem

Querschnitt 10 × 10 mm. oder $\frac{1}{10000}$ m².

Der Umfang dieses Reifens wird dann sein.

$$2 \pi R_{\max} \quad (R \text{ in m ausgedrückt}).$$

Der Inhalt desselben ist dann:

$$\frac{2 \pi R_{\max}}{10000} \text{ m}$$

$R_{\max} = \frac{E^2}{8P} + \frac{P}{2} = \frac{1}{2} \left(\frac{E^2}{4P} + P \right)$ also der Inhalt dieses Reifens:

$$I = \frac{\pi \left(\frac{E^2}{4P} + P \right)}{10000} \text{ m}^3.$$

In einem m³ dieses Holzes sind also enthalten

$$\frac{10000}{\pi \left(\frac{E^2}{4P} + P \right)} \text{ Biegungseinheiten — mit einer erlaubten Belastung von } B \text{ Kgr.}$$

D. h. umso kleiner der Maximumkrümmungsradius, ohne dass der Stab seinen Widerstand gegen Biegen (Elastizität) einbüsst, umso mehr Biegungseinheiten werden sich im Kub. meter finden; und umso höher die dabei erlaubte Belastung desto grösser ist sein Druckwiderstand pro cm² des Querschnittes.

Ebenso verfährt man mit den Biegungseinheiten bei dem Minimumkrümmungsradius.

Will man nun die Ergebnisse der Wahrnehmungen auf Einheitsmaasz zurückführen, dann lässt man sich einen stählernen Stab von festgestellter Härte anfertigen, der genau 10 × 10 mm. Querschnitt hat.

Bestimmt man ebenfalls für diesen den Maximum — und Minimumradius, mit den dabei erlaubten Belastungen, auch deren Einheitenzahl pro m³, z. B. als N_E und N_B für Elastizität und Biegung mit den Belastungen B_S und B_S¹: hätten wir für einen Holzstab diese Grössen gefunden als n_B und n_E mit den Belastungen B_h und B_h¹ dann liessen sich die relative Elastizität (El_r) und die relative Biegsamkeit (Bg_r) dieses Holzes ausdrücken durch die Grössen:

$$El_r = \frac{N_E \times B_h}{n_E \times B_S} \quad \text{und} \quad Bg_r = \frac{n_B \times B_S}{N_B \times B'h}, \quad \text{indem}$$

doch die Elastizitäten sich umgekehrt verhalten als die Biegungseinheiten pro m³ und recto proportional den erlaubten Belastungen; die Biegungen aber verhalten sich recto proportional den Biegungseinheiten und umgekehrt proportional den erlaubten Belastungen.

Es braucht wohl kaum der Erwähnung dass die Biegungs-

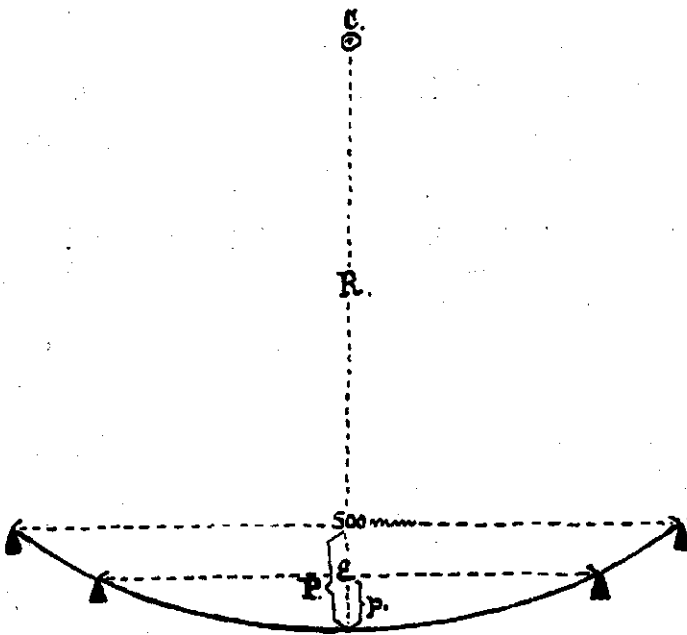


Fig. 4.

ergebnisse alle umgerechnet werden müssen auf die selben Stablängen, d. h. die erlaubten Belastungen sind dementsprechend zu korrigieren. —

Wo es nun äusserst schwierig ist die Holzstäbe nach meinen strengen Anforderungen (z. B. astfrei) von jeder beliebigen Länge darzustellen, darum empfiehlt es sich die Belastungen des Stahlstabes umzurechnen auf die Stablängen der Versuchsreihe des Holzes; — wobei natür-

lich der gleiche Krümmungsradius vorausgesetzt wird und nur die Stützenentfernung sich ändert. — Ausserdem wird die Umrechnung für Stahl nicht so leicht zu Fehlern Veranlassung geben, weil die gewöhnlichen Elastizitätsformeln auf der Voraussetzung homogenen Materials aufgebaut sind, und der Stahl eher diesem Begriffe entspricht als das Holz.

Mein Stahlstab (von der Härte 6—7 der Mineralien — härteskala sich mehr der Härte 6 als 7 näherend) ist auf 500 mm. Stützenentfernung geprüft, mit erlaubten Belastungen von B_s und B_s^1 . Will ich diese Grössen reduzieren auf eine beliebige Stützenentfernung E um doch die gleichen Krümmungsradien in den Stab hervorzurufen, dann brauche ich nur folgendermaassen zu verfahren. — Wir wissen dass bei gleichem Querschnitte eines homogenen Stabes sich die Mittensenkung *recto*proportional der Belastung und den Kuben der Stützenentfernung verhält.

Aus obiger Zeichnung ersehn wir dass, beim gleichen Krümmungsradius R, die Mittensenkung p bei der Stützenentfernung E gefunden wird als:

$$p = R - \sqrt[4]{R^2 - \frac{E^2}{4}} \quad 3)$$

P für die Stützendistanz 500 mm. ist gemessen; es muss also die Belastung für die Entfernung E folgendermaassen aus B für die Entfernung 500 abgeleitet werden.

$$B_{\text{reduziert}} = B \times \frac{p \times 500^3}{P \times E^3}$$

Es sind diese reduzierten B für die beiden Krümmungsradien des Stahlstabes auszurechnen für Stützenentfernungen von 250, 300, 350, 400 u 450 mm. um sich wohl in allen vorkommenden Fällen helfen zu können. — In einer der Abstufungen von 50 zu 50 mm, kann man doch wohl immer die erwünschten Stäbe aushalten. —

Ist also das reduzierte B für den Stahl gefunden, dann lassen sich für alle zu erforschenden Holzstäbe die relative

3) Vergl. Seite 7.

Elastizität $\frac{N_E \times B_h}{n_E \times B_s} = \frac{N_E}{B_s} \times \frac{B_h}{n_E}$ und die relative

Biegsamkeit = $\frac{B_s^1}{N_B} \times \frac{n_B}{B_h^1}$ berechnen. Für jede Versuchs-

reihe ist der erste Teil des Produktes constant.

Für meinen Stahlstab fand ich die folgenden Werte:

R max = 2,200 m. bei 90 KGr. — mit P = 14.25 m.m.

N_E = 724,6 Biegungseinheiten.

Rmin = 1,485 m bei 106 Kgr. „ P^1 = 21.20 „

N_B = 1075,3 Biegungseinheiten.

Die reduzierten Belastungen für diesen Stab betragen

bei	Für R max		Für R min.	
E=	p =	Breduziert	p ¹	B'reduziert
250	3,6 mm.	180,0 Kgr.	5,3 mm.	212,0
300	5,1 "	149,4 "	7,6 "	176,9
350	7,0 "	128,7 "	10,4 "	151,6
400	9,1 "	112,0 "	13,5 "	131,4
450	11,6 "	100,5 "	17,2 "	118,3
500	14,25 "	90,0 "	21,2 "	106,0

Folglich ist der Faktor für Berechnung der

	relat. Elastizität.	relat. Biegsamkeit.
bei E = 250 mm.	$\frac{N_E}{B_S} = 4,02 \times$	$\frac{B_s^1}{N_B} = 1,97 \times$
300 „	$= 4,85 \times$	$= 1,64 \times$
350 „	$= 5,63 \times$	$= 1,41 \times$
400 „	$= 6,47 \times$	$= 1,22 \times$
450 „	$= 7,21 \times$	$= 1,10 \times$
500 „	$= 8,05 \times$	$= 0,99 \times$
	$\frac{B_h}{n_E}$	$\frac{n_B}{B_h^1}$

Gerne gestehe ich ein dass die von mir gewählte Einheit nicht den idealen Ansprüchen einer Einheit entspricht; — indem doch in diesem Material, neben der Elastizität, der

Faktor „Härte“ spricht, den ich benütze um den spezifischen Stahl zu qualifizieren. Man hat aber keine wissenschaftliche Bürgschaft dafür, dass verschiedene Stahlarten von gleicher Härte sich im Biegen gleich verhalten werden.

Doch wählte ich aus praktischen Rücksichten diese Einheit, weil die Schwankungen in Elastizität und Biegsamkeit von Stahlstäben gleicher Härte entschieden unbedeutend sind im Vergleich zu den Schwankungen dieser Eigenschaften im Holze derselben botanischen Species, selbst im Holze verschiedener Teile desselben Baumes.

Für exact wissenschaftliche Untersuchungen möchte ich als Einheit vorschlagen: einen Stab von 10×10 mm. Querschnitt einer idealen Substanz, welcher bei einer Stützenentfernung von 100 mm. und einer Mittenbelastung von *einem Kilogramm seine Elastizitätsgrenze* erreicht mit einer *Mittensenkung von 1 mm.* und mit einer *Mittenbelastung von zwei Kilogramm seine Biegungsgrenze* erreicht mit einer *Mittensenkung von 5 mm.*

Nimmt man diese Einheit als Maassstab an für das Messen der Biegelastizität und der Biegsamkeit, dann treten anstatt der obigen Stahlfaktoren, für die Berechnung der relativen Biegelastizität und der relativen Biegsamkeit, die folgenden ein, welche natürlich in gleicher Weise berechnet wurden.

Für diesen Einheitsstab sind:

$R_{\max} = 1250,5$ mm. bei $E = 100$ mm., $B = 1$ Kgr. und $P = 1,0$ mm.

$N_E = 1272,6$ Biegungseinheiten.

$R_{\min} = 252,5$ mm. bei $E = 100$ mm., $B = 2$ Kgr. und $P = 5,0$ mm.

$N_B = 6301,2$ Biegungseinheiten.

Für		R max.	Für		R min.
bei E = 100	p = 1.0	$B_{\text{red.}} = 1.00$	p = 5.0	$B_{\text{red.}} = 2.0$	
250	6.3	$= 0.403$	33.4	$= 0.829$	
300	9.0	$= 0.333$	49.4	$= 0.731$	
350	12.3	$= 0.287$	70.5	$= 0.649$	
400	16.1	$= 0.251$	98.4	$= 0.614$	
450	20.4	$= 0.224$	134.1	$= 0.590$	
500	25.7	$= 0.202$	217.1	$= 0.695$	
	m.m.	Kgr.	m.m.	Kgr.	

Es wären nun folgende Faktoren anzuwenden:

um bei E =	die rel. Elastizität	die rel. Biegsamkeit
	$\frac{N_E}{B} = 3103 \times \frac{Bh}{n_E}$	$\frac{B^1}{N_B} = 0.0001315 \times \frac{n_B}{B^1_h}$
250		
300	3751 × „	0.0001160 × „
350	4357 × „	0.0001030 × „
400	4982 × „	0.0000974 × „
450	5583 × „	0.0000936 × „
500	6191 × „	0.0001103 × „

für das untersuchte Material zu erhalten.

In dieser Mitteilung will ich mich beschränken auf das Nötigste um den Gebrauch des Apparates zu verdeutlichen, durchgeführte Arbeiten gehören hier nicht her, indem ich den Apparat benütze zum Studieren der Erfolge verschiedener Produktionsgrundsätze; z. B. gleichalteriger, reiner Bestandesform, gegenüber Holzarten — und Altersmischung.

Weil ich auf diesem Wege zu ganz treffenden Ergebnissen gekommen bin, kann ich dieselben nicht zerstückeln, indem ich bei jedem einzelnen Apparat die Resultate mitteile. Vielmehr drängt sich das Bedürfnis in den Vordergrund die Produktionsfrage als ein Ganzes zu veröffentlichen.

Bezüglich des Apparates, will ich nur noch darauf hinweisen, dass er in seinem Bau viel Uebereinstimmung zeigt mit dem Apparat von DR. NOERDLINGER, mitgeteilt in seinem Werke „*die technischen Eigenschaften des Holzes*“; er wurde aber einer so gründlichen Revision unterzogen, dass die ernststen Bedenken gegen den Nördlingenschen Apparat wohl überwunden sind. So, z. B. das Einschneiden der Stütz- und Druckpunkte in den Stab; — die ungenaue Ablesung der Senkung; — die geringe Fürsorge gegen Bruch u. s. w.

Inzwischen hat *Nördlinger* uns mit seinem Apparat viel genützt und deshalb möchte ich für meinen Apparat, wenn er getauft werden sollte, den Namen „*Nördlinger*“ empfehlen.

Der hiesige Mechaniker K. GRUTTERINK fertigt denselben an zum Preise von Mrk 135 loco Wageningen; wobei dann für die Folge die erwünschten Verbesserungen immer angebracht werden.

So würden die nächsten Apparate den Kreisbogen zum Ablesen der Senkung an der *Oberseite* tragen; es würde die Schraubenmutter mit Kugelführung *unter* dem Tischblatte angebracht werden; es würde der Leitrahmen der Druckrolle von einem doppelten Satze von Druckrollen vorgesehen werden. Kurz alles was die Erfahrung als verbesserungsfähig herausgestellt hat, wird bei jedem neu abzuliefernden Apparat *ohne Erhöhung des Preises* in Anwendung gebracht.

DER APPARAT ZUR BESTIMMUNG VON SPALTBARKEIT UND
HAERTE. „SONDE.“

Im „Forstw. Centralblatt“ (Red. dr. Fürst) beschrieb ich meine Bodensonde und teile nun im Nachfolgenden die Form mit, welche dieser Apparat jetzt hat angenommen, die ihn sowohl für seinen ursprünglichen Zweck als für seine Bestimmung zur Holzuntersuchung zweckentsprechender gemacht hat.

Seinem erweiterten Gebrauch entsprechend brachte ich den Namen zurück auf das einfache Wort „Sonde“.

Bevor ich zur Beschreibung des Apparates übergehe, in seiner heutigen Fassung, muss ich erst auf ein von dr. A. MITSCHERLICH in seiner „Bodenkunde“ ausgesprochenes Urteil zurückgreifen. — Bisher wurde es unterlassen weil ich meine „Bodensonde“ nicht als Erfinder publizierte, der Geschäfte macht mit seinen kleinen Sachen (die grossen werden nur selten ihrem Werte entsprechend honoriert), sondern nur als Demonstration dafür, *wie* ich mir ein Urteil angeeignet habe auf Widerstandsverhältnisse im Boden. — Ob dr. MITSCHERLICH davon Gebrauch machen will oder den Gebrauch davon empfehlen will ist für mein Studium, als Produzent, wohl ziemlich gleichgiltig. — Wir Praktiker sind gewohnt uns zu helfen mit den reifen Früchten der Forschung. Die Art und Weise wie wir das tun können nur bedingt werden von den standörtlichen Bedingungen, aber ganz speziell von der wirtschaftlichen Lage. Darum lässt der denkende Praktiker sich nie durch

einen einzigen Stern leiten, und wenn er in weiter Ferne so herrlich leuchten sollte als Sirius im Bilde Orion. — Er vergisst eben nie, dass wir Produzenten sind in einem grossen Getriebe kompliziertesten natürlichen und ökonomischen Baues.

Ob die Herrn Spezialisten, welche sich den Hilfswissenschaften für Bodenkultur widmen, diese Grundregel der erzeugenden Betriebe wohl genügend scharf im Auge behalten muss man nur zu oft bezweifeln.

Mit meiner Bodensonde, will ich durch geregelt wiederkehrende Beobachtungen konstatiert sehen

1^o welche Widerstandsdifferenzen sich zwischen den aufeinander folgenden Schichten nachweisen lassen;

2^o ob sich im Laufe der Zeit in einer bestimmten Schicht Veränderungen in dem Widerstande einstellen.

Dazu benützte ich eben meine Bodensonde, die wie meine Leser gleich sehn werden, mir noch ganz andere Dienste zu leisten hat.

Ich veröffentlichte meinen Apparat in 1902, nachdem er bereits Jahre lang mir verschiedentliche Dienste geleistet hatte, konnte also damals beschwerlich vermuten, dass der Geist *Mitscherlich's* uns im Jahre 1905 seinen Apparat (Fig. 21 auf S. 112 seiner „Bodenkunde“ Berlin 1905) bringen würde.

Ob aber *Mitscherlich's* Apparat sich bei fleissiger Verwendung in einem Bodeneinschlag bewähren wird, muss ich bezweifeln. Mein bester Wille mit *Mitscherlich's* Apparat konnte mich nicht weiter bringen als folgende Schwierigkeiten ernstlich zu empfinden:

1^o. Ist die Vertikalstellung bei der so gepriesenen Einfachheit so gut wie unmöglich; doch ist diese eine erste Anforderung bei directer Belastung.

2^o. Ist ein genügender Anschluss zwischen Glasstab und Glasrohr nur zu erreichen auf Kosten gefährlicher Reibung, indem doch Glasstab und Hohlraum des Rohres keine vollständigen Zylinderflächen sind, sondern wellige Flächen.

3^o. Will man die Reibung ausschalten dann wird der Raum zwischen Stab und Rohr wieder so gross, dass sich zwischen den beiden Staubteilchen lagern können, die die beiden Glasflächen reiben.

Wenn die Praxis nun auch keine Genauigkeitsgrade be-

anspricht, wie ein *Mitscherlich* für seinen verbesserten Eiskalorimeter fordert, kann sie sich doch schwerlich zufrieden geben mit Fehlerquellen wie sie oben verzeichnet wurden.

Wenn nun auch meine „Bodensonde“ eine einmalige Ausgabe von Mrk 55 (jetzt nur noch Mrk 50) herbeiführt, dann vergisst *Mitscherlich* mitzuteilen, welche immerwährende Nachausgaben eine mangelhafte Einrichtung, wie er empfiehlt, nach sich schleppt.

Hier möge es genügen darauf hingewiesen zu haben, dass das Mitscherlichsche Urteil ein etwas voreiliges gewesen ist; denn hätte dieser Forscher sich die Mühe gegeben erst einmal bei mir anzufragen wie ich dazu käme einen so kostspieligen Apparat zu empfehlen, dann hätte ich damals schon darauf hinweisen können, dass diese Ausgabe nicht allein auf die Bodenuntersuchung drückt, sondern jedenfalls zum grössten Teil von der Holzuntersuchung getragen wird. Dem Produzenten nützen doch alle Bodenuntersuchungen absolut nichts, wenn sie nicht im Zusammenhang mit Untersuchungen der Erzeugnisse ausgeführt werden.

In diesem Verband können sie dem Produzenten, aber auch nur diesem, wertvolle Fingerzeige liefern; dem Spezialisten, Bodenkundler, geben sie nie die genügende Grundlage um als Betriebsgutachter aufzutreten. Diese Erfahrung machte auch *Mitscherlich* schon mit seiner wirklich, für den Produzenten, hochzuschätzenden Benetzungswärme, wenn sie auch physico-chemisch ungenügend vom Verfasser in seiner „*Bodenkunde*“ erklärt und gewürdigt wird.

Es erstrebte dieser Forscher im Jahre 1898 eine Bodenklassifikation nach Benetzungswärme und im Jahre 1905 referiert er an diesen Versuch bereits in der Weise wie er in seiner *Bodenkunde* auf S. 355 u. 356 tut. Wo er da selbst ehrlich richtet, brauche ich nicht weiter zu urteilen; nur möchte ich diesen Forscher in Erinnerung bringen, wie er selbst bereits in Erfahrung gebracht hatte dass er im Urteil seiner eigenen Erfolge wohl etwas eilig war, er im Urteil über andere wohl etwas mehr hätte einhalten können.

Für mich war das von *Mitscherlich* gelieferte Material in seiner Benetzungswärme äusserst wertvoll als Beitrag

zur Energiefrage im Boden, man muss es aber verwerten mit den Arbeiten *van Bemmelen's* in seinem Studium über „Absorption“ uns mitgeteilt und mit den Ergebnissen der heutigen Kolloïdchemie. Wenn auch *Mitscherlich* in dieser Hinsicht so manches unterliess müssen wir ihm doch dankbar sein für seine Spezialarbeit, die uns einen sehr wertvollen Stein lieferte für das Gebäude unserer Produktion.

Ebenso geht es ihm wieder mit seiner so gut eingerichteten Bodenextraktion mit einer schwachen Kohlensäurelösung. Auch hierbei vergisst aber dieser Forscher wieder, dass im tätigen Mull diese Lösung, mindestens während der Vegetationsperiode, wohl kaum in dieser Form, sondern viel eher als eine ihrer Konzentration entsprechenden Lösung von $\text{NH}_4\text{CO}_3\text{H}$ (Saurem Ammonium Karbonat) funktionieren wird. Hier will ich diesen Gedanken dem Agrikulturchemiker nur zur Durcharbeitung empfehlen, weil ich selbst mit ihrer Anwendung sehr lehrreiche Ergebnisse erzielen konnte.

In spätern Mitteilungen über Erscheinungen im Boden, werde ich darauf näher eingehen; hier berührte ich den Punkt nur um die Herrn Spezialisten, welche sich den Hilfswissenschaften der Bodenkultur widmen, noch einmal daran zu erinnern, dass sie bei ihren Forschungen doch eingehend Rücksprache nehmen sollten mit der denkenden Praxis, und nicht isoliert ihrer eigenen Fährte folgen.

Nach dieser Einleitung möge die Beschreibung des Apparates folgen um auch daran seinen Gebrauch anzuschliessen.

Beschreibung. Bild. V auf $\frac{1}{2}$ -nat. Gr. In einem Gerüst

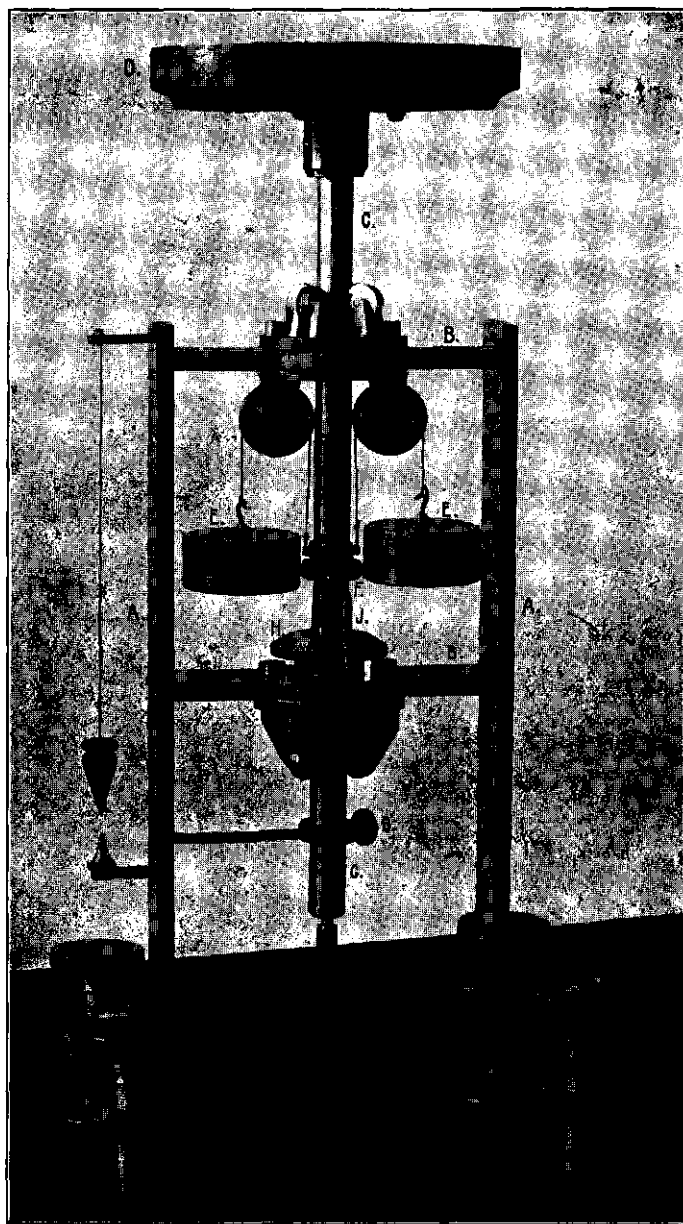
A liegen zwei, in der Mitte durchlöchernte, Querbalken B. Der obere Balken trägt an der Oberseite, der untere an der Unterseite einen Satz von Leitrollen; — sodass ein zylindrischer Stahlstab C sich in denselben parallel zu den Ständern des Gerüsts auf — und abbewegen kann. Das Ganze kann mit Hilfe von vier Stellschrauben in verschiedenen Höhen und zugleich senkrecht aufgestellt werden.

Die Montur des Stabes besteht aus:

dem Tische D, der die Belastung zu tragen hat;

einem verstellbaren Ring, an welchem die Schnüre für die Gegengewichte E angehakt werden;

BILD. V.



„SONDE”.

einem zweiten verstellbaren Ring F, der als örtliche Verdickung des Stabes funktioniert,

und einem Arm G der am Stabe angeschraubt ist um beim Ablesen den Stab immer in demselben Stand zu halten.

Die Durchbohrung des untern Querbalkens ist soweit erweitert, dass darin eine durchbohrte Schraube H geht. Die Durchbohrung derselben ist so weit dass der Stab darin vollkommen frei läuft. Die obere konische Fläche der Schraube ist 100-teilig verteilt. Die Schraube hat einen Gang von 1 mm., sodass 1 Teilstück der Einteilung 0,01 mm. entspricht. Zum Ablesen steht auf dem untern Querbalken ein stehender messerförmiger Index I, der eben diese Höhe haben muss, weil die Einteilung in verschiedenen Höhen abgelesen werden muss.

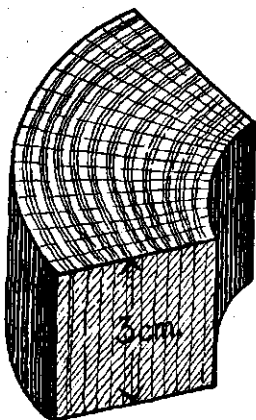


Fig: 6

An dem untern Ende hat der Stab eine konische Einbohrung.

Je nach dem Gebrauch können in den Stab verschiedene Einsatzstücke eingesetzt werden.

Für den Gebrauch des Apparates benützt man einen soliden Tisch, womöglich mit starker Steinplatte. Dieser Tisch ist senkrecht unter dem Stab durchlöchert, so dass ein Versuchsstab von untenher senkrecht aufgestellt werden kann.

Gebrauch für Bestimmung der Härte.

Als Versuchsmaterial benützt man Holzwürfel von circa 3 cm Seite, welche dieselben Jahresringe enthalten, welche auch in den Versuchsstäben für das Biegen enthalten sind. Es werden am Besten 3 cm hohe Stücke der Holzringteile benützt, welche man aus den Versuchsstämmen herausgeschält hat. (Fig. 6.)

In den Apparat setzt man das Einsatzstück ein welches auf der Stellschraube links liegt. Dieser Apparat endet in einer Nadel ohne Spitze von 0.7 mm. Durchmesser.

Nun lässt man den Stab auf die Hirnfläche des Klötzchens nieder, indem man den ausbalanzierten Stab oben mit 50 gr. belastet.

Danach windet man die Schraube H soweit empor bis

der Kragen F anfängt mitgeführt zu werden. In diesem Moment ruht die Nadel auf dem Klotz und es ist Anschluss zwischen Kragen und Schraubenkopf dargestellt.

Belastet man nun den Tisch, dann kann die Nadel nicht eher in das Holz dringen bis die Schraube gesenkt wird. Schreitet man mit der Belastung von 500 zu 500 gr. fort und beobachtet man nach jeder Belastung wie viel Randteile die Schraube nach links gedreht ist, nachdem wieder Anschluss zwischen H u. F erzielt ist, dann erfahren wir dadurch in Hundertel Millimetern wie tief die Nadel in das Holz vordrang.

Ich stelle die Anforderung dass die Nadel 0,25 Millimeter eindringt. Dieser Stand ist nicht immer genau zu treffen; weshalb ich die dazu erforderliche Belastung feststelle durch Interpolieren zwischen der letzten Belastung vor und der Belastung nach der Ablesung: Anfangsablesung + 25.

Den Widerstand gegen Eindrücke der Nadel drücke ich aus in Gramm pro mm², weshalb ich für meine Nadel die Beobachtungsergebnisse in Gramm zu multiplizieren habe mit dem Faktor 2,6 um den erforderlichen Druck pro mm² daraus herzuleiten.

Das Manual für diese Beobachtungen ist folgendermaassen einzurichten.

Stamm n ^o .	Druckseite.	Kernholz.	Splintholz.
Höhe über dem Stock.	Stützseite.	Kernholz.	Splintholz.
	Frühholz	Spätholz	
Belastung			Reduktionsfaktor f/d. Belastung 2,6
Anfang			
500 gr.			
1000 „			
1500 „			
2000 „			
u. s. w.			

Gebrauch für Bestimmung der Spaltbarkeit. Zu diesem Zwecke benützt man den Keil welcher in der Zeichnung im Stabe sitzt. Als Material nimmt man die Hälften der Stäbe, welche zum Biegen bereits gebraucht wurden.

Dieser Stab wird unter dem Tische in einen quadratischen Halter, den man sich anfertigen lässt und unten

am Tische angebracht hat, festgeklemmt, und zwar so dass er senkrecht steht und mit den Markstrahlen parallel der Schneide des Keiles gerichtet ist.

Das obere Ende wird dachförmig mit dem Meissel (Stämmeisen) beigestochen, damit die Schneide des Keiles nicht mit einem Male alle Fasern des radialen Schnittes zugleich ergreift. Versäumt man diese Fürsorge, dann geschieht es sehr oft, dass die Enden der Fasern gequetscht werden und der Keil darauf getragen wird, bis er bei Ueberbelastung plötzlich durchfällt.

Die Erfahrung zwang mich deshalb zu dieser Fürsorge. (Fig. 7).

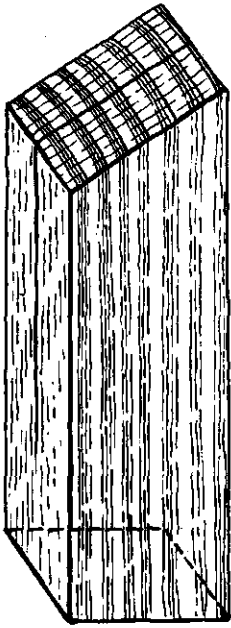


Fig. 7

Nachdem der Keil zum Eingreifen gebracht worden ist, belastet man den Tisch D. Indem man die Belastung vorsichtig steigert nimmt man das Einkeilen wahr, und ist der Keil unter vorsichtiger Handhabung der Schraube H, und allmählicher Herabminderung der Belastung, soweit gebracht dass seine Oberseite die Unterseite der Abdachung des Stabes erreicht hat, dann setzt man die Belastung mit der Schraube fest. Nun lässt man in die entstandene Spalte Tinte oder Lackmuslösung fließen, damit der Fortschritt der Spalte deutlich sichtbar wird. Misst man die Länge l der entstandenen Spalte und die Breite (o) der Spaltöffnung dann kann man die Spaltlänge (l_1 für jede andere Spaltöffnung (o_1) aus der bekannten Elastizitätsformel herleiten, indem

doch die halbe Spaltöffnung rectoproportional den Kuben der Spaltlängen sein muss, also:

$$\frac{\frac{1}{2} O}{\frac{1}{2} O_1} = \frac{l^3}{l_1^3}$$

$$\text{oder } l_1^3 = l^3 \times \frac{o_1}{o} \text{ und } l_1 = l \times \sqrt[3]{\frac{o_1}{o}}$$

Berechnen wir nun für alle erforschten Stäbe die Spaltlänge für dieselbe Spaltöffnung von 10 mm., dann ist das Verhältnis zwischen der Spaltlänge, die wir als l_{10} bezeichnen, und dieser Spaltöffnung, welches wir Spaltungszahl (S) nennen wollen, ein spezifisches Merkmal für das erforschte Holz. $S = \frac{l_{10}}{10} = \frac{1}{10}$ der Spaltlänge bei 10 mm. Spaltöffnung.

Wollen wir die Spaltbarkeit verschiedener Holzarten unter einander vergleichen, dann haben wir nach einer Form zu suchen, welche die erforderliche Kraft und den Erfolg zum Ausdruck bringt. Diese Form lässt sich folgendermaassen finden.

Gesetzt wir benützen einen geradfaserigen Stab der am Schlusse der Wahrnehmung unter einer Belastung von B Kilogramm. O mm. weit aufklafft und eine Spaltlänge von l. Millimeter aufweist.

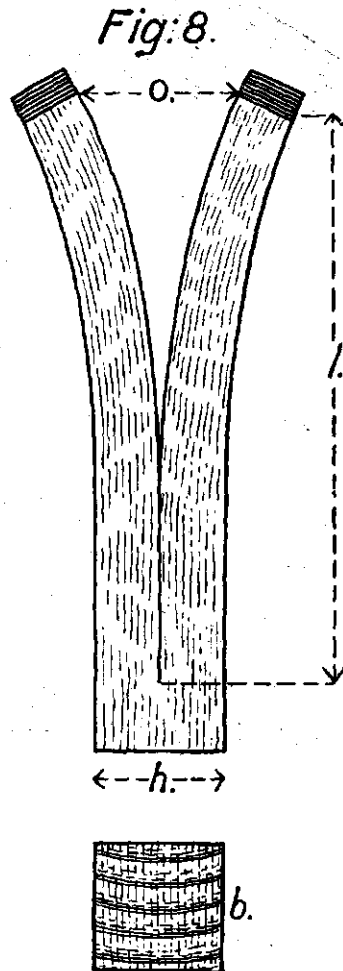
Der Stab habe die Querschnittsdimensionen $b \times h$.

Man ersieht aus nebenstehender Zeichnung, dass wir den Fall auch auffassen können als die Trennung zweier gleich grosser Stäbe von den Querschnittsdimensionen

$$\frac{h}{2} \times b.$$

Betrachten wir die Stäbe als elastische Körper, welche mit einer Stützenentfernung von 2 l Millimeter in der Mitte belastet werden.

Aus der Untersuchung des Biegungswiderstandes können wir die Belastung B^{II} E berechnen, welche erforderlich



wäre um einen Stab von $\frac{h}{2} \times b$ Querschnittsdimensionen und einer Stützenentfernung $= 2 l$ eine Mittensenkung von $\frac{0}{2}$ mm. zu verschaffen.

In dieser Belastung kommt der Spaltungserfolg durch die Grösse l bereits zum Ausdruck. Um nun auch die erforderliche Kraft zum Ausdruck zu bringen, brauchen wir nur die Spaltungsbelastung $B^*)$ zu dividieren durch die doppelte Elastizitätsbelastung für den gleichen Biegungserfolg und wir erhalten eine Grösse $>$ als 1, welche uns besagt wieviel Male wir die Elastizitätsbelastung anwenden müssen um nicht bloß den gleichen Biegungserfolg des einzelnen Stabes zu erzielen, sondern zugleich den Zusammenhang beider Stäbe (als Stabhälften) zu überwinden.

Es ist diese Grösse welche ich die Spaltungsverhältniszahl der betreffenden Holzart nennen will, welche ausgedrückt

$$\text{wird als} \quad S_v = \frac{B}{2 \cdot \frac{B''}{E}}$$

Es gab der Stab bei der Untersuchung des Biegungswiderstandes, bei einer Belastung B_E und einer Stützenentfernung E , eine Mittensenkung p , dann wird der halbe Stab bei, einer Belastung $\frac{1}{8} B_E$ die selbe Mittensenkung aufweisen; — indem doch im Sinne der elastischen Biegung die Höhe des Querschnittes auf die Hälfte zurückgebracht wurde. Dementsprechend ist $\frac{1}{8}$ der Kraft ausreichend für den gleichen Biegungserfolg des halben Stabes.

4) Er sei hier bemerkt dass als Spaltungsbelastung die Kraft gilt welche, bei der wahrgenommenen Spaltlänge, noch gerade genügend sein würde um bei der mindesten Erschwerung weiter zu spalten.

Diese Kraft ist eine bedeutend geringere als diejenige welche erforderlich ist um die erste Trennung der Fasern zu erzielen.

Natürlich wird mit zunehmender Spaltlänge die erforderliche Kraft immer kleiner. Es ist diese Kraft, welche im Manual als Anfangsbelastung verzeichnet ist. Daneben wird die Spaltungsbelastung notiert und diese ist es welche ich hier mit B andeutete.

Aus diesen Daten leitet man ab dass die hier anzuwendende Grösse $B'' = \frac{B_E \times o \times E^3}{128 p \times l^3}$ 5) zusetzen ist. —

Folglich berechnet sich die Spaltungsverhältniszahl:

$$S_v = \frac{128 \times B \times p \times l^3}{B_E \times O \times E^3}$$

Manual zur Eintragung der Ergebnisse der Spaltungsbeobachtungen.

Stamm n^o.

Druckseite. Kern. — Splintholz.

Höhe über dem Stocke . m

Stützseite. Kern. — Splintholz.

... Jahresringe auf 10 mm.

Belastung B = Kgr.	Spaltöffnung O = mm.	Spaltlänge l = mm.	Es wird nur in radialer Richtung ge- spalten.
Anfang Spaltung			

UEBER ZUSAMMENDRUECKBARKEIT UND RECKBARKEIT DES HOLZES.

Er lag anfänglich in der Absicht die „Sonde“ auch zu Bestimmungen der Zusammendrückbarkeit in der Richtung der Holzfaser zu verwenden.

Je mehr ich mich in den Verlauf der Kräfte bei der Biegung eindachte umso unfruchtbarer und überflüssiger erschien mir dieses Bestreben. Die nachfolgende Betrachtung über den Gang der Biegung beweist uns, dass es

5) Nach der Formel für den angedeuteten Fall verhalten sich:

$$\frac{B''}{E} = \frac{\frac{O}{2} \times E^3}{\frac{1}{8} B \times \frac{1}{8} E} = \frac{o \times E^3}{16 p \times l^3}$$

$$\text{also } \frac{B''}{E} = \frac{B}{E} \times \frac{o \times E^3}{128 p \times l^3}$$

überhaupt keine genauere und zuverlässigere Beobachtung giebt, als eben die Biegung.

In der Fig. 9 sei ein Stab dargestellt, welcher in der Mitte mit einem Gewicht B Kgr. belastet wird, indem er auf zwei Stützen ruht, welche E m.m. von einander entfernt sind. Wir denken uns die beiden Grenzflächen rechtwinklig zur Längsaxe. Im Moment dass der Stab von 10×10 mm. Querschnitt auf seine Stützen gelegt wird, macht sich das Eigengewicht gelten, sodass schon eine, wenn auch sehr schwache, Biegung statt finden muss. Die beiden Grenzflächen neigen sich gegen einander, sodass ihre Schnitte mit der senkrechten Ebene durch die Stabaxe, sich in ziemlich grosser Entfernung schneiden müssen; nehmen wir an im Punkte C. Dieser Punkt C ist das Centrum der Kreisbogen beider horizontaler Grenzflächen o-o und u-u des Stabes.

Nach der Belastung mit B Kgr. möge der Stab u-u-o-o die Lage angenommen haben, welche in der Fig. 9 ist wiedergegeben.

Die Kraft B äussert sich in dem Holzstabe ganz ebenso, als ob wir der Fläche o-o kräftig Wasser entzögen und die Fläche u-u Wasser aufnehme, oder auch, wie im Metallstabe, eine starke Abkühlung der Fläche o-o mit einer Erwärmung der Fläche u-u sich äussern würde. In diesen beiden Fällen greift die Kraft nicht in einem Punkte an, sondern sind die beiden Grenzflächen den betreffenden Wirkungen ausgesetzt. Sehn wir nun bei der *elastischen* Biegung eines Stabes, dieselbe Wirkung von einer Belastung in einem Punkte, dann kann man sich dieselbe nicht anders vorstellen, als eine gleichmässige Uebertragung in der Längsrichtung und zwar so, dass ein neues Gleichgewichtssystem entsteht.

Ein derartiges System lässt sich nun folgenderweise denken. (Fig. 9.)

In den Flächen u-a-o liegen Hebel, welche mit den Flächen ein unzertrennliches Ganzes bilden. Die Kraft B möge gleichzeitig an beiden Hebeln angreifen. Dieser Voraussetzung kann nur in dem Falle genügt werden, dass die Hebel sich kreuzen, im Kreuzpunkte eine Schlinge aufgehängt ist, und an dieser Schlinge zieht die Kraft B in senkrechter Richtung.

sein wird welche weder gepresst noch gereckt wird. Es ist eben diese Ebene welche der Mechanikus als die neutrale Ebene bezeichnet. Die Lage dieser Ebene kann nur dann genau die Mittelfläche zwischen den beiden Grenzflächen 0-0 und u-u sein, wenn.

1^o. der Stoff des Stabes homogen ist;

2^o. der Stoff gleich grossen Widerstand gegen Zusammenpressen und Ausrecken bietet; aber auch kann die Lage dieser neutralen Fläche nur dann eine konstante sein, wenn der Widerstand gegen Zusammenpressen und gegen Recken *in gleichem Maasse* mit dem ausgeübten Drucke wächst.

Wo es sich beim Holze um eine organisierte Fasermaterie handelt, kann es nicht ausbleiben dass die einzelne Faser, beim Zusammenpressen einen grössern Querschnitt annimmt, weshalb die Auswirkung derselben Kraft pro Faser geringer wird. Es wird also eine geringere Faser-masse genügen, um denselben Druck auszuhalten. Dem gegenüber steht aber dass die ausgereckten Fasern, durch die Querschnittsverringern, die Kraftwirkung in höherem Maasse empfinden müssen; es wird also ein grösseres Faserquantum beansprucht um dem zunehmenden Recken das Gleichgewicht zu halten.

So lange diese Querschnittsvergrösserung einerseits und die Verkleinerung andererseits für die Gesamtflächen des Pressens und des Reckens gleiche Grössen ergeben, bleibt die Lage der neutralen Ebene dieselbe. Es wird doch das erforderliche Quantum Fasern von der gepressten Hälfte, der gereckten Hälfte zugeteilt; — um diesem Anspruche zu genügen. — Diese Verschiebung vom gepressten zum gereckten Körper findet umso schwerer statt je höher der Druck gewesen ist, den die Faser zu widerstehn hatte; — und je weniger elastisch die betreffende Materie ist.

Jede Verzögerung dieser Verschiebung wird zur Folge haben, dass sich in einem Stabe, der unter schwankenden Druckverhältnissen steht, keine neutrale Fläche herausstellen wird, sondern ein Körper der am wenigsten die Druckverhältnisse empfindet, welche sich auf den ganzen Stab gelten machen.

Es kann sich nun noch eine Ungleichmässigkeit im Bau

der Materie hinzufügen. Ich will als treffende Gegensätze einander gegenüber stellen zwei Stäbe, wovon der eine angefertigt ist aus gesundem, gleichmässig breitringigem Eichenholz und der andere aus ebenfalls gesundem aber gleichmässig engringigem Fichtenholz. Beide Stäbe sollen auf elastische Biegung geprüft werden. — Der Querschnittsvergrößerung der Einzelfaser stellt sich bei der Eiche weniger Widerstand entgegen, indem die mehr oder weniger überall verteilten Poren ohne grossen Widerstand sich einengen lassen. — Es wird also dieses Holz keinen so grossen Druckwiderstand entfalten können, als wenn die Fasern mit wenigen oder keinen Poren aneinander schlössen. — Beim Ausrecken funktioniert jede Faser für sich, empfindet also nicht den Widerstand von Nachbarfasern; darum wird die Reckbarkeit des Holzes nicht in dem Maasse von den Poren (Leitgefässen) beeinflusst, als dieses mit der Zusammendrückbarkeit der Fall ist. — Die Zusammendrückbarkeit erfährt eine Steigerung indem im porenreichen Holze die Querschnittssumme der Fasern kleiner ist, und weil die Poren eine Querschnittssteigerung der einzelnen Fasern erleichtern. Die Reckbarkeit steigt nur im Verband mit der abnehmenden Querschnittssumme, unabhängig von dem zunehmenden Porengehalt.

Beim bezeichneten Fichtenstab können die Poren eben sowenig beim Zusammendrücken als beim Ausrecken einen Einfluss ausüben; — dagegen wird der Porenmangel die Querschnittssteigerung der Einzelfaser ungemein erschweren.

Aus diesen Gründen wird beim Fichtenstab der Druckwiderstand die mehr hervortretende Eigenschaft sein; wohingegen im Eichenstabe sich der Reckwiderstand mehr wird gelten machen.

Ebenso wie ich die beiden Kontraste scharf einander gegenüber stellen konnte; wird man auch von geringeren Gegensätzen entsprechende Differenzen in den Haupteigenschaften hervortreten sehen.

Praktisch kann man diese Korrelation zum Ausdruck bringen, indem man sagt: „Diese oder jene Holzart bietet einen grösseren Reck- als Druckwiderstand oder umgekehrt.“

Für unsere Frage bedeutet ein geringer Reckwiderstand, dass eine Tendenz anwesend sein muss um die

neutrale Fläche mehr nach der oberen Grenzfläche hin zu verlegen, ist dagegen in einem Stab der Druckwiderstand beim elastischen Biegen ein geringer, dann liegt die Notwendigkeit vor zum Verlegen der neutralen Fläche nach der unteren Grenzfläche hin; weil ein schwächeres Faserbündel zum Ausrecken gleiche Kraftansprüche macht als ein stärkeres Bündel zum Zusammenpressen.

An der Hand dieser Betrachtungen gelangt man zur folgenden Vorstellung des Gleichgewichtssystems in einem Stab der in der Mitte belastet ist, ohne dass dabei die Grenze der Elastizität überschritten wird.

An zwei Hebeln u-a-o-C, welche ein Ganzes mit dem Stabe bilden und die in a ihre Drehpunkte haben, hängt im Punkte C je eine Last $\frac{1}{2}$ B. Diese übt einen, von a nach o, steigenden Druck aus, wogegen das Holz sich entsprechend widersetzt, sodass in demselben übereinstimmende Druckspannungen hervorgerufen werden, welche von der oberen Grenzfläche nach der neutralen Fläche hin abnehmen bis zum Werte Null. Dieselben Hebel erwirken aber ein Ausrecken welches von a nach u hin wächst, wogegen das Holz reagiert durch Zugspannungen welche von u nach a abnehmen bis zum Werte Null.

Wüssten wir nun die Entfernung von a bis o, dann liess sich genau feststellen welche Kräfte in den Punkten o in entgegengesetzter Richtung wirken.

Den Weg zu diesem Zwecke durfte ich folgendermaassen finden.

Von den ungefähren Kreisbogen. ⁶⁾ u-u und a-a wissen wir dass, jedenfalls bis zur Grenze der elastischen Biegung, folgenden Bedingungen genügt sein müssen.

Für den Bogen u-u bleibt die Sehne unverändert = E (Stützenentfernung), denn würde der Bau des Materials dieser Bedingung nicht genügen, dann müsste ein Zerreißen der äussersten Faserschicht eintreten. Es kann diese Bedingung immerhin erfüllt werden durch das Verlegen der neutralen Fläche a-a, entweder mehr die Grenz-

6) Die Annahme des Kreisbogens übt hier einen äusserst geringen Einfluss aus indem wir hier unsere Berechnungen nicht weiter fortsetzen, als bis zur Grenze der elastischen Biegung, wobei also $R_1 = R \text{ max.}$

fläche o-o näherend oder aber mehr nach der Grenzfläche u-u sich verschiebend. Wir gehn doch eben aus von dem Grundsatze dass die Lage der neutralen Fläche a-a eine wechselnde sein kann.

Den Radius R_1 , im Falle der elastischen Biegungsgrenze, zugleich unser R max, ist also bekannt

$$R_1 = \frac{E^2}{8P} + \frac{P}{2}$$

Aus dieser Grösse lässt sich der Centrumwinkel α in Sekunden bestimmen aus: $\sin \frac{1}{2} \alpha = \frac{E}{2 \cdot R_1}$

Für den Bogen a-a gilt die Bedingung dass die Bogenlänge beim Centrumwinkel α die Länge E behalten muss. Unter dieser Voraussetzung lässt sich R_2 bestimmen als:

$$R_2 = \frac{206172}{\alpha} \times E, \text{ wobei } \alpha \text{ in Sekunden auszudrücken ist. } ^7)$$

Dadurch sind die beiden Radien bekannt, deren Dimensionen direkt abhängig sind von der Biegung. — Den dritten Radius findet man als

$$R_3 = R_1 - h.$$

Hiermit ist für uns die Lage der neutralen Fläche, in jedem einzelnen Falle bestimmt. Bezeichnen wir die Grösse a—o mit x , dann ist die Grösse a—u = $h - x$. ⁸⁾

$$^7) \quad R_2 = E \times \frac{\frac{E}{2 \pi R_2} = \frac{\alpha \text{ (in Sek)}}{360 \times 60 \times 60}}{\frac{180 \times 60 \times 60}{\pi \times \alpha}} = \frac{206172}{\alpha} \times E.$$

8) Auch hier ist wieder dasselbe zu bemerken was bereits auf S 7 verzeichnet wurde; — dass wir nämlich nicht mit absoluten Kreisbogen zu tun haben. — Immerhin ist die Annahme für unsern Zweck auch wieder nicht so gefährlich; denn wir wollen doch nicht mit absoluter Genauigkeit den Bogen kennen, sondern nur feststellen wie, unter gewissen regelmässig sich ändernden Bedingungen, die Rechnung andere Ergebnisse für die Lage der neutralen Fläche giebt. — Würde eine strenge Correction für meine Annahme angebracht, so würde dieselbe die gesamten Rechnungsergebnisse in proportionalem Maasse treffen, folglich dass Schlussergebnis kaum merkbar beeinflussen. —

Selbstverständlich wird hier nicht mit reduzierten, sondern mit den benützten Höhen (h) gerechnet, um die Fehlerquellen nicht unnötig zu vergrössern.

Mit Hülfe dieser Grössen können wir die Kraftgrenzen bestimmen, welche in a und o resp. in a und u tätig sind. — In den beiden Punkten o wirkt eine Kraft in entgegengesetzter Richtung von

$$\frac{1}{4} B_E \times \sin \frac{1}{2} \alpha \times \frac{R_2}{x}$$

Diese Kraft, in jedem Punkt o tätig, nimmt nach a hin ab bis zum Werte Null.

Die pressende Wirkung äussert sich, indem die Fläche o—o um die Grösse $E - E \times \frac{R_2 - x}{R_2} = E \times \frac{x}{R_2}$ ist eingekürzt und die Fläche a—a eine unveränderte Länge behält.

Indem also auf der Grenzfläche des Körperteiles a-a-o-o ein Druck ausgeübt wird von

$2 \times \frac{1}{4} B_E \sin \frac{1}{2} \alpha \times \frac{R_2}{x}$ wird derselbe um die Grösse $\frac{E \times x}{R_2}$ zusammengedrückt.

D. h. ein Druck von:

$$\frac{B_E \sin \frac{1}{2} \alpha R_2 \text{ Kgr. pro mm}^2 \text{ in der Richtung der}}{20 x^2} \text{ (bei Stäben von 10 mm. Breite)}$$

Faser ausgeübt, erweckt ein Zusammenpressen in dieser Richtung von: $\frac{1000 x}{R_2}$ Pro-Millen der Stablänge.

In derselben Weise findet man die Zugkraft pro mm² im Stabteil a-a-u-u mit dem Ausrecken in Promillen der Stablänge.

Die Kraft beträgt $\frac{B_E \sin \frac{1}{2} \alpha R_2}{20 (h-x)^2}$ und die Reckzahl beträgt $\frac{1000 (h-x)}{R_2}$ Promillen der Stablängen.

Das Verhältnis zwischen x und h-x belehrt uns über die Lage der neutralen Ebene im Falle der Biegung auf der Grenze der Elastizität.

Berechnet man dieses Verhältnis für eine Druckreihe, bis zur Grenze der elastischen Biegung, dann sagen uns

die Ergebnisse ob die Lage der neutralen Ebene eine unveränderliche ist, oder ob sie sich nach der einen oder nach der anderen Richtung verschiebt. Daraus können wir dann die Folgerung machen dass die betreffende Holzart einen grösseren Druck — oder einen grössern Reckwiderstand ausübt. Zahlenmässig werden diese Werte zum Ausdruck gebracht durch den erforderlichen Druck pro mm^2 mit den dadurch erzielten Längenveränderungen in Promillen der Stablänge.

Es sei hier darauf hingewiesen dass diese Wahrnehmungen im Stande sind uns ein klares Bild zu verschaffen über den Bau des Stammes und der Aeste. Wo wir wissen dass das Meristem sich nur dann als Grundgewebe erhalten kann, solange es nicht grössern Druckschwankungen ausgesetzt ist; da muss es als Naturgesetz gelten, dass es sich als tätiges Grundgewebe nicht behaupten kann, wenn es nicht als elastisch neutraler Körper in dem Stamme und in den Aesten auftritt. Gleichzeitig ist aber erklärlich, dass sich in den gestielten Blättern umso weniger Grundgewebe erhalten kann, je beweglicher Blatt und Stiel am Stengel und an dessen Aesten befestigt sind.

Hieraus geht hervor dass auch die Erforschung der Biegungserscheinungen unumgänglich ist um sich Klarheit zu verschaffen in den Wucherscheinungen der Stengelpflanzen.

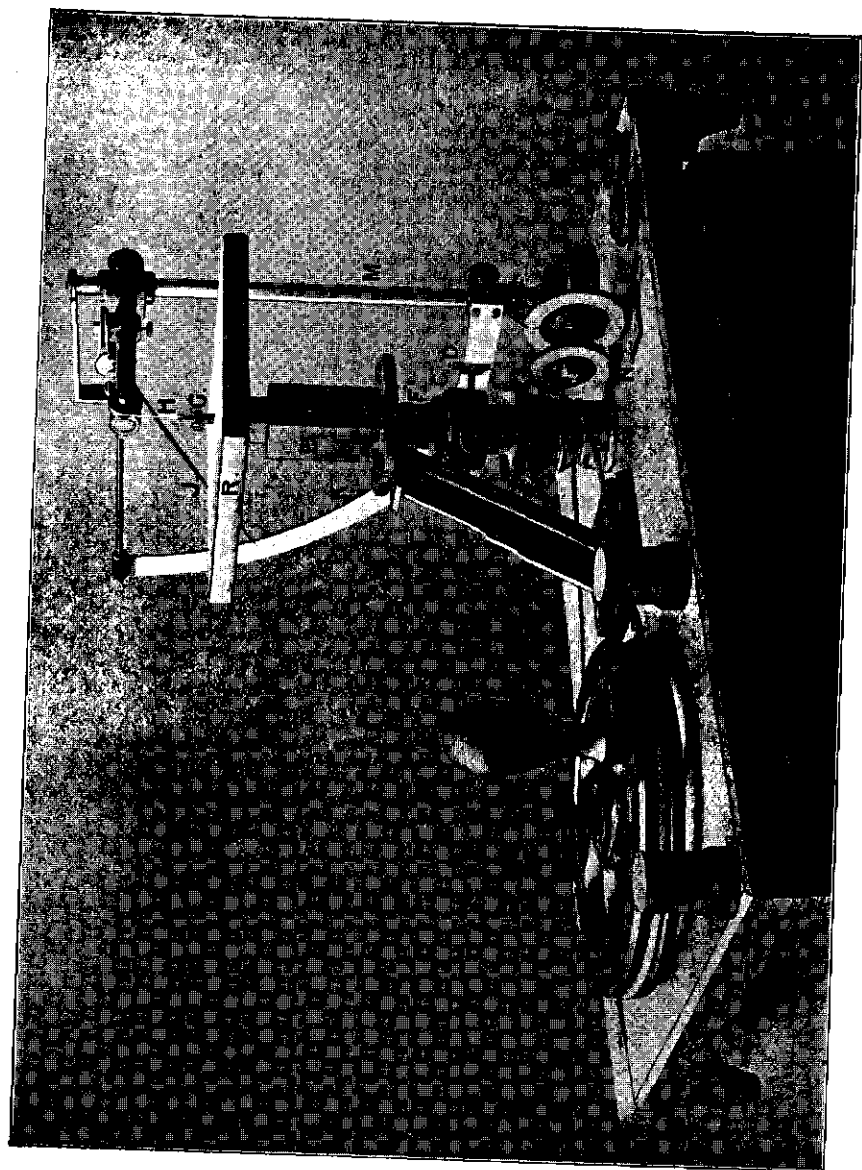
Es wurde dieser Punkt hier nur eben berührt zur Erklärung des Arbeitsaufwandes auf diesen Gegenstand verwendet. Derselbe hatte doch nicht nur zum Ziel uns einen Blick zu verschaffen in den Eigenschaften des toten Holzes; sondern zugleich um einen sichern Anhalt zu gewinnen für die richtige Deutung gewisser Lebenserscheinungen.

In einer folgenden Mitteilung hoffe ich diesen Gegenstand mit ausgeführten Messungen näher zu erörtern.

DER APPARAT FUER TROCKENSCHLIFF. „A. LODEMANN“.

Weniger zum Studium biologischer Fragen, als zu technischen Zwecken, liess ich den dritten Apparat anfertigen,

BILD. X.



der mich in den Stand setzen soll um die Abnützung des Holzes beurteilen zu können, wenn es unter genau bestimmbaren Bedingungen der Einwirkung einer Holzraspe auf der Hirnfläche wird ausgesetzt.

Beschreibung des Apparates. Bild. X. $\frac{1}{5}$ nat. Grösse.

Das Grundprinzip dabei ist folgendes: Ein halber Holzzylinder von bekanntem Querschnitt wird mit bekanntem Druck gegen eine rotierende Holzraspe gedrückt. Die andere Hälfte des Zylinders ist eine passende Stahlbürste, welche die Raspe stetig von Holzmehl reinigt. Bestimmt man die Zahl der Rotationen, kennt man den Druck pro mm² Hirnfläche und misst der Apparat die Axenabnützung, dann haben wir die erforderlichen Daten um die Abnützung verschiedener Holzarten untereinander vergleichen zu können.

Auf dem Tische A ist eine rotierende Säule B. angebracht, welche auf einer Kugelführung geht. Im obern Teile ist eine Stahlraspe eingeklemmt, welche von einem Becher umgeben ist, zum Auffangen des Holzmehls.

Auf demselben Tische ist die Stütze L angebracht, welche die rechtwinkelige Leithülse E trägt. In dieser Hülse läuft mit sehr geringer Reibung der rechtwinkelige Druckstab F, welcher am obern Ende den Drucktisch R trägt; am untern Ende dagegen den zylindrisch ausgebohrten Kragen C. In diesen Kragen greifen, einander rechtwinklig gegenüber, vier Schrauben D ein, mit deren Hülfe man den halbzylindrischen Holzstab, zugleich mit der halbzylindrischen Stahlbürste, fest klemmen kann. Das Holzstück wird zylindrisch derartig gedreht (Q), dass der untere Teil mit der Raspenscheibe sich vollkommen deckt. Durch den Drucktisch R ist der Druckstab F von einer zylindrischen Verlängerung G vorsehn. In dieser Verlängerung G ist ein Haken verstellbar angebracht, zum Einhaken der Schnur H, welche über zwei Scheiben läuft um die Nadel an dem Kreisbogen K entlang zu fahren. Der Kreisbogen ist derartig eingeteilt, dass die Senkung des Tisches R in 0,05 mm. gemessen wird.

Die Rotation der Raspe wird erzielt mit dem Trieb O und der Schnur P. Die Rotationen werden auf den Turenzähler N übertragen. Die Säule M trägt den

Kreisbogen, welcher im senkrechten Stand der Nadel l, rechtwinkelig umgebogen werden kann, um Schaden beim Transport vorzubeugen. Preis loco Wageningen Mrk. 120.

Gebrauch des Apparates.

Wenn auch der Apparat einen mehr direkt technischen Nutzen hat, sind seine Ergebnisse in biologischen Fragen m. E. von einem grössern Werte als die oben beschriebenen Härtebestimmungen. Sind die letztern unentbehrlich um uns ein klares Bild zu verschaffen der Härtegegensätze im Früh — und Spätholz; dann belehrt uns der Trockenschliff über die Härtewirkung des gesamten Materials, in den verschiedenen Teilen des Stammes. — So in den verschiedenen Quartieren desselben Querschnittes; — wie auch in derselben Querschnittlage auf verschiedenen Höhen.

Aus diesem Grunde veröffentlichte ich auch diesen Apparat und möchte zum Buchen seiner Ergebnisse folgendes Manual vorschlagen. —

Stamm n°. Druckseite — Kernholz. Splintholz.
 Stützseite — Kernholz. Splintholz.

Belastung	Querschnitt	Turenzahl	Abnützung der Längsaxe
Kg.	mm ²	—	mm.

Die vielen Anregungen, welche ich von meinem zu früh verstorbenen Freunde, dem Königl. preussischen Forstmeister A. LODEMANN (Medingen) erhalten durfte, veranlassten mich diesen Apparat nach ihm zu taufen. So manchmal legte er Schwächen in unserer Produktion bloß, weshalb es vor der Hand liegt, dass ich einen Apparat, der das produzierte Holz auf seinen Widerstand gegen Abnützung prüfen soll, nach ihm benenne.

Wageningen, Januar 1909.