

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

6341

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299278

ZWIĄZEK STUDENTÓW ARCHITECTURY
PRZY AKADEMII GÓRNICZEJ
W KRAKOWIE

Das Holz als Baustoff,

sein Wachstum
und seine Anwendung zu Bauverbänden.

Den Bau- und Forstleuten gewidmet

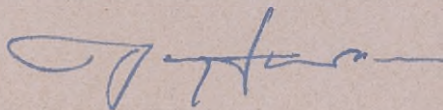
von

Gustav Lang,

Geheimer Regierungsrat,

Professor an der Technischen Hochschule zu Hannover.

Mit zahlreichen Bildern aus dem Bauingenieurlaboratorium
und 2 Beilagen.



A/401

Wiesbaden.

C. W. Kreidels Verlag.

1915.



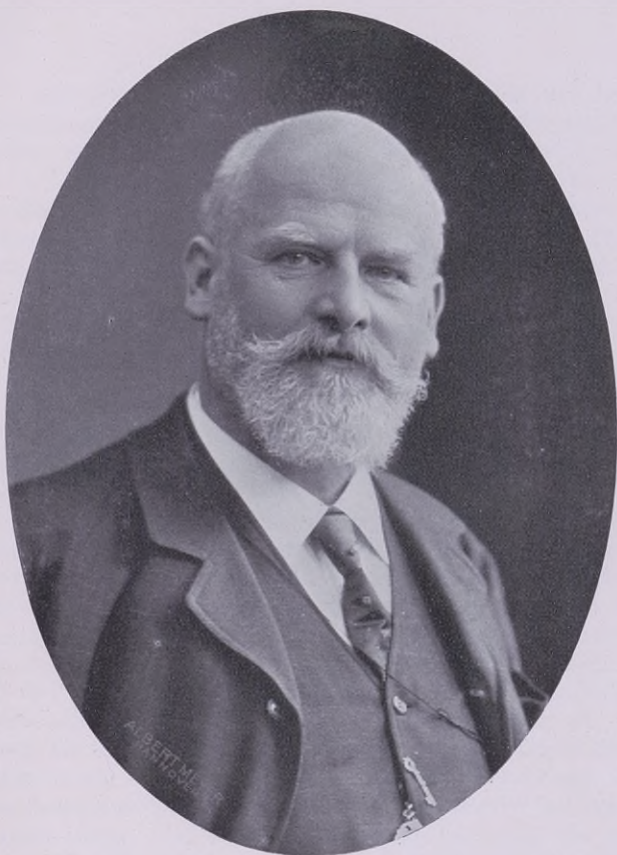
II 6341

Nachdruck verboten.

Uebersetzungen in fremdländische Sprachen, auch in die
ungarische und russische, vorbehalten.

Copyright by C. W. Kreidels Verlag, Wiesbaden.
1915.

Dem
Andenken des Verfassers.



Nur wenige Tage waren verstrichen, seit der letzte Druckbogen des vorliegenden Werkes die Presse verlassen hatte, als ein unerwartet früher Tod am 9. Juni d. J. dem weiteren Schaffen des Verfassers ein Ziel setzte. Dieses Buch ist also das letzte, welches wir Langs Feder verdanken. Da dürfte es wohl am Platze sein, ihm einige Worte über den Werdegang und das Schaffen des Verstorbenen beizufügen, um so ein Bild seines Lebens auch denen vorzuführen, die ihn persönlich nicht kannten.

* * *

Gustav Lang wurde am 11. Januar 1850 in Reutlingen als Sohn des Kaufmanns Moritz Lang geboren. Seine Schuljahre verlebte er in der Vaterstadt. Er genoß den Unterricht am dortigen Lyzeum vom 5. bis zum 14. Lebensjahre, besuchte dann weitere 2 Jahre die dortige Oberrealschule und bezog darauf — 16 Jahre alt — das Polytechnikum zu Stuttgart. Von den dort verbrachten 6 Jahren entfallen 2 Jahre auf den Besuch der Vorschule und 1 Jahr auf die militärische Dienstzeit, die er als Kriegsfreiwilliger 1870/71 z. T. in Feindesland verbrachte. 1872 legte er die 1. Staatsprüfung ab, war dann als Königlicher Bauführer bei verschiedenen Eisenbahnbauten in Württemberg beschäftigt, bestand 1876 die Baumeisterprüfung, war kurze Zeit wieder bei Staatsbauten tätig, trat aber schon im Herbst 1876 als Assistent für verschiedene Fächer beim Stuttgarter Polytechnikum ein und blieb von da ab, bis zu seinem Tode, — also nahezu 40 Jahre — dem Beruf als Lehrer treu.

Nachdem er sich 1877 mit einer Schrift über Erdtransportkosten (München 1879, Ackermann) habilitiert hatte, folgte er 1882 einem Rufe als ordentlicher Professor an das Baltische Polytechnikum in Riga, wo er

die Fächer „Brückenbau“, „Eisenbahnbau“ und „Straßenbau“ vertrat. Hier gründete er auch seinen Hausstand, indem er die zweite Tochter des unlängst verstorbenen Baudirektors von Bok in Stuttgart als Gattin heimführte. 1890 siedelte er von Riga nach Hannover über, wo ihm der Lehrstuhl für „Bauverban dund Baustoff“ übertragen wurde. Letzterem Fache wurde später das „Bauingenieur-Laboratorium“ angegliedert, dessen Einrichtung die eigenste Schöpfung des Verstorbenen war. Zunächst ausschließlich für Unterrichtszwecke bestimmt, wofür es 1905 in Betrieb genommen wurde, diente die Einrichtung doch bald umfangreichen Forscherarbeiten, denen sich Lang mit Vorliebe widmete. Zunächst wurden zahlreiche Versuche mit bewehrten und unbewehrten Betonstützen ausgeführt, die in der Zeitschrift „Armierter Beton“ 1912, Heft 7—9 veröffentlicht sind. Dann begannen Ende 1912 Untersuchungen von Hölzern, die namentlich auch ausländische Hölzer, sowie in Hinblick auf die Bedeutung für den Bau von Flugfahrzeugen Bambus und hohle Sperrhölzer, umfaßten. Diese sollten zur Ergänzung der Prüfergebnisse dienen, die in den Unterrichtsübungen bei den Versuchen mit einheimischen Bauhölzern gewonnen waren, und fanden ihren Abschluß erst im Herbst 1914, als der Krieg die Fortsetzung unmöglich machte. Die Mitteilung dieser umfassenden Arbeiten bildet einen wesentlichen Teil des Inhaltes des vorliegenden Buches.

Als weitere Veröffentlichungen sind Aufsätze zu nennen, die in verschiedenen Fachschriften erschienen, so in der „Rigaer Industriezeitung“ in den Jahrgängen 1882—90, wo u. a. die Ergebnisse über Frostversuche an Mörtel- und Mauerwerkkörpern mitgeteilt sind, weiter in der „Deutsche Bauzeitung“, „Zeitschrift des Hannoverschen Architekten- und Ingenieur-Vereins“, „Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen“- und dem „Zentralblatt der Bauverwaltung“, ferner im Buchhandel: „Zur Entwicklungsgeschichte der Spannwerke des Bauwesens“ (Riga 1890, N. Kymmel) und „Der Schornsteinbau“ (Hannover 1896/1911. Helwing.)

Die Herausgabe weiterer Werke, für die der Verstorbene bereits mancherlei Vorbereitungen getroffen

hatte, waren von ihm wegen Zeitmangels auf später verschoben. Er wollte sich nach Eintritt in den Ruhestand in höherem Maße schriftstellerisch betätigen. Die jugendliche Frische, die er sich trotz seiner fast 66 Jahre bewahrt hatte, ließ noch viel von seiner Tätigkeit erhoffen. Da bereitete der Tod diesen Plänen ein jähes Ende.

Lang hatte sich, wie er selbst im Vorwort erzählt, bei Ausbruch des Krieges erneut der Heeresverwaltung zur Verfügung gestellt und war zu Beginn d. J. mit der Untersuchung von Propellern und Propellerhölzern betraut, die in seinem Laboratorium eingeleitet wurden. Da traf ihn am 26. Januar ein sehr ernster Unfall: der linke Unterarm wurde ihm von einem Propeller zerschmettert. Dank seiner unverwüstlichen Gesundheit verward er die schwere Verletzung anfänglich überraschend gut, kurz vor Ostern konnte er bereits das Lazarett verlassen und bald darauf besuchte er schon täglich wieder das Laboratorium, um den Fortgang der Holzuntersuchungen zu verfolgen. Da stellte sich Anfang Juni unerwartet Fieber ein, nach einigen Tagen zeigten sich in der verletzten Hand Spuren eines versteckten Eiterherdes, eine Blutvergiftung trat ein und am 9. Juni erlag er einem schmerzlosen Tode.

Mit Lang ging nicht nur ein schaffensfreudiger, unermüdlicher Forscher, sondern auch ein kerndeutscher Mann dahin. Wie heiß er sein Vaterland liebte, bezeugte der erneute Eintritt in den Heeresdienst, in dem er sich die zum Tode führende Verletzung zuzog. Lauterkeit der Gesinnung, Offenheit und Wahrhaftigkeit waren die Grundzüge seines Wesens; eine sonnige Lebensfreudigkeit paarte sich mit tiefster Herzensgüte. Alle, die ihm nahetraten, Freunde und Schüler, Mitarbeiter und Untergebene, werden ihm ein warmes Andenken bewahren.

Hannover, August 1915.

Prof. Dr. Ing. F. Quietmeyer.

KWIAZEK STUDENTÓW ARCHITEKTURY
PRZY AKADEMII GÓRNICZEJ
W KRAKOWIE

Vorwort.

Das Holz ist der älteste unserer Baustoffe, in seinen wichtigsten Eigenschaften aber den meisten Bauleuten noch nicht genügend bekannt. Dies hat die Forstleute im vorigen Jahrhundert zur Einführung eines Waldwirtschaftbetriebes verführt, der zwar die Erträge steigert, die Güte des Bauholzes aber verschlechtert und der seine Berechtigung verliert, sobald die Bauleute gutes und minderwertiges Holz besser zu unterscheiden verstehen, und daher für letzteres geringere Preise bezahlen. Hierzu beizutragen, ist der Zweck dieses Buches; es wird dadurch die Sicherheit unserer Bauverbände erhöht und das einheimische Holz wieder höher geachtet, als bisher, wo Unmengen ausländischer Hölzer eingeführt werden. Denn der Bedarf an Bauholz hat sich trotz unseres Zeitalters des Eisens und Betons nicht vermindert, sondern steigt noch stetig.

Ueber 120 Millionen Mark*) betrug bisher der jährliche Ueberschuß der Einfuhr ausländischer Hölzer gegenüber der Ausfuhr Deutschlands. Der Mehrbedarf erstreckt sich allerdings nicht bloß auf Bau- und Tischlerholz, sondern auch auf den Verbrauch unserer Holzstoff- und Papierfabriken (vgl. S. 203 „Ueber Wälder, die zu Papier werden“). Es könnte nach S. 233 ff. manches bei einer verbesserten Waldwirtschaft gespart werden, manches andere ferner durch Anpflanzung raschwüchsiger ausländischer Holzsorten, die bei uns gut gedeihen, vieles endlich durch besseren Schutz gegen Fäulnis und Feuergefahr.

*) Nach Fischmann sind 1913 sogar für 303 Millionen Mark mehr Hölzer ein- als ausgeführt worden. Andere Angaben schwanken zwischen 120 und 300 Millionen. Den Zahlen des statistischen Amtes dürften in Zukunft schärfere Unterscheidungen zu wünschen sein, um die gegenwärtigen Unsicherheiten zu beseitigen.

Dazu gehört freilich ein besseres Verständnis des Holzes seitens unserer Bauleute, als es bis heute vielfach angetroffen wird. Der Unterricht über das Kleingefüge, das Wachstum und die Prüfung des Holzes ist zum Teil noch so lückenhaft, daß Weiler in der „Vereinigung für angewandte Botanik“ 1907 in Dresden die Forderung aufstellte: An den technischen Hochschulen müsse der botanische Teil der Holzkunde von Botanikern gelesen werden, da die technischen Lehrer hierfür meist zu wenig vorgebildet seien.

Diese Forderung würde aber die ohnehin schon an Ueberbürdung leidenden Unterrichtspläne unserer bautechnischen Abteilungen noch stärker belasten als bisher, da der Botaniker weiter ausholen müßte, als es in den Rahmen der Baustofflehre paßt, und bei der Vorliebe der Botaniker für Fremdwörter von oft recht mangelhafter Treffsicherheit, ja sogar von Sprachunrichtigkeit (vgl. z. B. Fußnote 38, S. 54) das Gedächtnis der Hörer ganz unnütz belasten würde, und zwar nicht bloß derer, die der alten Sprache nicht mächtig sind, sondern auch solcher alten Gymnasiasten, die da glauben, wenn sie Worte hören, es müsse sich daraus doch auch was denken lassen.

Hier nur ein Beispiel aus „Hann. Kurier“ vom 4. März 1915:

Dr. Gerke erwähnte neulich im Naturwissenschaftlichen Verein Hannover folgenden Satz aus einem deutschen Lehrbuch der Pflanzenkunde:

„Aktinomorphe, monokline, zyklische, choripetale, pentamere, diplostomome Blüten; Sepelen, Petelen und Stamina zeigen Alternanz; die Antheren sind intrors, das Gynäzeum ist synkarp.“

Er übersetzt das sinngemäß und allgemein verständlich wie folgt:

„Diese Pflanze hat regelmäßige Zwitterblüten, deren in Quirlen stehende Blütenblattkreise miteinander abwechseln; die Blüten haben 5 Kelchblätter, 6 freistehende Kronblätter, 10 zwei Kreise bildende Staubgefäße, deren Staubbeutel nach innen gewandt sind; der oberständige Fruchtknoten ist aus 5 verwachsenen Blättern gebildet.“

Die Ueberflüssigkeit, ja Geschmacklosigkeit der obigen Häufung schwer verständlicher Fremdwörter tritt hieraus deutlich hervor.

Der Einwand, daß wissenschaftliche Bezeichnungen international sein müssen, verliert mehr und mehr an

Gewicht zugunsten der Verständlichkeit für die Volksgenossen; so heißt z. B. die frühere internationale, aber falsche Bezeichnung „Tracheen“ heute in Deutschland allgemein „Gefäße“, in Frankreich: vaisseaux, in England: vessels. Die Benutzung der Festigkeitlehre durch die Botaniker führt manchmal zu Entgleisungen (vgl. S. 238), und der Nutzen des botanischen Unterrichts wäre ein sehr zweifelhafter, wenn er in den Anwendungen auf Bauverbände im späteren Unterricht nicht ständig ausgenützt würde, da die Erfahrung zeigt, daß das in jüngeren Semestern Gelernte nur dann fruchtbringend wirkt, wenn es bei den Anwendungen im späteren Unterricht auch verwertet wird.

Dazu gehört aber, daß die für das Verständnis des Holzes nötigen botanischen Kenntnisse Gemeingut aller Techniker werden und ihnen in möglichst kurzer und anschaulicher Form zugänglich gemacht werden, was aus den mir bekannten Lehrbüchern nur unvollständig und auf zeitraubenden Umwegen zu erlernen ist.

Deshalb habe ich mich entschlossen, das für den Techniker Notwendigste über das Holz als Baustoff und seine Anwendung zu Bauverbänden in diesem Buche zusammenzustellen**) und dabei die unnützen Fremdwörter durch Verdeutschungen zu ersetzen, die, wie ich hoffe, das Verständnis erleichtern werden. Manche dieser Verdeutschungen sind schon in anderen Büchern benutzt, z. B. in Schmeils Leitfaden der Botanik²⁷⁾, ferner — was ich leider zu spät bemerkte, um es im Text noch anführen zu können und daher hier nachtrage — in Hoyers mechanischer Technologie. Die Quellen, aus denen ich schöpfte, sind überall gewissenhaft erwähnt. Von manchen war mir freilich nur der Titel zugänglich, andere erhielt ich erst nach dem Druck der betreffenden Bogen, so daß mir während der Arbeit Berichtigungen aufgestoßen sind, die zu späteren Aenderungen führten. So ist z. B. S. 149/155 die für uns so wichtige „*Robinia pseudoacacia*“ durch „Schotendorn“ verdeutscht nach dem Vorgang verschiedener Bücher, was auch in die Zeitschrift für Archi-

**) Mit Ausnahme der Schutzmittel gegen Fäulnis und Feuer, die ein besonderes Buch füllen würden (vgl. S. 7).

tektur und Ingenieurwesen 1913 übergangen ist***). Ich bitte dort überall „Hülsendorn“ statt „Schotendorn“ zu setzen, wie es S. 213 ff. getan ist; denn in der Zwischenzeit hatte ich Gelegenheit, die S. 151 erwähnten fünf Bände der Zeitschrift von Medicus einzusehen, in denen er sich mit Recht gegen die Bezeichnung Schotendorn wehrte, da die Samen nicht in Schoten, sondern in Hülsen stecken.

Die übrigen Verdeutschungen sind beim erstmaligen Gebrauch eingehend begründet, und aus dem Stichwörterverzeichnis leicht aufzufinden. Wenn ich auch nicht hoffen darf, daß dieselben so rasch Anklang finden wie meine Verdeutschung des zungenbrechenden „Sky-skraper“ durch „Wolkenkratzer“ †) oder von Kräftepolygon und Seilpolygon durch Krafteck und Seileck¹³⁰⁾, wenn auch vielleicht ebenso viele Jahre zu ihrer Verbreitung erforderlich sind wie zum Verschwinden der alten, zopfigen Bezeichnungen aus der Festigkeitlehre (vgl. S. 240), so darf ich nach meinen Besprechungen mit Botanikern vielleicht deren spätere Verbreitung doch noch erleben. Das gleiche hoffe ich auch von meinem Kampf gegen die unnützen „ungs“ und „s“-Schwänzchen, den zwar seit Jean Paul viele vor mir versucht haben, für den aber erst in neuerer Zeit mehr Verständnis aufgekommen zu sein scheint. Letzteres dürfte meist noch fehlen für meinen Kampf gegen die unnützen Binde-„e“, die jetzt so häufig an Stelle der „ungs“ eingeschaltet werden, (was aber immerhin eine Fortschrittstufe bedeutet). In Süddeutschland ist die Einsicht von deren Ueberflüssigkeit leichter zu erreichen als im Norden, und in der Schweiz hat dieses Binde-„e“ kaum Eingang gefunden; ich erinnere nur an

***) Die ganze Arbeit sollte ursprünglich in dieser Zeitschrift erscheinen. Da sie mir aber unter der Hand zu sehr anwuchs, schloß ich dort mit dem Jahrgang 1913 ab und gebe nun das Ganze in Buchform heraus — mit beträchtlichen Einschaltungen in den Zeitschriftentext. Diese Art der Entstehung bedingt auch die zahlreichen Nachträge und Berichtigungen, endlich auch das kleine Format des Buches, das sich nach dem vorhandenen Satz des Zeitschriftenformates richten mußte.

†) Vgl. Hannov. Gewerbeblatt 1893, S. 82, was hier erwähnt sei, weil ich mehrfach in Zeitungen Anfragen nach dem Ursprung dieses Wortes begegnete.

die dortigen alten Amtsbezeichnungen, wie z. B. Schiff-
lände (statt Landungsbrücke) und Verkündgesuch (statt
Verkündigungsgesuch). Auch in Oesterreich fehlt dieses
e-Schwänzchen.

Hier seien noch die Verdeutschungen der botanischen
Benennungen der Holzzellen kurz zusammengestellt:

Leitzellen anstatt Tracheiden s. S. 54.

Gefäße anstatt Tracheen s. (38) S. 54.

Füllzellen statt Thyllen s. S. 57.

Stützzellen anstatt Sklerenchymzellen s. S. 58.

Nährzellen anstatt Parenchymzellen s. S. 59 u. F. N. 40.

Aber auch anscheinend gut deutsche Bezeichnungen
sind manchmal verbesserungsbedürftig, z. B.:

Schlangenfichte, richtiger Rutenfichte ⁹⁹⁾.

Fladerschnitt, richtiger Fladenschnitt ²⁰⁾,

Jahresringe, richtiger Jahrringe S. 71.

Aufästen, richtiger Aesten ¹⁰³⁾.

Kopfbänder, richtiger Kopfbüge S. 334.

Kernbohnen, richtiger Markbohnen s. S. 100.

Dies war geschrieben, als der Weltkrieg ausbrach,
durch den auch die Deutsche Sprachreinigung eine
wesentliche Förderung erhoffen darf. Dagegen nötigte
derselbe zu einem rascheren Abschluß der noch zu be-
arbeitenden Bogen 16—24, in denen manche Lücke ††) sich
zeigen wird, zu deren Ausfüllung Zeit und Hilfkkräfte
fehlten; denn meine beiden Laboranten wurden zur Fahne
einberufen, so daß ich manchen beabsichtigten Versuch
unterlassen mußte, und ich selbst fühlte mich gedrungen,
meine Kräfte — ebenso wie 1870 — dem Heere zur
Verfügung zu stellen, und bat nur um Aufschub bis zur
Vollendung des Buches, dessen baldiges, wenn auch lücken-
haftes Erscheinen mir für unsere Heeresverwaltung nütz-
lich erschien. Am 28. Oktober brachte ich den Schluß
meines Schriftsatzes zur Druckerei, am 29. früh wurde ich
eiligst nach Soltau gesandt zur Uebernahme der neu er-
richteten Postprüfstelle für das dortige Gefangenenlager,

††) Diese Lücken lassen sich heute ergänzen durch die
soeben erschienene fleißige Arbeit von Janka, in Heft 39 der
„Mitteilungen aus dem österr. Forstversuchswesen“, Wien 1915.

die meine Zeit so stark beanspruchte, daß ich zur Durchsicht der Druckbogen wenig übrig behielt. Am 18. Januar 1915 wurde ich der Flieger-Ersatz-Abteilung V in Hannover zugeteilt mit der Aufgabe, Versuche zur Verbesserung der Holzteile unserer Flugzeuge anzustellen, und hatte dieselben eben in Gang gebracht, als am 26. Januar ein Windflügel mir die Elle des linken Unterarms zerschmetterte, so daß ich 9 Wochen im Garnisonlazarett schwer daniederlag und nur wenig für die Förderung meiner Arbeiten tun konnte. Immerhin ermöglichte dies Krankenlager, die Korrekturen zu vollenden, dieses Vorwort zu ergänzen und neue Versuche mit Luftschrauben einzuleiten. Die Heilung wird aber noch lange währen.

Von Fremdwörtern wird man in diesem Buche nur den Ausdruck „Bauingenieurlaboratorium“ finden, den ich aus Gründen beibehalten mußte, die ich demnächst an anderer Stelle bei einer Beschreibung von dessen Einrichtung rechtfertigen werde.

Wie nützlich dieses Laboratorium für die Baustoffprüfung sowie für den Unterricht in der Baustoff- und Bauverbandlehre wirkt, dürfte bezüglich des Holzes aus diesem Buche hervorgehen.

Auffällig mag manchem erscheinen, daß ich das alte internationale Zeichen „ $\frac{0}{0}$ “ beibehalten habe, dessen Ersatz durch „v. H.“ neuerdings überhand nimmt, manchmal aber besser durch „hundertstel“ ersetzt werden würde. Das Zeichen $\frac{0}{0}$ kann jeder nach seinem Belieben und in jeder Sprache nach der dort geläufigen Bezeichnungsweise aussprechen, für den Druck scheint es mir daher beibehaltenswert und leichter lesbar als „v. H.“ zu sein.

Hannover, den 14. April 1915.

G. Lang.

Inhaltübersicht.

	Seite
Vorwort.	III—VIII
Inhaltübersicht	IX—XIV
Verzeichnis der Fußnoten	XV—XVIII
Nachträge und Berichtigungen	XIX—XXI

Einleitung.

Das Holz der älteste und noch heute wichtigste Baustoff	1
Veränderungen im Holzhandel	4
Notwendigkeit besserer Kenntnis und Prüfung des Holzes	6

I. Abschnitt.

Die äußeren Kennzeichen guten Holzes. . . .	7— 32
Prüfung mit dem Auge.	7
Prüfung mit dem Gehör	8
Prüfung mit dem Geruch	8
Prüfung mit dem Gefühl	8
Härte des Holzes. (Härteklassen S. 11/12) . . .	9
Spezifisches Gewicht s	13
Raumgewicht r_g, r_t, r_n, r_o	14
Feststellung des Raumgewichtes und der Feuchtig- keit	14
Formeln für r_o, r_n, n und Porenmaß p_o	18
Geschwindigkeit der Wasseraufnahme.	22
Beziehungen zwischen Raumgewicht, Festigkeit und Härte des Holzes	23

II. Abschnitt.

Das Kleingefüge des Holzes (Anatomie) und die daraus folgenden Kennzeichen und Eigenschaften der Hölzer	32—203
Benennungen der verschiedenen Schnitte	33
Einteilung der Hölzer in die drei Hauptgruppen A, B, C	34
A. Spitzkeimer (Palmen und Baumgräser)	35
Palmen	36
Bambus	36
Festigkeitsversuche mit Bambus	41

	Seite
Liste I und Tafel I, enthaltend Bild 8a bis 15 s. in Beilage	
Vergleich mit abgesperrten Furnierrohren	51
Biegen des Bambus	53
Gemeinsame Eigenschaften der Nadel- und Laubhölzer	53— 91
Die Zellenarten und ihre Aufgaben	53
1. Leitzellen und Gefäße	54
Füllzellen (Thyllen)	57
2. Stützzellen oder Holzfasern	58
3. Nährzellen (Parenchym)	59
4. Zwischenzellräume	60
5. Verdickungsschicht (Kambiumring), Bast und Rinde	61
Größe der Zellen	64
Chemische Zusammensetzung der verholzten Zell- wände	65
Kern- und Splintholz	66
Falscher Kern und Faulkern	67
Grundzüge des Querschnitts eines Nadel- und Laub- holzstammes	68
Der Kreislauf der Zellsäfte und das Dickenwachstum	68
Stärke- und Fettbäume	69
Teilung der Zellen der Verdickungsschicht	71
Die Jahrringe, ihr Früh- und Spätholz	71
Hemmung der allzustarken Frühholzentwicklung.	74
Umtriebszeit	75
Wassergehalt der Bäume; Wildfraß und andere Störungen	75
Fällzeit und Nachbehandlung	77
Jodprobe für gefälltes und ausgetrocknetes Holz	78
Das Flößen	79
Das Ringeln	81
Schutz beim Lagern im Walde	87
Dauer des Holzes	88
Größe, Umfang, Alter und Tod der Bäume	89
B. Die Nadelhölzer	91—123
Gingko	91
Harzgänge und Harzgallen	92
Liste II	93
1. Die Fichte = <i>picea excelsa</i> (L)	97
Liste III Abnutzung	103
2. Die Weißtanne = <i>abies pectinata</i> (D. C.) . .	103
3. Die Kiefer oder Föhre = <i>pinus silvestris</i> (L) und ihre Abarten	105
Liste IV	110
4. Die Lärche = <i>larix europaea</i> (D. C.)	115
Vergleiche dieser vier Nadelholzarten Liste V	117
5. Die <i>Tsuga</i> -Arten, besonders die <i>Douglastanne</i>	117
6. <i>Küstensequoia</i> und <i>Mammutbaum</i>	120

	Seite
7. Die Zedernarten	120
8. Die Eibe = <i>Taxus baccata</i>	121
9. Sumpfyypresse = <i>Taxodium distichum</i>	122
10. Araucarien oder Andentannen	122
C. Die Laubhölzer	122—176
Einteilung in ringporige und zerstreutporige Laubhölzer	122

I. Ringporige Laubhölzer.

1. Die Eiche = <i>Quercus</i> (L).	123
Liste VI Abnutzung	141
2. Die Edelkastanie = <i>Castanea vesca</i> , Käste	142
2a. Die Roßkastanie = <i>Aesculus hippocastanum</i>	143
3. Der Maulbeerbaum = <i>Morus</i>	143
3a. Der Mehlbeerbaum = <i>Sorbus aria</i>	145
4. Das Tiekholz = Teak = <i>Tectona grandis</i> (L).	145
5. Quebracho	146
6. Der Hülsendorn = <i>Robinia pseudoacacia</i>	149
6a. Die echte Akazie = <i>Acacia</i>	155
7. Die Ulme oder Rüster = <i>Ulmus</i>	155
8. Die Esche = <i>Fraxinus excelsior</i>	157
8a. Die Eberesche = <i>Sorbus aucuparia</i>	159
9. Der Hickory = <i>Carya alba</i>	159

II. Zerstreutporige Laubhölzer.

10. Die Rotbuche = <i>Fagus silvatica</i>	162
10a. Die Rostbuche = <i>Fagus ferruginea</i>	174
11. Die Weißbuche = <i>Carpinus betulus</i> (L).	174
12. Die Platane = <i>Platanus</i>	174
13. Birke, Linde, Walnuß	175
14. Ahorn = <i>acer</i>	175
15. Erle = <i>alnus</i>	175
16. Espe oder Aspe oder Zitterpappel = <i>populus tremula</i>	176
17. Tulpenbaum = <i>Liriodendron tulipifera</i>	176
18a. Tupelo = <i>Nissa aquatica</i>	176
18. Sahlweide = <i>Salix Caprea</i>	176
Australische Holzarten	177
19. Talgholz = Tallow wood = <i>Eucalyptus microcorys</i>	182
Liste VII, Festigkeiten verschiedener Eucalyptusarten	184
20. Schwarzstamm = Blackbutt = <i>Eucal. pillularis</i>	185
21. Blaugummibaum = Blue gum = <i>Eucalyptus globulus</i>	185
22/3. Rot- und Graugummibaum sowie Turpentine	185
24. Karri = <i>Eucalyptus diversicolor</i>	186
25. Jarrah = <i>Eucalyptus marginata</i>	186

	Seite
Afrikanische Holzarten	190
26. Bongosi = <i>Lophira alata</i> , Kameruner Eisenholz	191
Bang, Afzelia, Njabi	194—195
Westindische und südamerikanische Hölzer	196
27. Grünherz = Greenheart = <i>Nectandra Rodioei</i>	196
28. Mangelbaum = Mangrove = <i>Rhizophora</i> <i>racemosa</i>	198
29/30. Peruba und Chaparro, Sandelholz	199
Korkhölzer	200
Giftigkeit mancher Holzarten	202
Holzeinfuhr in Deutschland	202

III. Abschnitt.

Wuchsfehler des Holzes und Forderungen an die Forstwirtschaft	204—237
a) Anforderungen an ein gutes Bauholz	204
b) Wuchsfehler: 1. Drehwuchs	205
2. krummer Wuchs u. Säbelwuchs	210
3. einseitiger (zentrischer) Wuchs	215
4. einseitiger u. Drehwuchs vereint	216
5. Aestigkeit und Astreinigung	217

IV. Abschnitt.

Die Festigkeitsprüfung	238—331
Wandel in den Bezeichnungen der verschiedenen Arten von Festigkeit. Liste VIII.	240
Das Holz paßt nicht in die allgemeine Festigkeitlehre	241
Grenzwerte für σ_b , σ'_b , σ_c , τ_l und τ_q . Liste IX . .	242
Zulässige Spannungen abhängig vom Feuchte- grad $n\%$	243
Liste X: Zuläss. Spannungen für $n = 15$	244
Regeln für Holzverbände	245
Federringe und Plattfedern	246
Schwinden und Quellen des Holzes	248
Allgemeine Forderungen des Weltverbandes betr. Holzprüfung	252
Schutz gegen Luftrisse	253
Versuche über Festigkeit der Hölzer	254—331
Beschlüsse des Weltverbandes	254
A. Druckversuche. a) in der Längsrichtung . .	256
Form des Versuchstabes	257
Würfelfestigkeit und Vierkantfestigkeit. Liste XI	257
b) Messung der Federung (Elastizität).	258
Bruchbildungen	261
a) Bildung von Sprengköpfen und Spaltbruch. Liste XII	262
b) Bildung schiefer Gleitflächen	263
Druckfestigkeiten verschiedener Hölzer. Liste XIII	265

	Seite
Einfluß des Alters	266
γ) Bartbildung an den Köpfen. Liste XIV . .	266
δ) Einfluß von Aesten. Liste XV	267
Meßbilder für Druckversuche in der Längs- richtung	268
c) Druckversuche quer zur Faserrichtung.	270
α) Vollbelastung des Holzklotzes über seine ganze Querfläche	271
Lage der Jahrringe	272
Einfluß der Feuchtigkeit auf die Quersam- menpressung	275
β) Querfestigkeit bei nur teilweiser Belastung, Zapfen und Dollen	277
Regeln für Druckverbände	281
B. Zugversuche	282
Liste XVI	286
Federation E_z und E_d . Liste XVII	288
C. Scherversuche	289
Anordnung der Versuche	291
Ergebnisse. Liste XVIII	294
Mittelwerte nach Forster. Liste XIX	296
D. Biegversuche	297
Weltverband-Vorschriften	298
Unsere Biegevorrichtungen	300
Formeln zur Berechnung der Biegespannungen . .	302
Ergebnisse mit Vollbalken	306
E. Spaltversuche	310
F. Abnutzversuche	311
α) Durch Abschleifen	312
β) Durch Sandstrahlgebläse	312
G. Härteversuche	314
Frühere Versuche	314
Jankas Kugeldruckprüfung	314
H. Raumgewicht r_n und Feuchtigkeitgrad $n\%$	318
Beziehung zwischen Raumgewicht und Druckfestig- keit	320
Beziehung zwischen Feuchtigkeit n und Druck- festigkeit	320
Bilder hierzu	325—328
J. Messung des Schwindens und Quellens	250 u. 329
K. Einfluß stoßweiser Belastung, Zähigkeit	330
L. Drehfestigkeit des Holzes	330
M. Haftfestigkeit von Nägeln und Schrauben	330
N. Schall- und Wärmeleitung	331
O. Feuer-, Wetter- und Fäulnisbeständigkeit	331

V. Abschnitt.

Festigkeit von Holzverbänden	332—374
A. Stützen ohne Kopfbügel	333

	Seite
B. Stützen mit Kopfbügen	333
C. Verstärkte Balken	337
1. Verzahnte Träger	337
2. Verdübelte Träger	339
α) Balken mit Hartholzdübeln	340
β) Balken mit Eisendübeln	343
3. Klammerbalken	345
4. Verlaschte Balken mit Eisenbändern	347
5. Bolzenverbindung mit Sandschicht	348
D. Spreng- und Hängwerke aus Holz	349
α) Einfache Sprengböcke	351
β) Einfache Hängböcke	351
E. Hängsäulen aus Holz	359
F. Stoßverbände von Streckbalken	367
α) Holzlaschen. Liste XX	368
β) Eisenlaschen	369
Schlußbemerkungen	374
Verzeichnis der Stichwörter und Abkürzungen	375

Verzeichnis der Fußnoten.

Seite	Folge	
1	1	Sprachliches.
5	2	Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins Hannover 1893, 2, S. 126.
5	3	Laris, Rohholzgewinnung, Wien 1909.
6	4	Laris, Nutzhölzer 1910.
6	5	Krais, Dr. Paul, Die Hölzer.
9	6	Janka, Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchs- wesen Oesterreichs.
10	7	Handwörterbuch der Naturwissenschaften 1912 ff.
11	8	Nördlinger, Technische Eigenschaften der Hölzer, Stuttgart 1860.
11	8a	Nördlinger, Gewerbliche Eigenschaften der Hölzer, Stuttgart 1890.
13	9	Weltverband für Baustoffprüfwesen.
13	10	Rob. Hartig, Das Holz der deutschen Nadelwald- bäume 1885.
15	11	Ueberhitzen grünen Holzes von Gottgetreu-Baum- garten.
15	11a	Gottgetreu, Physische und chemische Beschaffen- heit der Baustoffe, 3. Aufl., 1880.
16	12	Wolfmann, Feuchtigkeit und Schwammentwicklung 1910.
17	13	Feuchtigkeitsvorausbestimmung.
20	14	Schwappach (und Rudeloff), r und σ'' des Holzes.
24	15	Bezeichnungen σ' , σ'' , σ_b , τ .
29	16	Sprödigkeit des Holzes, Gefrieren, Alfons Léon und Rudeloff, Gewerbeleiß.
31	17	Büsgen und Tetmajer, Meßzahlen, Ahrens, In- dustriewart.
32	18	Nördlinger und Rob. Hartig, Anatomische Unter- scheidungsmerkmale der Hölzer.
32	19	Schulmikroskope von Böttcher und Wächter.
33	20	Fladenschnitt.
34	21	Botanische Einteilung von Wettstein u. A.
35	22	H. u. W. = Hempel und Wilhelm, Waldbäume.

Seite	Folge	
35	23	W. = Wiesner, Rohstoffe, Bd. 2.
35	24	Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie, 4. Aufl. 1909.
35	25	Alfons Léon, Baugesetze in Natur und Technik.
35	26	Säurich, Das Leben der Pflanzen, 2. Aufl., 1908.
35	27	Schmeil, Leitfaden der Botanik, 40. Aufl., 1911.
35	28	Francé, Das Leben der Pflanzen, 5 Bände, 1906 bis 1912.
35	29	Stone, Herbert, Timbers of Commerce 1904.
35	30	Hch. Mayr, Fremdländische Wald- und Parkbäume für Europa 1906
37	31	Spörry, Bambus in Japan 1903.
38	32	Alter des Bambus.
40	33	Bunt- und Fleckenbambusse.
41	34	Baumann, Forscherarbeiten, Heft 131, und Zeitschr. deutsch. Ing. 1912, I, S. 229.
41	35	<i>E</i> von Holzfasern manchmal $>$ <i>E</i> von Schweißseisen.
43	36	Spörry, Männlicher Bambus.
47	37	Klaffen zwischen Druckplatte und Rohrende.
54	38	Tracheen und Tracheiden.
58	39	Libriformzellen.
58	40	Parenchym.
61	41	Kambium = Verdickungsschicht.
62	42	Englumig.
62	43	Blitzgefahrvers.
63	44	Beauverie, Le Bois.
66/7	45	Nördlinger, Kern- und Reifholzbäume.
70	46	Stärkekörner.
70/1	47	Stärkebäume, Haberlandt, Lutz, Ebermayer.
72	48	Hamburger Kornrinne.
74	49	Jahrringbreiten.
75	50	Falsche Jahrringe.
77	51	Forstordnungen und Wadel, Mondaberglaube.
78	52	Jodfärbung.
80	53	Fällzeit, Jodprobe, Wurmfraß.
82	54	Wächter, Hannov. Magazin 1842. Walter Lange.
82	55	Nußbaum, Ringelung.
83	56	Emil Mer, Strasburger.
90	57	von Tubeuf, Nadelhölzer.
93	58	Hch. Mayr, Harz der Nadelhölzer.
96	59	Harzgallen.
97	60	Fichte und Grähne.
103	61	Tanne.
103	62	Unterscheidung von Fichte und Tanne.
114/5	63	Amerikanische Nadelhölzer.
115/6	64	Janka, Lärchen; Grasläichen und Steinläichen.
118	65	John Booth und D. D. G.
119	66	Ludw. Klein, Waldbäume und -sträucher.
124	67	Zerstreutporige Eichen.

Seite	Folge	
125	68	Wurmfraß bei Eichen.
125	69	Kaliprobe bei Eichensplint (chromsaures Kali).
128	70	Büsgen, Der deutsche Wald.
128	71	Botanischer Garten in Dahlem und Eilenriede.
129	72	Weiskopf, Harthölzer für den Eisenbahnwagenbau.
133	73	Entstärken des Eichensplints.
134	74	Hassack, Warenkunde.
146	75	Th. Wolff, Exotische Hölzer.
147	76	C. Wehmer, Die Pflanzenstoffe.
153/4	77	Hülsendornfestigkeit.
155	78	Furniere.
161	79	Hickoryfestigkeit.
164	80	Samitca, Buchenschwellen.
165	81	Schutzanstriche gegen Luftrisse.
168	82	Schneidt, Buchene Schwellen.
169	83	Wolfram 1833.
171	84	Buchengefäße.
173	85	Wasseraufsaugung.
177	86	Holzpreise australischer Hölzer gegen deutsche Eiche.
178	87	Mähl und Co., Hamburg, Australische Harthölzer.
178	88	Warren, Sidney, Australische Harthölzer.
180	89	Vespermann, Pflasterhölzer.
190	90	Termitenplage.
190	91	Wagner, Afrikanische Eukalyptusarten.
191	92	Printz, Sigm. Gayer, Hofmann.
191	93	Jentsch und Büsgen, Beihefte zum Tropenpflanzer.
197	94	Sprengkopfbildung.
205	95	Strasburger-Jost, Botanik 1914.
206	96	Neger, Pflanzenbionomie 1913.
207	97	Kennedy, Against the Sun.
209	98	Westwind.
211	99	Schlangen- und Rutenbäume.
213/4	100	Süntelbuchen, Scheppe Allee.
214	101	Legföhren und andere verbogene Bäume.
217	102	Drehwuchs und einseitiger Wuchs.
228	103	Aesten, nicht aufästen.
232	104	Blender- nicht Plänterwald.
232	105	Astrein.
234	106	Beginn des Aestens.
234/5	107	Nachteile der Kahlhiebe.
236	108	Kosten des Aestens.
242	109	Winkler, Hölzerne Balkenbrücken.
247	110	Unterlagscheiben für Bolzen.
254	111	Abgekürzte Bezeichnungen für Weltverband beschlüsse.
254/5	112	Aeltere Messungen bis Bauschinger.
256	113	Percy W. Smith, Engineer 1914, I, S. 391/3.
258	114	Langs Schnellmesser.]

Seite	Folge	
260	115	Newyorker Kongreßverhandlungen 1912.
268	116	Builder 1912, II, S. 518/20.
270	117	M. M. und andere Abkürzungen.
271	118	Langs Aufsätze in Deutsche Bauztg. 1891 und 1899.
290	119	Winklers Zusammenstellung der Scherfestigkeiten.
296	120	Inokutys Versuche.
303	121	Hyperbolische Spannungsverteilung.
305	122	Dänische Biegversuche.
312	123	Warrens Trocknung.
312	124	Normenabfallsand.
320	125	Normalfeuchtigkeit.
322	126	Wawrziniok: Handbuch des Materialprüfwesen.
323	127	Kern- und Splintunterscheidung.
324	128	Prüfung von grünem Holze.
327	129	Teakholzchemie.
332	130	Bauverbände statt Baukonstruktionen.
337	131	Geschichtliche Entwicklung verstärkter Balken.
338	132	Eisenlaschen am Stöße.
339	133	Lengelings Versuche.
340	134	Sprengung verstärkter Balken.
343	135	Kippen von Flacheisendübeln.
360	136	σ'_h zul. = σ''_h zul., Rechtfertigung.
374	137	Holz für Luftschrauben.

Nachträge und Berichtigungen.

- S. 3, Zeile 6 von oben schalte hinter „mehr“ ein: wie.
- S. 6, F. N. 6 füge bei: ferner Heft 37 und besonders Heft 39.
- S. 14, Zeile 4 von unten lies 24 statt 103.
- S. 18, Zeile 7 von unten füge bei: Aus dem Darrgewicht r_0 berechnet sich das normale Lufttrockengewicht $r_{15} = 1,15 r_0$.
- S. 22, Zeile 16 von oben lies „des Zellinneren“ statt „der Zellen“.
- S. 27, Zeile 1 bis 9 von unten streiche das zweite „für“ vor dem σ .
- S. 30, Zeile 14 von unten lies „Darrzustandes“ statt „gut lufttrockenen Zustandes ($n = 10\%$)“.
- S. 34, Zeile 10 von oben füge hinzu: nacktsamige (Gymnospermen) und bedecktsamige Pflanzen (Angiospermen). Zu letzteren gehören die Gruppen A und C, zu ersteren die Gruppe B der folgenden, für den Holzbau wichtigeren Unterscheidungen in 3 Gruppen:
- S. 50, Zeile 11 von oben lies Beilage statt Tafel.
- S. 52, Zeile 5 von oben: eine wesentliche Verbesserung der Basseschen Furnierröhren scheinen die von Hans Grünewald zu sein.
- S. 53, Zeile 17 von unten schalte hinter „Holzes“ ein: „bilden das Zellgewebe und“.
- S. 83, F. N. 56 lies Strasburger statt Straßburger.
- S. 85. Die Ringelung der Fichtenstämme wird vielleicht auch dadurch künftig besseren Eingang finden, daß die abgeschälte Rinde zur Gerbstoffgewinnung nützlich verwendet werden kann. Der Weltkrieg hat bewirkt, daß dies wegen Mangel an Einfuhrgelegenheit von ausländischer Rinde (besonders Quebrachogerbstoff vgl. S. 146) bereits gefordert wird; die Fällzeit der Bäume soll ins Frühjahr verlegt und die Fichten dabei entrindet werden, da sie 11–12% Gerbstoff enthalten. Richtiger wäre es, sie im Frühjahr nur zu entrinden und

im Herbst zu fällen (vgl. S. 84). Die Schälstellen sind aber gegen Sonnenbrand zu schützen. — Ganz falsch ist es aber, Rinde samt Splint zu entfernen, wie dies bei Tiekholz üblich (vgl. S. 146).

- S. 88, Zeile 11 von oben ist einzufügen: Dinitrophenolnatrium ist billig, aber nicht sprengsicher. Erst durch Zusätze der Höchster Farbwerke wurde die Sprenggefahr beseitigt im sog. Mykantin, das 2 Mk./kg kostet.
- S. 91, Zeile 7 von oben lies 75 statt 439.
- S. 93, Zeile 2 von oben ist hinter Weißtannen einzuschalten: „Eiben“.
- S. 95, Zeile 1 von oben lies Douglasfichte statt Fichtenholz.
- S. 146 ist am Schluß von Tiekholz einzufügen: siehe auch S. 325 ff. — Die Aussprache von Teak ist nicht einheitlich. Neben dem älteren Tiek findet sich neuerdings auch Teek (s. Heise, Fremdwörterbuch; Sarrazin und Muret-Sanders schreiben Tik; da aber das i lang ist, wird es im Deutschen wohl richtiger durch ie wiedergegeben, wie auch Saalfeld es tut.
- S. 149 ff. Die Bezeichnung Schotendorn ist überall zu verwandeln in Hülsendorn. Begründung im Vorwort S. V.
- S. 152, Zeile 7 von unten füge hinter „nachsteht“ ein: (Im Januar 1915 vom Sturm gebrochen).
- S. 158, Zeile 4 von unten ist einzufügen: Man unterscheidet zähe und milde deutsche Esche; letztere, in Niederungen gewachsen, ist minderwertig, erstere dem ausländischen, besonders amerikanischen Eschenholz meist weit überlegen.
- S. 160, Zeile 2 von oben schalte vor *Carya* ein: ringporigen
- S. 161, F. N. 79, Zeile 3 von unten, schalte hinter „stimmt“ ein „da Juglans zu den zerstreutporigen Hölzern gehört“.
- S. 165, F. N. 81 füge bei: Die Elsässer Emulsionswerke verkaufen dies jetzt als „Loracin“.
- S. 168, Zeile 12 von oben lies S. 8 statt S. 94.
- S. 176, Zeile 11 von oben füge bei: Graebner vermutet, daß die Sanderle ein Bastard aus Weiß- und Grauerle sei.
- S. 181 unten beifügen: Moa oder Moah ist ein Handelsname, der auf die verschiedensten besseren australischen und ostindischen Harthölzer angewendet wird, in Hamburg besonders für *Flindersia australis*.
- S. 195, vor Afzeliaholz einzufügen: Hier ist die Abnutzung in cm^3 aufs cm^2 Blasfläche angegeben, was nur durch eine unsichere Rechenarbeit möglich. Ich ziehe daher die Verlustangabe in gr/cm^2 vor.

- S. 197, Zeile 2 von unten lies 1210^{at} statt 1330^{at}.
 S. 197 ist am Schluß anzufügen: bei $n = 11,9\%$ und $r_n = 1,057$.
 S. 202. Zu den Hölzern, deren $r_0 = 0,20$, gehört auch der Kameruner Schirmbaum = Bosenge.
 S. 202, Zeile 9 von unten ist anzufügen: s. a. Emil Schreibers Dr.-Arbeit über hautreizende Hölzer. Berlin 1914.
 S. 204. Lieferbedingungen für die deutsche Marine s. Holzwelt 1915, 17, S. 3/4.
 S. 228, F. N. 103 ist zuzufügen: besser könnte man von „abästen“ sprechen. Ueber vernünftiges Aesten s. übrigens D. D. G. 1914, S. 79, von Hch. v. Salisch.
 S. 240, Zeile 9 von oben lies 1911 statt 1912.
 S. 254, Zeile 8 von oben ist anzufügen: Zur Vermeidung der Schwindrisse in Möbeln werden neuerdings immer häufiger sog. Sperrhölzer verwendet, längs und quer verleimt.
 S. 266, Zeile 3 von unten lies γ statt c .
 S. 267, Zeile 4 von unten lies δ statt d .
 S. 272 füge unten bei: Für Pockholz gibt Hanausek $\sigma_q'' = 825$ bis 865^{at} an.
 S. 274, Zeile 2 von oben lies n_q statt n_b .
 S. 314, Zeile 9 von unten ist hinter Janka einzufügen: viel ausführlicher im Heft 39 vom Jahre 1915, auch für ausländische Hölzer.
 S. 318, Zeile 15 von unten füge bei: und besonders 39.
 S. 321, Zusatz zu Zeile 14 von oben: Ist r_0 bekannt, so ist für Normalfeuchtigkeit von 15% $r_{15} = 1,15 \cdot r_0$. Um also σ_{15}' sicher zu bestimmen, müßte man gedarrte Versuchkörper längere Zeit in mäßig feuchten Räumen lagern, bis sie das Gewicht r_{15} erreicht haben oder besser mehr als r_{15} und dann austrocknen bis r_{15} , da sonst Gefahr, daß die Feuchtigkeit außen $>$ innen ist.
 S. 329, an letzte Zeile zufügen: Ausführliche Zahlen in Janka, H. 39, S. 26/8. S. auch Sperrhölzer, Nachtrag zu S. 254, ferner Vollbehr: Ueber Quellen der Holzfasern, Seite 27, und Soyka: Ueber Dämpfen des Holzes. Dr.-Ing.-Arbeit 1914.
 S. 330, Zeile 12 von unten schalte hinter möglich ein: die bei Janka fehlen; zähe Hölzer lassen sich auch gut biegen, wenn sie vorher gedämpft werden. Für Rahmenverbindungen ist dieses Biegen oft den sonstigen Stoßverbänden vorzuziehen und wird bei Straße bahnwagendächern bis zu 135° häufig ausgeführt.
 S. 360 ist in Fußnote 136 anzufügen: daher hier $\sigma_{zul}' > \sigma_{zul}''$ anzunehmen. Anders bei Luftschrauben, s. S. 374.

Einleitung.

Seitdem die Urmenschen sich nicht mehr mit Höhlen oder hohlen Baumstämmen als Unterschlupf begnügten, sondern das Bedürfnis nach dem Bau eigener Wohnungen empfanden, die den ersten Anfang aller Kultur bildeten, war das Holz der bequemste und geeignetste Baustoff¹⁾, weil er als schlechter Wärmeleiter den besten Schutz vor den Unbilden der Witterung gewährte, ferner sich leicht bearbeiten und zusammenfügen ließ, wozu die einfachsten Steinwerkzeuge sowie die zu Stricken gewundenen Bastfasern der Bäume und Halme ausreichten. Anfänglich genügte das gewöhnliche Blockhaus, das durch den Lauf der Jahrhunderte in holzreichen Gegenden sich erhalten hat, aber derart verbessert und ausgebildet wurde, daß es in Ländern, wie Rußland und Skandinavien, auch für bessere Wohnhäuser noch lange vorherrschend bleiben wird, da es im Winter die wärmsten, im Sommer die kühlestn Wohnräume bietet, so daß man behaglicher darin wohnt als in dünnwandigen Steinhäusern.

Freilich hat das Holzhaus zwei Uebelstände, die Fäulnis- und die Feuergefahr, welch letztere in engbebauten Städten oft zur Einäscherung ganzer Stadtteile führt und daher zu einem Bauverbot der Holzhäuser in unseren Großstädten Anlaß gegeben hat. Dieses Bauverbot wurde anfänglich zu streng durchgeführt, allmählich aber greift eine richtige Einschränkung Platz; denn wir besitzen heute Mittel zur Verhinderung des Faulens und zur Verminderung

¹⁾ Die meisten technischen Schriftsteller gebrauchen noch heute das fünfsilbige, aber eintönige Wort „Baumaterial“ statt des zweisilbigen „Baustoff“. Ueber die unschönen und oft falschen Binde-s in zusammengesetzten Wörtern, sowie die überflüssigen „ungs“ s. „Zeitschrift des allgemeinen deutschen Sprachvereins“ 1909, S. 329.

der Entflammbarkeit des Holzes, die bei richtiger Anwendung und guten Feuerwehreinrichtungen die früheren Verheerungen wesentlich einzuschränken vermögen, so daß die Unkenrufe derer, die das Holz ganz aus dem Hausbau verdrängen oder es höchstens noch für Gerüstbauten — zu denen es ja trotz eiserner fahrbarer Krantürme nie ganz entbehrlich ist — zulassen wollen, mehr und mehr verstummen müssen, sobald erst die üblen Erfahrungen mit den kalten und durchhörigen dünnwandigen Beton- und Eisenbetonbauten, die sich namentlich in unseren Mietkasernen zeigen, bekannter geworden sind. Zwar lassen sich letztere Uebelstände mildern durch Anwendung von Betonhohlsteinen und verhältnismäßig teure Verkleidungen, unter denen die Korkstoffe — also wiederum Holz — die häufigsten, billigsten und besten sind; doch erreicht man damit immer noch nicht die Annehmlichkeiten guter Holzbauten, die vorläufig auch wesentlich billiger sind und für Landbauten bereits wieder vorgezogen werden.

Welch gute und dauerhafte Holzbauten in Rußland üblich sind, zeigen u. a. die aus meiner Sammlung stammenden Zeichnungen eines Staatsbahnhofes, die Nußbaum im „Handbuch der Hygiene“, Bd. IV, 2, S. 601, mitteilte. Statt der dort angedeuteten Schieferdeckung auf Latten (besser natürlich auf Schalung) findet sich in Städten häufiger eine Deckung mit sibirischem Schwarzblech auf Schalung, während auf dem Lande das wärmere Strohdach vorgezogen wird.

Der Ruf: „Das Holz taugt nichts zum heutigen Hausbau“ wird zwar noch häufig vernommen, ist aber dahin richtigzustellen, daß dieser Ruf eine falsche Verallgemeinerung örtlicher übler Erfahrungen ist, die nicht in der Untauglichkeit des Holzes begründet sind, sondern nur darin, daß die Kenntnisse derer nicht viel taugten, die das Holz so falsch verwendet haben.

Erstaunlich ist, daß in dem neuesten Buch von Mitgliedern des Kgl. preußischen Baustoffprüfamt „Ueber Materialprüfungswesen“ (Stuttgart 1912) das Holz nur als Brennstoff und Papierstoff erwähnt, seine so wichtige Prüfung als Baustoff aber gänzlich verschwiegen wird.

Die Wertschätzung des Holzes wird wieder steigen, wenn wir es richtig zu prüfen, zu erziehen und im Bau-

wesen richtig auszuwählen und anzuwenden sowie vor Fäulnis, Ungeziefer und Feuergefahr besser zu schützen wissen werden. Dazu gehören aber heutzutage mehr Kenntnisse als sie die meisten unserer Lehrbücher und Schulen vermitteln, auch die Erfahrungen alter Baumeister reichen dazu nicht mehr aus, Folgendem erhellt:

Wenn in früheren Jahrhunderten ein Bauherr sich zum Hausbau entschloß, war eine seiner ersten Sorgen, sich ein gutes gesundes Holz aus den benachbarten Waldungen selbst oder durch einen erfahrenen Baumeister auszusuchen, falls dies aber nicht angängig, es von ganz bestimmten bewährten Bezugquellen heranzuholen, es mindestens zwei Jahre an geschützter Stelle gut austrocknen zu lassen, inzwischen die Wände langsam und sorgfältig hochzumauern und die Holzbalken dann trocken einzubringen, die Balkenköpfe erst durch Birkenrinden-umhüllung vor Fäulnis zu schützen und nur die Dachdeckung rasch auszuführen, damit der Regen abgehalten wurde und alles gut durchlüften und austrocknen konnte, ehe die Fußbodendielen gelegt wurden, mit deren Vollendung und Anstrich dann das Haus fertig und trocken beziehbar war.

Heute vergehen zwischen Entschluß zum Hausbau und Beziehbarkeit kaum so viel Monate als früher Jahre. Das Holz wird frisch vom Holzhändler bezogen, ohne Gewißheit über Bezugquelle, Güte und Trockenheit, ja es wird manchmal erst nach der Bestellung aus dem Wasser gezogen, in dem es angeflößt wurde, rasch zersägt und in nasse Mauern ohne Schutzmittel eingebracht, die Balkenfache werden zu früh mit feuchter Füllung versehen, schleunigst die Decke darunter angeputzt und die Dielen darüber gelegt, das Ganze dann durch die verderblichen Koksöfen zum allzuraschen und nur oberflächlichen Austrocknen gezwungen, was dem Mauerwerk höchst nachteilig ist, und dann an sogenannte Trockenwohner billig vermietet, um das Baukapital möglichst rasch zu verzinsen auf Kosten der Gesundheit der Trockenwohner und der Dauer des Hauses, das möglichst rasch verkauft wird, ehe Fäulnis und Schwamm sich so weit entwickelt haben können, daß man sie äußerlich wahrnimmt, da dies

den Verkaufwert herabsetzt, auch das Verschweigen solcher Wahrnehmungen gerichtlich belangt werden kann.

Die eben geschilderten schlimmsten Auswüchse des Gebarens des ausbeutenden Unternehmertums sind zwar in den meisten Großstädten seit kaum zwei Jahrzehnten durch strengere baupolizeiliche Vorschriften und Verbot der Vermietung an Trockenwohner beseitigt, der üble Ruf, in den das Holz dadurch gekommen ist, wirkt aber noch nach, und die Unsicherheit in der Beurteilung der Güte des Holzes ist noch zu groß, um eine rasche Besserung seiner Wertschätzung herbeizuführen. Die alten durch Jahrhunderte überlieferten und vervollkommneten Erfahrungen mit dem einheimischen Holze lassen sich nicht ohne weiteres auf fremdes Holz übertragen, das auf den Eisenbahn- und Wasserwegen jetzt von weither eingeführt wird, der Bedarf an Holz ist so groß, ebenso die Schnelligkeit unseres Bauens, daß man oft bewußt auch minderwertiges Holz verwenden muß, um den übrigen Bau nicht aufzuhalten, ja daß man oft dafür gleiche Preise wie für gutes Holz bezahlen muß. Die Klagen über das Bauholz werden daher nicht aufhören, bis die Baumeister, Bauhandwerker und Holzhändler etwas mehr vom Holz verstehen und es prüfen lernen, bis ferner als Folge hiervon auch unsere Forstwirtschaft andere Bahnen einschlägt und das jetzt verrufene einheimische Holz wieder zu Ehren bringt. Welche Verschiebungen in unseren Holzbezugsquellen der Welthandel mit sich gebracht hat, mögen folgende drei Beispiele zeigen:

1. Das Harzer Fichtenholz, das sich früher durch Güte und Astreinheit so auszeichnete, daß es nicht bloß im Harz, sondern auch in den Städten Hannovers fast ausschließlich zu Balken, Sparren und Fußbodendielen verwendet wurde, ist heute durch seine Aestigkeit und Weichheit (zu viel Frühholz) im Ansehen sehr herabgedrückt, nicht aber im Preise, so daß heute mitten im Oberharz der ärmste Bergmann für seinen Hausbau keine Harzer Dielen mehr kauft, sondern schwedische und russische, die gegenwärtig besser, fester und astreiner sind, auch dank den Sägemühlen und Hobelwerken unserer Hafenstädte als fertig gehobelte, genutete und gefederte Dielen mitten im Harz billiger zu kaufen sind als ungehobelte weiche und ästige Harzdielen.

2. Bei den Versuchen von Möller über die Dauer verschiedener Hölzer am und im Süßwasser sind nach der Dr.-Ing.-Arbeit von Richter 1911, S. 20, nicht etwa die in der Nähe erhältlichen Harzer Fichten zu Dauerversuchen herangezogen, sondern minderwertige böhmische Tannen, die massenhaft in Deutschland eingeführt werden, da sie auf der Elbe billig herangehóßt werden.

3. In Harburg a. d. Elbe verwendet man zu den Wasserbauten, trotzdem dort die Gefahr des Bohrwurms ganz ausgeschlossen ist, nicht mehr die altberühmten Eichen der Lüneburger Heide, sondern australisches Jarrahholz, das den Weg um fast die halbe Erdkugel zurückgelegt hat und trotzdem um 17 % billiger ist als gutes einheimisches Eichenholz (150 gegen 180 Mk./m^3), dabei fester, dauerhafter, von geraderem Wuchs und astreiner als letzteres. S. a. Fußnote 86.

Während also früher der Holzhandel sich auf wenige benachbarte Bezugsquellen beschränkte, deren Vertreter dem Käufer persönlich bekannt waren, so daß die Lieferung guten Holzes eine Vertrauenssache war, ist dies heute nicht mehr möglich, wo das Holz aus der ganzen Welt zusammengekauft wird, und wo man weder dessen Waldbesitzer und seinen Forstbetrieb noch Standort, Klima, Boden, Fällzeit und Behandlung nach dem Fällen kennt, wo daher alle möglichen schadhaften und minderwertigen Hölzer mit eingeschmuggelt werden und erst durch genaue Prüfung ausgeschlossen werden müssen.

Als ich vor 20 Jahren in unserem Verein²⁾ auf diese Veränderungen und die Gefahr, minderwertiges Holz einzukaufen, falls wir es nicht gründlicher zu prüfen verstehen, aufmerksam machte, wurde mir aus der Versammlung entgegnet, daß es genüge, die Ausfuhrhäfen guten Holzes zu kennen, um sich vor Betrug zu schützen. Trotz meiner Warnung hat A. Knoche diese Ansicht in einer besonderen Schrift vertreten, die mittlerweile auch von Laris a. a. O.³⁾, S. 14, bekämpft worden ist. ✕

Denn wenn auch 1892 die betreffenden Ausfuhrhäfen nur gutes astreines Holz lieferten, weil eben solches noch

²⁾ Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins Hannover 1893, 2, S. 126.

³⁾ Laris: Rohholzgewinnung und gewerbliche Eigenschaften des Holzes. Wien 1909.

im Ueberfluß vorhanden war und das minderwertige als Brennholz guten Absatz fand — was vor Einführung der Kohlenheizung auch im Harz und anderwärts in Deutschland der Fall war —, so ist doch zu bedenken, daß in den meisten Holzausfuhrländern seit langer Zeit Raubbau getrieben wird, so daß das gute Holz heute immer seltener und teurer wird, daß uns also die Kenntnis der Ausfuhrhäfen auf die Dauer nicht viel nützt, und stetigem Wechsel unterliegt, wie die neueren Schriften⁴⁾ und ⁵⁾ zeigen. In absehbarer Zeit werden wir gezwungen sein, unser einheimisches Holz besser als bisher zu pflegen, um dem Bedarf zu genügen, es wird dann aber auch lohnender sein als bisher, gutes Holz zu erziehen, wenn erst die Erkenntnis in den Baukreisen mehr durchgedrungen sein wird, welche große Unterschiede in der Güte und Wertigkeit des Holzes — auch aus jeder einzelnen Bezugsquelle — bestehen, so daß der Holzeinkauf heutzutage fast so schwierig geworden ist wie der Pferdehandel. Zur richtigen Beurteilung des Holzes möchten diese Zeilen einen Beitrag liefern und zeigen, daß zur sicheren Auswahl des Bauholzes eine genaue Kenntnis von dessen Wachstumsbedingungen, dem Kleingefüge (Anatomie) des Holzes, den Fehlern und Krankheiten, der Fällzeit und Aufbereitung nötig ist. Da aber diese Kenntnisse bei Handelsholz in der Regel nicht unmittelbar zu erlangen sind, muß man imstande sein, sie durch Prüfung des Holzes festzustellen, d. h. aus ihm heraus lesen zu lernen. Erst wenn diese Kenntnisse allgemein verbreitet sind und die Hölzer vor dem Einkauf geprüft werden, minderwertiges Holz daher ausgeschlossen oder wenigstens im Preise stärker als bisher herabgesetzt wird, werden auch unsere Forstwirte sich entschließen, mehr als bisher auf Erziehung guten Holzes zu achten, während sie jetzt nur auf Erzeugung von möglichst vielem raschwüchsigen und daher meist minderwertigem Holz bedacht sein müssen, da ja der Holzhandel ihnen alles Holz einer Sorte zu bestimmten Durchschnittspreisen abnimmt, ohne in eine genauere Prüfung einzutreten.

⁴⁾ Laris: Nutzholzliefernde Holzarten. Wien 1910.

⁵⁾ Krais, Dr. Paul: Die Hölzer. Bd. 1 der gewerbl. Materialkunde. Stuttgart 1910.

Wird ferner auf besseren Schutz des Holzes gegen Fäulnis und Feuer im Bau selbst geachtet, so wird das Holz als Baustoff wieder mehr zu Ehren kommen, was es vermöge seiner guten Eigenschaften voll verdient. Ueber die Eignung der Schutzmittel, die in den letzten Jahrzehnten so zahlreich in den Handel kamen, hier zu berichten, verbietet leider der Raum unserer Zeitschrift; bei dem vielen Minderwertigen, das angepriesen wird, wäre sehr viel hierüber zu sagen. Wir beschränken uns jedoch auf die Besprechung der in den meisten unserer technischen Lehrbücher ungenügend behandelten Eigenschaften der wichtigsten Bauhölzer, ihrer Fehler und Beschädigungen sowie der Fehler, die in Bauverbänden noch so vielfach gemacht werden mit bildlichen Darstellungen, die teils den in den Fußnoten angeführten Quellen entnommen sind, teils aus meiner Sammlung von Baustoffen stammen, teils aus den Versuchen im Bauingenieur-Laboratorium unserer Hochschule hervorgegangen sind.

I. Die äußeren Kennzeichen guten Holzes,

die sich mit Auge, Ohr, Geruch und Gefühl (Gewicht, Nageldruck usw.) wahrnehmen lassen, sind im allgemeinen bekannt, aber in vielen Fällen nicht ausreichend, und man ist nur dann vor Irrtümern geschützt, wenn diese Prüfungen etwas gründlicher als bisher gehandhabt werden.

Mit dem Auge erkennen wir, ob die Farbe des Holzes gesund ist, wozu freilich viel Erfahrung gehört, die aus den Angaben unserer Lehrbücher nicht zu gewinnen ist; manchmal wird uns auch durch künstliche Färbungen gesundes Holz vorgetäuscht. Letzteres kann man zwar durch Anschlagen mit dem Beil, durch Anbohren u. a. nachprüfen, schädigt aber dabei den Stamm und hat dann Weiterungen mit dem Händler, falls man die Berechtigung dazu nicht in den Kaufbedingungen vorgesehen hat.

Ein geübtes Auge erkennt ferner am ganzen Stamm wohl die äußere Astreinheit, die aber keine sichere Gewähr fürs Innere ist (vgl. später) sowie etwaigen Drehwuchs, einseitigen (exzentrischen) Wuchs, Verhältnis von Kern- und Splintholz, von Früh- und Spätholz im Jahr-

ring, Strahlen- und Ringklüfte, sowie äußere Schädigungen durch Bohrwürmer, Wildfraß, Faulstellen und dergleichen, kann aber nicht entdecken die innere Astreinheit, verstockte und gut überwachsene örtliche Fäulnisstellen größerer Stämme, die der Tragfähigkeit von Balken und Stützen oft so verhängnisvoll werden und auch durch Anbohren nicht leicht zu entdecken sind. Selbst in Brettern sind heute die Astlöcher vielfach durch Zapfen ersetzt, die mit genauen Maschinen eingesetzt werden, aber freilich nur den Laien zu täuschen vermögen.

Das Gehör bildet daher eine wichtige Ergänzung der Prüfung durch das Auge. Da nämlich gesundes trockenes Holz ein guter Schalleiter, besonders in der Längsrichtung ist, braucht man nur das Ohr an das Zopfende des Stammes zu halten und durch einen eingeschulten, pflichttreuen Gehilfen alle Stellen des Stammendes in vereinbarter Reihenfolge leicht mit dem Hammer anschlagen zu lassen, während das Ohr in derselben Reihenfolge über das Zopfende bewegt wird. Hört man dann überall einen hellen, fast metallischen Klang, so hat man hierdurch eine sicherere Gewähr für durchweg gesundes trockenes Holz als durch Anhieb mit dem Beil oder durch Anbohren. Faule Stellen im Innern werden durch dumpfen Klang angezeigt. Nasses Holz zeigt matten Klang als gut ausgetrocknetes, der aber immer noch deutlich von dem Klang der Fehlerstellen unterscheidbar ist. Die wirkliche Lage der Fehlerstellen wird dann durch Beklopfen der dem dumpfklingenden Faserstreifen am nächsten liegenden Mantellinie des Stammes ermittelt.

Jede Holzart hat ihren besonderen Geruch, der bei edlen Hölzern sehr geschätzt und zur Enlarvung von Nachahmungen dienlich ist, wozu allerdings Uebung gehört. Durch Faulstellen und Pilze wird der Geruch sehr verändert.

Das Gefühl kann den Ungeübten leicht irreführen. Ein erfahrener Tischler vermag zwar durch leichte Hobelstöße etwaige Mängel der Mantel- oder der Stirnfläche des Stammes gut zu beurteilen. Man pflegt auch mittels einfacher Meßwerkzeuge die Härte des Stammes zu prüfen, kann damit aber nicht die innere Beschaffenheit sicher ergründen.

Die Härte des Holzes ist an verschiedenen Stellen desselben so außerordentlich verschieden, daß eine einheitliche Prüfung — z. B. durch Bestimmung der Eindrucktiefe mittels des Kugeldruckprüfers, wie das bei Metallen, Mineralien und Gesteinen üblich ist — bei Holz nur nutzt, wenn sie an vielen Stellen angesetzt wird. Geeigneter noch erscheint die Prüfung der Abnutzung, d. h. des Gewichtverlustes durch das Sandstrahlgebläse, das seit 1900 von Gary für Baustoffprüfung benutzt und ausgebildet wurde, wobei die großen Unterschiede der Härte in den verschiedenen Teilen einer Holzfläche deutlich hervortreten, wie zahlreiche unserer Abbildungen zeigen werden. Sie sind mittels Preßluft erzeugt; Gary benutzt Dampfdruck mit Vortrocknung, da sonst das Feuchtwerden des Holzes von Einfluß wäre. Diese Prüfmethode eignet sich besonders für Holzpflastersorten und wird neuerdings auch vielfach angewendet. Allein für den allgemeinen Gebrauch verbietet sich das Sandstrahlgebläse durch die Kosten und die Umständlichkeit seiner Einrichtung und Bedienung; es wird daher auf Laboratorien und Prüfanstalten beschränkt bleiben und höchstens in großen Bauverwaltungen mit starkem Holzbedarf Eingang finden, falls nicht die einfachere und billigere Kugeldruckprobe mittels Brinnells Apparat vorgezogen wird, die Schwappach auf dem Brüsseler Kongreß 1906 in Vorschlag brachte, nachdem Janka (vgl. a. a. O.⁶) 1909, S. 10) sie schon vorher ausgebildet und bei der österreichischen Forstprüfanstalt in Mariabrunn angewendet hat; er verwendet eine Halbkugel von 1,128 cm $\varnothing$, so daß ihr Größtkreis genau 1 cm² Fläche bedeckt und preßt sie mittels einer Druckvorrichtung in verschiedene Holzflächen voll ein. Die hierzu erforderliche Kraft, d. h. der Widerstand ausgedrückt in Kilogramm auf 1 cm² Eindruckfläche, gilt ihm als Maß der Härte, woraus er dann zugleich die Festigkeit des Holzes ermittelt (vgl. später).

Für viele Fälle genügt die Fingernageldruckprobe, um einen Vergleich der Härte verschiedener Hölzer zu ermöglichen, wobei allerdings die Prüffläche

⁶) Janka: Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs, Heft 25 v. J. 1900, Heft 28 v. J. 1904 u. Heft 35 v. J. 1909.

vorher glatt zu hobeln ist, um die Größe des Eindrucks zu erkennen, und wobei man darauf zu achten hat, daß man stets gleichen Fingerdruck anwendet und die Fläche nach verschiedenen Richtungen überfährt, da das Spätholz und manche Markstrahlen bedeutend größeren Widerstand leisten als das Frühholz der Nadelbäume bzw. die Ringporenstrecken mancher Laubbäume, wie später sich zeigen wird. Da die Stärke des Fingernageldruckes auch bei ein und demselben Prüfer in verschiedenen Zeiten und Stimmungen unbewußt wechselt, hat man (in Nachahmung der Vicatschen Nadelprobe für Zementprüfungen) versucht, behufs genauer Zahlenvergleiche die Tiefe des Eindringens einer Nadel von bestimmter Form, Stärke und Belastung zu messen. Büsgen (a. a. O.⁵⁾, S. 358 oder 7)) belastet eine Nadel mit Teller, die in einem Gestell geführt wird, so lange durch Gewichte, bis sie eine bestimmte Eindringtiefe (2^{mm}) erreicht, und bezeichnet die hierzu erforderlichen Gewichte als Maß der Härte. Je nach der Stelle, an der man das Nadelgestell aufsetzt, wird man aber für ein und dieselbe Holzprobe Dutzende von verschiedenen Maßen erhalten, die zudem mit Alter, Austrocknung und Höhenlage der Probeentnahme stark wechseln, und deren Bestimmung sehr viel Zeit erfordert. Daher ist entweder die Kugeldruckprobe mit dem verhältnismäßig billigen Apparat Brinnell-Janka für jeden größeren Forst- und Baubetrieb zu empfehlen oder noch besser die Probe mit dem Sandstrahlgebläse zu beantragen, wenn man auch zu letzterer Prüfung die Holzproben an Prüfanstalten einsenden und deren Gebühren bezahlen muß, wobei man für Hölzer, die gleichzeitig der Abnutzung durch Abschleifen ausgesetzt werden, z. B. für Holzpflaster, auch noch die Schleifprobe mit beantragen wird. Zu beachten ist, daß die Meßergebnisse stark von dem Feuchtigkeitsgrade des Holzes beeinflußt werden.

In den meisten Fällen versteht man aber unter „Härte des Holzes“ seinen Widerstand gegen Bearbeitung durch Sägen, Bohren, Hobeln, für manche Gewerbe auch durch Spalten, Raspeln oder

7) Handwörterbuch der Naturwissenschaften 1912 s. Stichwörter: Nutzholz, Baum, Paläobotanik, Pflanzen-Geographie.

Schneiden (letzteres für Bleistiftholz und Bildschnitzer das Wichtigste), und diese Prüfung kann ein erfahrener Tischler oder Holzarbeiter nach dem Gefühl vornehmen, wobei nur zu beachten ist, daß der Widerstand gegen diese Bearbeitungsarten in Quer- und Längsrichtung des Holzes sehr verschieden ist, daß also z. B. die Säge für Querschnitte andere Schränkung haben soll als für Längsschnitte, daß der Widerstand bei feuchtem Holz ein anderer ist als bei trockenem, und zwar bei letzterem teils stärker, teils schwächer als bei feuchtem, je nach der Holzart; z. B. sägt sich feuchtes Eichenholz und andere Harthölzer leichter als trockene, weil das Wasser auflockernd wirkt, während bei manchen Weichhölzern, z. B. Linde, das Umgekehrte stattfindet, da hier die Lockerung zu weit geht und ein zähes Ineinanderfließen bewirkt. Frost fördert das Sägen, erschwert aber die Bearbeitung mit der Axt. Weiteres hierüber siehe bei Nördlinger⁸⁾, Gottgetreu^{11a)} u. a.

Manche meinen, mit dem Gewichte des Holzes steige seine Härte verhältnismäßig. Das gäbe dann eine sehr einfache Härtebestimmung durch Abwägen, was aber leider zu großen Irrtümern führen könnte, so daß man sich meist begnügt, nach dem Gefühl des Bearbeitenden über den Härtewiderstand zu entscheiden.

Bei Maschinenbearbeitung wäre es möglich, durch Messen des Arbeitsaufwandes Zahlen für diesen Widerstand zu gewinnen, was aber eine teure und sehr zeitraubende Versuchreihe voraussetzt. Man verzichtet daher meist auf eine haarscharfe Einteilung der Hölzer nach ihrer Härte, um so mehr, als die Grenzen sich meist stark überschneiden. Immerhin möge die Härteeinteilung mitgeteilt sein, welche auf Grund seiner Vergleichversuche Nördlinger^{8a)} angegeben hat. Er wählte folgende acht Härteklassen:

1. Steinhart: Pockholz, Ebenholz und andere tropische Hölzer, von denen neuerdings besonders Grenadilleholz, Grünherz, Quebracho

⁸⁾ Nördlinger: Die technischen Eigenschaften der Hölzer. Stuttgart 1860.

^{8a)} Nördlinger: Die gewerblichen Eigenschaften der Hölzer. Stuttgart 1890.

und das Kameruner Eisenholz Bongossi zu nennen sind.

2. Beinhart: Beinholz, Sauerdorn, Buchs, Rainweide, Syringe und viele Eucalyptusarten.
3. Sehr hart: Mandelbaum, Weißdorn, Schwarzdorn und die Hartriegelarten.
4. Hart: Maßholder und andere Ahorne, Hainbuche, Wildkirsche, Mehlbaum, Kreuzdorn
5. Ziemlich hart: Esche, Maulbeerbaum, Stechpalme, Platane, Zwetsche, Zerreiche, Robinie, Ulmenarten, Legföhre.
6. Etwas hart: Silberahorn, Edelkastanie, Rotbuche, Nußbaum, die Eichenarten, Birn- und Apfelbaum, Vogelbeer.
7. Weich: Kiefer (Föhre), Fichte und Tanne, Roßkastanie, Erle, Birke, Hasel, Wacholder, Traubenkirsche, Rhusarten, Mandel- und Salweide.
8. Sehr weich: Weymuthkiefer, *Taxodium distichum*, Espe und andere Pappeln, Weißlorbeer- und Knackweide, Linde, *Sequoia*.

Wie schon gesagt, kann man über die Zugehörigkeit der einzelnen Holzarten in diese acht Gruppen streiten, und die Untersuchung wird verschieden ausfallen, je nach Herkunft und Standort der Hölzer; so z. B. wird die Eiche von vielen in eine härtere, der Ahorn in eine weichere Gruppe versetzt. Besonders starke Abweichungen von Nördlinger zeigt die Liste von Laris a. a. O.³⁾, S. 95/96, die zugleich die Spaltfestigkeit und Dauer sowie die Raumgewichte hinzufügt und auch mehr ausländische Hölzer umfaßt; nur die heute so wichtigen australischen Hölzer fehlen. Ueber Büsgens Messungen s. Fußnote 16.

Das Gewicht der Hölzer zu kennen, ist für viele Bauzwecke von Wert; es wechselt aber sehr nach Standort, Alter und Feuchtigkeitgehalt. Selbst in den neuesten Nachschlagbüchern (z. B. Hütte 1911 und Joly 1913) wird noch meistens kein Unterschied zwischen spezifischem Gewicht und Raumgewicht gemacht, höchstens daß einige statt Raumgewicht „scheinbares spezifisches Gewicht“ sagen.

Es wäre endlich Zeit, die durch Gary beim Berliner Prüfamt seit 1896 eingeführte und auch vom Weltverband⁹⁾ sowie den daran beteiligten Forstleuten angenommene kurze Bezeichnung Raumgewicht r in alle Lehrbücher für Techniker aufzunehmen. Im einzelnen ist folgendes zu bemerken:

Spezifisches Gewicht s ist das Gewicht der Raumeinheit eines Stoffes, der frei von allen Hohlräumen, also ausschließlich von der dem Stoffe eigentümlichen Masse ausgefüllt gedacht ist. Nur bei völlig dichten Körpern kann man s unmittelbar aus der Raumeinheit abwägen. Bei porigen Körpern macht der Abzug der Hohlräume um so größere Schwierigkeiten, je versteckter die Poren liegen. Bei Holz ist letzteres im höchsten Grade der Fall, so daß s nur nach völliger Zertrümmerung des Gefüges bestimmbar ist. Man hat nun gefunden, daß aller Holzstoff ein und denselben Wert von s ergibt, ob er aus leichtesten oder schwersten Holzstämmen gewonnen wird. Martens fand $s > 1,50$, R. Hartig¹⁰⁾ $s = 1,56$. Kleine Schwankungen treten ein, je nachdem die Wände der Holzzellen mit Mineralien oder Harz, Gummi oder dgl. fest überzogen sind. Der Holzstoff wiegt also mehr als das $1\frac{1}{2}$ fache von Wasser, so daß jedes Holz unter-sinken müßte, dessen Zellen völlig mit Wasser erfüllt wären. Nun sind aber die Zellen lufttrockenen Holzes meist mit Luft gefüllt, wozu je nach der Feuchtigkeit der Luft noch mehr oder weniger Wassergehalt kommt, und da die Zellenwände verschieden dick, ihr Porenraum verschieden groß ist, so schwankt das Gewicht der Raumeinheit der verschiedenen Holzarten zwischen sehr weiten

⁹⁾ Als „Weltverband“ soll in folgendem kurz der „Internationale Verband für die Materialprüfungen der Technik“ bezeichnet werden. Seine Beschlüsse über Holzprüfungen auf dem Brüsseler Kongreß 1906 s. B. M. 1907, 1, S. 2, sie stammen in der Hauptsache von Rudeloff. Mit der Abkürzung: B. M. (Berliner Mitteilungen) bezeichnen wir die „Mitteilungen des Kgl. Materialprüfungsamtes Berlin-Großlichterfelde W“; ferner mit der Abkürzung „W. V.“, Heft ..., die bis jetzt in zwei Bänden heftweise erschienenen Mitteilungen des Internationalen Verbandes.

¹⁰⁾ Robert Hartig, Das Holz der deutschen Nadelwald-bäume. Berlin 1885.

Grenzen, vom leichtesten Korkholz mit 0,20 bis zum schwersten Eisenholz mit 1,39.

Raumgewicht r ist eine kurze treffende Bezeichnung für das Gewicht der Raumeinheit eines festen Körpers einschließlich aller seiner Poren, Hohlräume und deren verschiedenartiger Ausfüllung durch Luft, Wasser, Säfte, Mineralien usw. Bei Holz wechselt r nicht nur mit seinem Gefüge, sondern auch mit seinem Feuchtigkeitsgrad, man muß deshalb hier noch vier weitere Unterscheidungen einführen, um sich kurz ausdrücken zu können. Wir bezeichnen im folgenden mit:

1. Grüngewicht r_g das Raumgewicht eines frisch-gefallten Holzstückes.
2. Lufttrockengewicht r_t das Raumgewicht eines an der Luft gut ausgetrockneten Holzstückes.
3. Naßgewicht r_n das Raumgewicht eines wasserhaltigen oder nassen Holzstückes.
4. Darrgewicht r_0 das Raumgewicht eines im Trockenofen künstlich von Wasser ganz befreiten (gedarrten) Holzstückes.

Während die drei ersten dieser Ausdrücke allgemein bekannt und geläufig sind, findet man statt der kurzen Bezeichnung „Darrgewicht“ r_0 noch 1909 bei Janka⁶⁾ die Bezeichnung: „Spezifisches Absoluttrockengewicht“.

Bestimmung von r_0 , r_t und r_n .

Streng genommen ist nur r_0 scharf bestimmbar, da bei den drei anderen der Wassergehalt zu stark wechselt und nicht im voraus, sondern erst nach den anderen Prüfungen bestimmbar ist.

Rob. Hartig¹⁰⁾ stellte 1885 fest, daß in der Wissenschaft jetzt allgemein das Darrgewicht r_0 als Maßstab für Holzvergleichen diene. Dies nahm der Weltverband⁹⁾ 1906 auf, auch mit Rücksicht darauf, daß mit steigendem Wassergehalt des Holzes seine Druckfestigkeit abnimmt, nach einem Gesetze, das S. 103 besprochen wird. Hier sei aber gleich festgestellt, daß dieses Gesetz nur gilt, wenn das Holz äußerst vorsichtig, mit sehr langsamer Steigerung der Hitze und gutem Abzug der er-

zeugten Wasserdämpfe getrocknet wird, wofür der Weltverband⁹⁾ eingehende Trockenvorschriften gegeben hat. Trocknet man nasses Holz zu rasch und ohne Sauglüftung, so entstehen im Holz derartige Dampfspannungen und Lockerungen des Gefüges, daß seine Festigkeit stark abnimmt, ja ein völliges Mürbewerden eintreten kann¹¹⁾. Das völlige Austrocknen bis r_0 ist daher nur für wissenschaftliche Zwecke nach genauen Regeln durchzuführen, während es für Bauholz zwecklos, ja schädlich wäre; denn dickere Hölzer reißen beim künstlichen Trocknen leicht auf, es sei denn, daß sie mit Heißdampf langsam getrocknet werden bis höchstens herab auf 10% Wassergehalt, um dann sofort gegen neue Wasseraufnahme aus der Luft durch Tränken mit wasserabweisenden Stoffen geschützt zu werden; bei dünneren Holzstücken, wie sie Möbeltischler brauchen, kann die Austrocknung etwas weitergehen, wenn die Hölzer hernach sofort mit Leinöl getränkt werden. Unter 8% geht man aber auch im trockensten Klima selten, und die hierfür nötigen guten Trockenöfen dürfen nur langsam und bei weichen Hölzern höchstens auf 50 bis 80° C erhitzt werden, während bei Harthölzern 30 bis 55° C das Äußerste ist, wenn Risse vermieden werden sollen. Die Wasseraufnahme solchen künstlich getrockneten Holzes soll, wenn es nachträglich in feuchte Luft kommt, angeblich geringer sein als bei nur an der Luft getrocknetem Holze; doch stimmt dies nur beim Trocknen mit Harzdämpfen. Man wird daher, falls keine wasserdichte Tränkung sofort nachfolgt, mit der Trocknung nicht weitergehen als auf 10 bis 12% Wassergehalt, entsprechend den unteren Grenzen unserer Luftfeuchtigkeit. Auch hat das künstliche Trocknen von Bau- und Möbelholz nur dann einen Sinn, wenn aus irgendwelchen

¹¹⁾ Bei unsinnig raschem Ueberhitzen grünen Holzes ohne Dampfabzug wird die Spannung so groß, daß die Zellen zersprengt werden und das Holz völlig weiß und mürbe wird. Sachunkundige halten dann diese Erscheinung für Weißfäule, trotzdem der der Weißfäule eigentümliche Pilzgeruch völlig fehlt, vgl. den lehrreichen Prozeß, der in Gottgetreu-Baumgarten: Die Hausschwammfrage, Berlin 1891, S. 82—96, geschildert ist. Ob trockene Destillation hier mitwirkte?

^{11a)} Gottgetreu: Physische und chemische Beschaffenheit der Baustoffe, III. Aufl. Berlin 1880.

Gründen die erforderliche lange Zeit zum Lufttrocknen nicht abgewartet werden kann.

Lufttrockengewicht r_t ist ein etwas unbestimmter Begriff, weil die Feuchtigkeit der Luft sehr häufig sich stark ändert und das hiergegen sehr empfindliche Holz seinen Wassergehalt wenigstens in den äußeren Schichten dann ebenfalls wechselt, also ständig „arbeitet“, d. h. quillt und schwindet.

In durchweg trockenen oder durchweg feuchten Gegenden lassen sich Mittelwerte für den Wassergehalt lufttrockenen Holzes sehr wohl aufstellen, nicht aber für unsere stark veränderliche Witterung. So wird z. B. ein Holzstück, das Ende Juli 1912 nach langer warmer und trockener Witterung verarbeitet und durch Anstrich geschützt wurde, ganz wesentlich besser „stehen“ als ein am Schluß der zwei Regenmonate August und September verarbeitetes, auch wenn sein Lagerplatz vor Regen geschützt war. Wolfmann¹²⁾ meint zwar, daß ein gut ausgetrocknetes Balkenholz durch Feuchtigkeitwechsel der Luft nicht sehr beeinflusst werde oder höchstens nur die äußeren Schichten, die dann bald wieder austrocknen, gibt jedoch zu, daß bei Brettern und besonders deren Hirnholz die Wasseraufnahme beträchtlich stärker sei als bei Rundholz. Grünes Holz bedarf einer zweijährigen Lagerung, um genügend lufttrocken, d. h. im Hausbau verwendbar zu sein. Floßholz trocknet rascher aus, zeigt aber auch größere Aufreißgefahr. Der Tischler prüft das Holz auf genügende Trockenheit, indem er einen Hobelspan aus dem Inneren des Stammes oder Brettes ans Augenlid drückt. Fühlt er starke Abkühlung, dann ist es zu naß. Genauere Angaben sind bis heute nur nachträglich zu gewinnen, indem man den Gewichtverlust bei völliger Trock-

¹²⁾ Wolfmann: Feuchtigkeit und Schwammentwicklung in Wohngebäuden, Berlin 1910, ergänzt durch zwei Aufsätze in der Baugewerkzeitung 1912, Nr. 95/6. Er will gefunden haben, daß lufttrockenes Holz von $\leq 14\%$ Wassergehalt den meisten Fäulnispilzen keine Nahrung biete, also schwammsicher bleibe, mit Ausnahme des echten Hausschwammes, der ja freilich gerade der schlimmste ist. Falls dies sich bewahrheitet, wäre als Lufttrockenheitsgrad für r_t besser 14 statt 15% Wassergehalt zu empfehlen.

nung auf r_0 feststellt ¹³⁾. Diese Bestimmung muß mit Abfallstücken vorgenommen werden, die sofort nach dem Zurichten gewogen, dann in den Trockenofen gebracht und unmittelbar darauf wieder gewogen werden, mit Berücksichtigung der Vorschriften des Weltverbandes, was recht zeitraubend ist und zudem für entfernter liegende Stammstücke nicht sicher zutrifft, da deren Wassergehalt unter Umständen ein ganz anderer sein kann als beim Probestück. Da nun die Festigkeit stark vom Wassergehalt abhängt, ist im Weltverband ⁹⁾ vereinbart, nach jeder Festigkeitsprüfung unmittelbar den Wassergehalt an Probestücken zu bestimmen, die in der Nähe der Bruchstelle von Hand herausgesägt werden (die Wärmeentwicklung schnellaufender Maschinensägen würde einen Teil des Wassers im Holz zum Verdampfen bringen), und den Prozentgehalt an Wasser dem Festigkeitsbefund beizufügen.

Als Normalfeuchtigkeitgehalt lufttrockenen Holzes hat der Weltverband nach langem Streite 1906 für Festigkeitsprüfungen 15 $\frac{0}{100}$ des Trockengewichtes r_0 vereinbart ¹²⁾. Wir bezeichnen dieses Lufttrockengewicht kurz mit r_{15} . Um die Festigkeitszahlen verschiedener Holzproben vergleichen zu können, muß man dann die gefundenen Zahlen erst auf diesen Wassergehalt umrechnen, da er ja nicht im voraus genauer bestimmbar ist. Sichere Anhaltspunkte für diese Umrechnung fehlen aber noch, sind auch bei verschiedenen Holzarten oft recht verschieden; es müssen hierzu noch viele Versuche gemacht werden, auch darüber, ob 15 $\frac{0}{100}$ für sehr schwere Hölzer nicht zu groß wird?

Die bisherigen Angaben über das Lufttrockengewicht r_t verschiedener Hölzer können nur sehr rohe Mittelwerte sein und müssen in weiten Grenzen schwanken, da sie nicht bloß von Fäll- und Lagerzeit, sondern auch vom Klima, Stand-

¹³⁾ Es hat nicht an Versuchen gefehlt, den Feuchtigkeitgehalt des Holzes im voraus auf einfacherem Wege zu bestimmen, und wenn das gelänge, wäre der Bauwelt ein großer Dienst geleistet. Vor 15 Jahren kam ein Ingenieur zu mir, der diese Erfindung gemacht zu haben vorgab, sie aber nur gegen eine große Entlohnung veröffentlichen wollte und eine Empfehlung verlangte, ohne mir vorher ein Urteil zu ermöglichen. Ich verwies ihn an den Arbeitsminister, habe aber seitdem nichts mehr davon gehört.

ort und Alter des Baumes sowie von der Höhenlage des entnommenen Holzstückes im Baumstamm abhängen, der Vorausschätzung also weiten Spielraum lassen müssen. Sowohl für Holzhändler als für Berechner hölzerner Tragwerke ist aber diese Vorausschätzung nötig, um bei den Frachtkosten bzw. dem Ansatz der Eigengewichte sowie der zulässigen Spannungen keine Fehlgriffe zu machen, und dazu muß man entweder die Herkunft sowie die Behandlung nach dem Fällen kennen oder sie aus dem Kleingefüge der betreffenden Hölzer abzulesen verstehen.

Da man aber den Zahlenwert r_t viel häufiger braucht als den von r_0 , begnügt man sich meist mit den amtlich vorgeschriebenen Mittelwerten r_t , die in jedem technischen Kalender zu finden sind, wenn auch noch vorherrschend mit der falschen Bezeichnung „spezifisches Gewicht“. Die Beziehung zwischen r_t und r_0 ist sehr verwickelt, da Wasseraufnahme und Raummaß verschieden ansteigen (vgl. unten). R. Hartig fand, daß durchschnittlich für Eichensplint r_t um 4, für Eichenkern um 3, für Rotbuche um $2\frac{1}{2}$, für Nadelhölzer um 2 Hundertel größer sei als ihr r_0 .

Das Naßgewicht r_n zeigt ebenfalls starke Schwankungen je nach der Lage, Zeit und Eintauchtiefe des Holzes. Besonders häufig braucht man zur Berechnung der Förderkosten das Grüngewicht r_g oder das Gewicht von Flößholz r_n , falls letzteres auf Landwegen oder Bahnen weiter zu versenden ist, da es dann bedeutend schwerer als r_t , was bei Berechnung der Frachtkosten starke Unterschiede macht. Eine völlige Durchtränkung aller Poren und Zellen mit Wasser kommt übrigens fast nie vor, würde ja auch alles Holz zum Sinken bringen, vgl. oben. Stärkere Feuchtigkeit tritt sofort aus, wenn man in frisch gesägtes Hirnholz eine Axt einschlägt.

Formeln für r_0 , r_n , n und das Porenraummaß p_0 .

Das Verlangen nach völliger Austreibung der Luft aus den Zellen und Poren des Holzes durch Wasser war früher zur Bestimmung von r_0 und s erforderlich, ist aber sehr schwierig und heute selbst für wissenschaftliche Zwecke selten mehr nötig, seitdem man weiß, daß das spezifische Gewicht $s = 1,56$ bei fast allen (nicht in-

krustierten) Holzarten das gleiche ist. Man braucht dann nur das Darrgewicht G_0 nach den Weltverbandregeln und das zugehörige Raummaß V_0 des gedarrten Probestückes zu bestimmen, um hieraus das Porenmaß p_0 d. h. den auf die Raumeinheit entfallenden Porenanteil durch folgende Gleichungen zu finden:

$$1) \quad r_0 = \frac{G_0}{V_0} \text{ und } p_0 = 1 - \frac{r_0}{s}.$$

Meist wird das Porenmaß p_0 in % ausgedrückt, so daß $p_0 \% = 100 \left(1 - \frac{r_0}{s}\right)$. Das Probestück muß unmittelbar nach dem Darren unter gut schließende Glasglocken (Exsikkatoren) gestellt werden, und zwar über Schwefelsäure, Chlorkalzium oder andere Feuchtigkeit absaugende Stoffe und sofort nach dem Abkühlen abgewogen und gemessen werden, sonst saugt das Holz rasch Feuchtigkeit aus der Luft auf.

Anmerkung: Dies steht nur scheinbar im Widerspruch mit Wolfmanns Beobachtungen über die Wasseraufnahme von lufttrockenem Holz¹²⁾; denn bei den schmalen gedarrten Hirnholzscheiben ist die Begierde des Holzes zum Aufsaugen von Wasser aus der Luft wesentlich größer als nach Erreichung des normalen Wassergehaltes von 14 %, von wo ab die Aufsaugbegier nachzulassen scheint. Manche wollen dies schon bei 8 % bemerkt haben.

Am meisten Schwierigkeiten macht die genaue Bestimmung von V_0 . Man kann zwar von einem guten Möbeltischler einen hinreichend genauen Würfel (oder eine rechtwinklige flache Scheibe von $2\frac{1}{2}$ bis 3 cm Dicke, die sich zum Austrocknen besser eignet als die Würfelform) aus lufttrockenem Holz herstellen lassen, bekommt aber hierdurch nur V_t , nicht V_0 . Beim Trocknen schrumpft der Würfel fast nie gleichmäßig zusammen, bildet also nachher keinen Würfel mehr. Streng genommen muß das Raummaß des völlig getrockneten Probekörpers wie für unregelmäßige Körper durch das Eintauchverfahren bestimmt werden, also mittels geeigneter Raummesser (sog. Volumenometer), um die verdrängte Wassermenge an geeichten Meßröhren ablesen zu können. Solche Raummesser werden von Forstleuten häufig benutzt und heißen

bei ihnen kurzweg Xylometer, d. h. Holzmesser. Rob. Hartig benutzte das große Xylometer von Gebr. Zimmer, Abb. a. a. O.¹⁰⁾ S. 27. Für grünes Holz, also für Bestimmung von V_g , sind diese Holzmesser in der Regel genau genug; schon für lufttrockenes und noch mehr für künstlich getrocknetes Holz aber entsteht eine Fehlerquelle, die V_0 zu groß angibt wegen verhältnismäßig raschem Aufsaugen von Wasser und starker Ausdehnung des Probekörpers durch diese Wasseraufnahme. Durch die fast unvermeidliche Rissebildung beim künstlichen Trocknen vergrößert sich dieser Fehler, ebenso durch die jetzt beliebte Wahl flacher Scheiben statt der Würfel. Man muß daher vor dem Eintauchen die Poren verstopfen, was meist durch Leinöltränkung geschieht, die aber selbst ein leichtes Quellen verursacht. Beliebter ist jetzt eine Lösung von Paraffin in Benzol. Die Verdampfung des letzteren hebt das Quellen auf, ohne die Poren zu öffnen. Das Eintauchen soll jedenfalls so kurz wie möglich erfolgen, wozu der österreichische Oberforststrat Friedrich, Direktor der Mariabrunner forstlichen Versuchsanstalt, ein besonderes Xylometer erdacht hat, das von Gehr. Fromme (Wien) angefertigt wird und 380 Kr. kostet. Schwappach hat es bei den Eberswalder Versuchen¹⁴⁾ angewandt und gelobt. Auf Vorschlag von Rudeloff hat der Weltverband⁹⁾ 1906 folgende Bestimmungen hierüber vereinbart:

„Zum Eintauchverfahren dient das Friedrichsche Präzisions-Xylometer. Dünne Probestücke sind dabei unbedingt gegen Wasseraufnahme zu schützen, bei größeren Probestücken ist dieser Schutz entbehrlich, sofern das Eintauchen nicht länger als 15 bis 20 Sekunden dauert.“ Doch führt die Raummaßbestimmung durch Herstellung geometrisch einfacher Probeformen (flache Prismen) in lufttrockenem Zustande unter Berücksichtigung der Schwindmasse beim Trocknen und Abzug der sich hierbei bildenden Risse fast ebenso genau und billiger zum Ziele. Große Verbreitung scheint das Friedrichsche Xylometer daher nicht gefunden zu haben. Janka⁶⁾ erwähnt es kurz und sagt in Heft 25, S. 20: „Da das Eintauchverfahren für größere

¹⁴⁾ Schwappach (und Rudeloff): Raumgewicht und Druckfestigkeit des Holzes wichtiger Waldbäume (zwei Hefte v. J. 1897 und 1898).

Stücke nicht durchführbar ist, wurde durchweg der Rauminhalt aus den Abmessungen berechnet (stereometrisches Verfahren), nachdem Vergleichversuche einen Unterschied von durchschnittlich nur 0,32 % ergeben hatten“.

Bedenkt man, daß der Wassergehalt grünen Nadelholzes etwa 37 bis 45 % des Lufttrockengewichtes r_{15} beträgt, der von Eiche und Buche mindestens 30 bis 34 % — diese Zahlen steigen in bezug auf r_0 um $2\frac{1}{2}$ bei leichtem Nadelholz, um 4 bei Hartholz —, so sieht man leicht ein, warum das Eintauchverfahren bei Grünholz keine starken Fehlerquellen verursacht und noch weniger bei Floßholz mit 45 bis 60 % oder gar wasser-sattem Holz mit $> 60\%$ Wassergehalt (letztere Zahlen auf r_0 bezogen).

Die Raummaße V_g und V_n sind also durch Eintauchen genügend genau festzulegen, und man hat daher

$$2) \quad r_n = \frac{G_n}{V_n} \text{ und } r_g = \frac{G_g}{V_g}.$$

Trocknet man dann langsam aus bis zum Darrgewicht G_0 , so ist der gesamte Wassergehalt

$W_n = G_n - G_0 = n \cdot \frac{G_0}{100}$, wobei n den Wassergehalt in % des Darrgewichtes r_0 bedeutet, also (angenähert):

$$3) \quad n\% = 100 \cdot \frac{G_n - G_0}{G_0} = 100 \cdot \left(\frac{r_n V_n}{r_0 V_0} - 1 \right).$$

Streng genommen ist auch diese Gleichung nur dann genau, wenn alle Luft aus den Poren ausgetrieben und durch Wasser ersetzt ist, ein Fall, der fast nie eintritt. Wohl aber kann bei Hölzern, die unter Wasserdruck längere Zeit lagern, die in den Zellen eingeschlossene Luft selbst unter Druck kommen und ist dann schwerer als die Außenluft. Doch ist der hierdurch entstehende Fehler so gering, daß er fast immer vernachlässigt werden kann. Nur wenn trockenes Holz plötzlich und allseitig unter gleich hohen Wasserdruck kommt, kann die eingeschlossene Druckluft zu berücksichtigen sein; sie wird daher bei Hochdrucktränkung tunlichst vorher abgesaugt.

Je nach der Länge der Lagerung im Wasser kann n stark wachsen, bei leichtem Nadelholz von $n = 10$ bis

zu mehreren 100 0/0. Ist z. B. $r_0 = 0,34$ gefunden, also $s = 1,56 = 4,6 r_0$, so enthält die Raumeinheit $100 (4,6 - 1) = 360$ 0/0 Poren u. zw. Gew. 0/0, also $\frac{360}{1,56} = 231$ Raum 0/0. Bei völliger Wasseraufsaugung würde also $n > 231$ 0/0 werden können, wenn man für Wasser Raumgewicht und Raumeinheit je $= 1$ setzt. Da nun aber durch die Wasseraufnahme die Zellen sich stark ausdehnen, das Holz daher bedeutend aufquillt, so kann n bequem 250 und mehr 0/0 erreichen.

Ueber die Zahlenwerte für Quellen und Schwinden siehe später. Hier sei nur so viel bemerkt, daß das Quellen eines vorher gut ausgetrockneten Holzes bei der Wasseraufsaugung sofort beginnt, während das Schwinden nassen Holzes von > 20 0/0 W. G. erst dann einsetzt, wenn der Wassergehalt der Zellen annähernd verdunstet ist, was erst bei $n < 20$ 0/0 zutrifft; bis dahin bleibt das von den Zellwänden aufgenommene Wasser unverdunstet. Diese Wände also sind gespannt und ziehen sich erst bei $n < 20$ zusammen, und dann erst beginnt das meßbare Schwinden des Holzes, das ja in verschiedenen Richtungen sehr verschieden ist.

Man hüte sich daher vor dem Trugschluß, als könnte man aus der Größe des Schwindens schon ganz kurze Zeit nach Beginn des Austrocknens Schlüsse auf den Wassergehalt ziehen. Erst wenn nach längerer Trockenzeit das Schwindmaß und gleichzeitig die Gewichtabnahme klein befunden werden, darf man auf genügende Trockenheit schließen.

Die Geschwindigkeit der Wasseraufnahme ist bei den einzelnen Holzsorten meist recht verschieden und vom Hirnholz aus beträchtlich größer als vom Langholz aus. Jaccard hat für verschiedene Holzsorten die Anzahl Tage bestimmt, die nötig sind, um einen mit dem Stammende in eine Wasserschicht von 1 cm Höhe gesetzten Würfel von 10 cm Kantenlänge 100 Gew. 0/0 Wasser aufsaugen zu lassen.

Die Selbstanzeige seiner Ergebnisse im „Botan. Zentralblatt“ 1913, 1, S. 6, wirkt aber so verblüffend, daß ich Druckfehler oder Holzfehler (bei einigen Sorten) annehmen

mußte und eine Nachprüfung eingeleitet habe, auf eine Wiedergabe also vorerst verzichte. S. a. Fußnote 85.

Beziehung zwischen Raumgewicht, Festigkeit und Härte des Holzes.

Die vorstehenden Angaben über Raumgewichtbestimmung sind deshalb so ausführlich geschildert, weil man schon seit langer Zeit hoffte, r_t oder r_0 als Maßstab für die Festigkeit und Härte des Holzes benutzen und daher die zwei letzteren Prüfungen, die teurer Apparate und großer Uebung des Prüfenden bedürfen, sich für gewöhnlich ersparen zu können, während r_0 mittels eines Trockensofens und einer feineren Handelswaage (am besten mit der Ausstattung eines der zahlreich vorhandenen chemischen Laboratorien der Handelschemiker) überall einfach und billig bestimmbar ist.

Schon Plinius hat die Vermutung ausgesprochen, daß r_t als Maß der Festigkeit dienen könne, daß die Festigkeit aber mit dem Wassergehalt des Holzes abnehme. Buffon hat dann 1749 für Eichenholz gefunden, daß die Festigkeit verhältnismäßig dem Raumgewicht sei. Tetmajer wollte 1884 statt der Druckfestigkeit die Arbeitsleistung beim Biegen der Hölzer als Gütezahl für Hölzer verwenden, während Nördlinger⁸⁾ und Rob. Hartig¹⁰⁾ das Darrgewicht r_0 als Maß der Druckfestigkeit vorschlugen, was zu eingehenden Versuchen hierüber durch Tetmajer 1884 für schweizerische, Bauschinger 1887 für bayerische, Schwappach und Rudeloff 1889—98 für preußische¹⁴⁾ Waldbäume, Wijkander 1897 für schwedische und Janka⁶⁾ 1897—1909 für österreichische Hölzer — von letzteren zunächst nur für die Fichte — Anlaß gab. Auch die amerikanische Forstverwaltung hat sich eingehend mit dieser Frage beschäftigt, vgl. den Bericht von Hall für den Weltverbandkongreß in Kopenhagen 1909, W.-V., Bd. I, 6⁹⁾, sowie von Cline & Heim 1912 Bull. 108, ferner die australischen Forscher, besonders Warren, mit den heute so wichtigen Eukalyptushölzern. Das Ergebnis ist kurz folgendes:

Da die Bestimmung des Wassergehaltes von lufttrockenem Holz sehr umständlich ist und erst nachträg-

lich, d. h. unmittelbar nach der Festigkeitsprüfung, vorgenommen werden kann, vgl. oben, so hat R. Hartig die Druckfestigkeit in der Längsrichtung lufttrockenen Holzes in Vergleich mit dem Raumgewicht r_0 völlig trockenen Holzes zu setzen vorgeschlagen, was jetzt vom Weltverband angenommen und dahin verschärft ist, daß man σ''_{15} mit r_0 vergleichen solle. Ueber die Bezeichnung σ''_{15} usw. siehe Fußnote 15).

Bauschinger fand zwar schon 1885 für Nadelhölzer $\sigma''_{15} = 1000 r_{15} - 100$, Janka für Südtiroler Fichten $\sigma''_{15} = 1000 r_{15} - 70$.

Da aber die Festigkeit mit dem Wassergehalt stark wechselt und letzterer nicht im voraus bestimmbar ist, sind jedesmal mehrere Versuche mit Holzwürfeln von benachbartem Wassergehalt erforderlich, um σ''_{15} durch Einschalten (Interpolieren) zu gewinnen, während r_{15} aus r_0 berechnet werden muß (s. unten). Um diese Versuche zu ersparen, strebt man jetzt eine angenäherte Gleichung an von der Form

$$4) \quad \sigma''_{15} = a r_0 + c.$$

15) Wir bezeichnen im folgenden mit:

σ'	die Zugfestigkeit	in at
σ''	die Druckfestigkeit	" "
σ_b	die Biegefestigkeit	" "
τ	die Scherfestigkeit	" "

wobei 1 at, d. h. eine neue Atmosphäre = 1 $\frac{\text{kg}}{\text{qcm}}$ ist. Zum Schreiben und Sprechen ist die Bezeichnung at bequemer und kürzer als „kg aufs qcm“; statt des letzteren wird häufig nur Kilo gesagt, was unklar und unsicher ist, weil (besonders bei Metallen) die Festigkeitzahlen meist in $\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ angegeben werden.

Bei Holz ist nun die Festigkeit in verschiedenen Richtungen sehr verschieden, weshalb zur Sicherheit meist noch ein unteres Anhängenzeichen erforderlich ist, und zwar l für Festigkeiten in der Längsrichtung und q in der Querrichtung. Es bedeutet also z. B. σ'_l die Druckfestigkeit in der Längsrichtung; σ'_q beträgt oft $< 20\%$ von σ'_l ; σ'_q und τ_l sind häufig = 0 zu setzen. Streng genommen müßte man in obigen Formeln auch noch den Wassergehalt in Zahlen unten beisetzen, also z. B. σ'_{l15} für Druckfestigkeit in der Längsrichtung lufttrockenen Holzes mit Normalwassergehalt von 15% oder σ'_{l0} für Darrproben. Da aber die Längsrichtung am häufigsten gebraucht wird, gilt die Regel: Fehlen die unteren Anhängenzeichen ganz, so ist im folgenden stets die Längsrichtung und der Normalwassergehalt 15% gemeint.

Rudeloff erklärt aber für Buchenholz diese einfache (lineare) Beziehung ungenügend und hier die Form

$$5) \quad \sigma''_{15} = c + a r_0 + b r_0^2$$

erforderlich, während Schwappach fand, daß die Beiwerte c , a und b auch noch mit dem Alter, Standort, Klima und anderen Einflüssen wechseln.

Janka fand a. a. O.⁶⁾ Heft 35, S. 32, für österreichisches Fichtenholz, daß die Druckfestigkeit mit dem Raumgewicht wächst, mit steigendem Wassergehalt aber abnimmt, und daß sich folgende Durchschnittformeln aufstellen lassen:

$$6) \quad r_{15} = 1,02 r_0 + 0,022 \text{ oder rund } r_{15} = r_0 + 0,03$$

$$7) \quad r_{15} = r_n + [(0,00133 r_0 + 0,00147 (15 - n))] \text{ oder rund } r_{15} = r_n - 0,002 n + 0,03,$$

wo n den Wassergehalt des untersuchten Holzes in $\%$ des Darrgewichts bedeutet. Für die Druckfestigkeit stellte Janka die Formel auf:

$$8) \quad \sigma''_{15} = b r_{15}^2 + C.$$

Trägt man die Versuchswerte auf mm-Papier auf, so erhält man eine Kurve, die angenähert einen Parabelzweig darstellt. Die Kurve weicht aber so wenig von einer Geraden ab, daß man genügend genau Gl. 8) ersetzen kann durch 8a).

$$8a) \quad \sigma''_{15} = 1050 r_0 - 38 = 1030 r_{15} - 60.$$

$$9) \quad \sigma''_0 = 2250 r_0 - 200 = 2210 r_{15} - 250$$

$$10) \quad \sigma''_{15} = 0,467 \sigma''_0 + 55 \text{ oder}$$

$$11) \quad \sigma''_0 = 2,14 \sigma''_{15} - 120$$

Die abgerundeten Formeln zu 6) bis 8a) gelten nur für den Mittelwert des gesamten österreichischen Fichtenholzes $r_0 = 0,40$. r_0 wechselt aber von 0,34 bis 0,54.

Diese aus über 5100 Einzelproben ermittelten Beziehungen ermöglichen eine rasche Umrechnung für Feuchtigkeitsgehalte des Holzes $n < 25 \%$, gelten aber zunächst nur als Mittelwerte für österreichisches Fichtenholz von geradem astreinen und auch sonst fehlerfreiem Wuchs und nur für plattenförmige Probekörper von 2,5 cm Höhe, aber anscheinend von wechselnder Breite.

Letzteres würde den Wert von Jankas Untersuchungen leider abmindern, da es keinen Vergleich mit den anderwärts untersuchten Prismen- und Würfelfestigkeiten ermöglicht, auch σ'' vom Verhältnis h/b , d. h. Höhe zur Breite des Probestückes sehr stark beeinflusst wird. Schüle hat aber gefunden, daß der Widerstand von dünnen, trockenen Holzplatten gegen Zerdrücken viel gleichmäßigere Zahlenwerte liefert als der von Würfeln, und ist daher gleichfalls für Platten- statt Würfelprüfung, aber natürlich mit festem Werte von h/b , ja, Schüle schlägt sogar vor, diese gleichmäßige Festigkeit zum raschen Nachweis der Richtigkeit verschiedener Prüfmaschinen auszunützen. (W. V. Mitteil. Band II, 8 Nr. 29, 4.) Für die Abhängigkeit des Raumgewichts und der Festigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt des Holzes hatte Bauschinger schon 1883 Formeln aufzustellen versucht, gab dies aber 1887 wieder auf, da die Werte für jeden einzelnen Stamm und für die verschiedenen Holzarten zu stark wechselten; er bediente sich später des Auftragens einzelner Versuchswerte auf mm-Papier und Ziehens einer Ausgleichlinie, der sog. Schaulinie, besser Meßlinie (Diagramm) genannt zum Einschalten von Zwischenwerten.

Man sieht, die Beziehungen sind bei genaueren Anforderungen recht verwickelt und nur durch jahrelange mühsame Versuche im Laufe der Zeit zu klären. Immerhin kann man wenigstens für Nadelhölzer den rohen Annäherungssatz aufstellen: Die Druckfestigkeit wächst nahezu geradlinig mit steigendem Raumgewicht r_0 und nimmt ebenso ab mit steigendem Wassergehalt. Letzteres gilt aber nach Janka, Heft 28, S. 51, nur bis 25 % Wassergehalt; zwischen 25 und 50 % wird die Abnahme von σ_n'' geringer und hört zwischen 50 und 100 % fast ganz auf; bei $n > 100$ zeigt sich sogar eine kleine Zunahme bei österreichischen Fichtenhölzern.

Eine Nachprüfung der Versuche von Janka mit prismatischen Probehölzern von 7 cm Höhe und $3\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2}$ cm Querschnitt ergab deren angenäherte Bestätigung bei deutschem Fichten-, Eichen- und Rotbuchenholz. Trägt man die Wassergehalte $n\%$ als Abszissen, die zugehörigen σ_n'' als Ordinaten auf, so erhält man Kurven, die beiläufig durch Hyperbelzweige ersetzt werden können und die wir bei den einzelnen Holzsorten zur Darstellung

bringen werden. Janka hat seine Versuchsergebnisse für Fichtenhölzer von verschiedener Güte entsprechend den 6 Raumgewichten $r_0 = 0,54/0,50/0,46/0,42/0,38$ und $0,34$ aufgetragen, er erhält dadurch 6 Kurven von annähernd gleichem hyperbolischen Verlauf, und seine obigen Sätze lassen sich daher wie folgt verallgemeinern:

Die Druckfestigkeit wächst nahezu geradlinig mit steigendem Raumgewicht r_0 , nimmt aber hyperbolisch ab mit steigendem Wassergehalte n (in $\frac{0}{0}$ von r_0 ausgedrückt). Das gilt zunächst nur für österreichisches Fichtenholz, doch ist ein ähnliches Gesetz auch für andere Holzsorten wenigstens wahrscheinlich, jedoch mit der Einschränkung, daß jede Holzart ihren eigenen Gesetzen folgt, daß also für jede besondere Zahlen-Beziehungen zwischen σ''_n und r_0 bestehen, die nicht mit denen der Fichte übereinstimmen. Nur für die gesamte Gruppe der Nadelhölzer, die alle dieselbe Bauart haben, läßt sich nach Rob. Hartig sagen, daß σ'' bei allen verhältnismäßig r_0 wächst (vgl. später).

Weiter folgt hieraus, daß es nicht genügt, feste Zahlen für die zulässigen Druckspannungen jeder Holzart vorzuschreiben, sondern daß man mehrere Zahlen für die hauptsächlich in Betracht kommenden Feuchtigkeithalte braucht.

Setzt man z. B. für Fichte nach Janka den Mittelwert für gedarrtes Holz also

	für $n = 0$	für $\sigma''_0 = 100$
so kommt für	$n = 10 \frac{0}{0}$	$\sigma''_{10} = 70$
	$n = 15 \frac{0}{0}$	$\sigma''_{15} = 55$
	$n = 20 \frac{0}{0}$	$\sigma''_{20} = 42$
	$n = 25 \frac{0}{0}$	$\sigma''_{25} = 35$
	$n = 30 \frac{0}{0}$	$\sigma''_{30} = 32$
	$n = 40 \frac{0}{0}$	$\sigma''_{40} = 29,5$
	$n = 50 \frac{0}{0}$	$\sigma''_{50} = 29$
	$n = 60 \frac{0}{0}$	$\sigma''_{60} = 28,5.$

Setzt man dagegen

	$\sigma''_{10} = 100$
so kommt	$\sigma''_{15} = 78,5$
	$\sigma''_{20} = 60$
	$\sigma''_{25} = 50$
	$\sigma''_{30} = 46$
	$\sigma''_{40} = 42$
	$\sigma''_{50} = 41$
	$\sigma''_{60} = 40$

d. h. wird für völlig lufttrockenes Holz (in Zimmern mit Zentralheizung und ohne Wasserverdunstungsvorrichtungen) 10% Wassergehalt angenommen und seine zulässige Druckspannung = 100 gesetzt, so darf sie bei mäßig trockener Luft ($n = 15\%$) nur noch $78\frac{1}{2}\%$, bei feuchter Luft ($n = 20\%$) nur noch 60, bei sehr feuchter Luft ($n = 25\%$) nur noch 50% betragen; bei Grünholz ($n = 40\%$) nur noch 42% und bei wassersattem Holz ($n > 50\%$) nur noch 40% des ganz lufttrockenen Fichtenholzes.

Für Gerüstbauten aus Grünholz oder Floßholz darf also höchstens 43% , für Wasserbauten nur 40% der Druckbelastung des lufttrockenen Holzes zugelassen werden. Bei noch stärkerem Wassergehalt findet keine Abnahme von σ' mehr statt, eher eine kleine Zunahme; für $n > 100\%$ steigt σ'' fast bis zu 10% des niedrigsten Festigkeitswertes, welcher letzterer zwischen $n = 50$ bis 100% liegt, aber nur wenig von σ''_{50} oder σ''_{100} abweicht.

Die Gründe für dieses eigentümliche Verhalten des Holzes bei steigendem Wassergehalt sind noch nicht genügend erforscht. Man darf sie vielleicht darin suchen, daß die tragenden Zellenfasern nicht ringsum dicht aneinanderlagern, sondern noch kleine Hohlräume (Interzellularen) sich dazwischen befinden, die nur mit sehr starken Vergrößerungen und erst nach dem Ätzen der Dünnschnitte sich zeigen und teils mit Luft, teils mit Wasser und den aus den Zellen ausgetretenen Säften wie Harze, Öle, Gummi oder Milchsaft gefüllt sind. Beim Austrocknen

des Holzes verdicken sich diese Säfte zu zähen Klebstoffen, die beim Darren in einen festen Kitt übergehen und die hohe Druck-(wohl auch Zug-)festigkeit des Darrholzes ohne weiteres erklären, zugleich aber auch dessen geringere Dehnung sowie seine Sprödigkeit. Letztere führt dann bei Biegversuchen zu kurzfasrigen Brüchen, die besonders bei stoßweiser Belastung zum Absplittern und plötzlichen Brechen führen, also die Schlagbiegearbeit verringern¹⁶⁾. Ob das jede Zelle umhüllende und sie an den Berührungstellen mit den Nachbarzellen verkittende dünne Häutchen (sog. Mittellamelle), dessen Natur noch strittig ist, an der im folgenden geschilderten Aufweichung teilnehme, ist erst noch zu erforschen. Wahrscheinlich sind es nur die Kitte der Hohlräume (Interzellularen), die bei Feuchtigkeitzufuhr den beim Darren erstarrten Kitt mehr und mehr aufweichen und so eine zuerst rasche

¹⁶⁾ Die Sprödigkeit gedarrten Eichenholzes ist so groß, daß bei unseren Druckversuchen an Prismen von $3\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2} \times 7$ cm kurz vor der Bruchbelastung ganze Kanten unter Krach losplitterten und weggeschleudert wurden.

Alf. Léon fand nach Heft 13 der Mitt. d. Wiener Mech. Technischen Laboratoriums v. J. 1911, daß die Biegefestigkeit von slawonischem Eschenholz bei ruhiger Belastung in lufttrockenem Zustand 95%, in wassersattem Zustand 70% des Darrzustandes betrug, während die Schlagbiegearbeit bei lufttrockenem Holz ($n = 16,4\%$) —: 104, bei wassersattem ($n = 87,3\%$) 133% des Darrzustandes erreichte, falls die Abmessungen, die sich ja mit der Wasseraufnahme vergrößern, alle auf den Darrzustand umgerechnet werden. Bei niederösterreichischem Eschenholz erreichte die Schlagbiegearbeit für $n = 178\%$ —: 198, für Wassersättigung ($n = 81,7\%$) 173% des gedarrten Zustandes.

Léon untersuchte auch den Einfluß des Gefrierens wassersatten Eschenholzes und fand sowohl die Biegefestigkeit als die Schlagarbeit etwas größer als im aufgetauten Zustand, was mit unserer obigen Deutung übereinstimmen würde, da ja durch das Gefrieren das Raummaß des Wassers und die Reibung vergrößert wird. Durch 75maliges Auf- und Zufrieren scheint Eschenholz nicht zu leiden, andere z. T. sehr (s. später).

Rudeloff stellt im „Gewerbefleiß“ 1912, 7 S. 381/92 die von Tetmajer und Wykander gefundenen Beziehungen zwischen σ'' , σ' , σ_b und τ ¹⁵⁾ zusammen und ermittelt für getränktes Kiefern- und Buchenholz neue Werte von σ'' längs und quer zur Faser, auch Schlagbiegearbeit in lufttrockenem und wassersattem Zustand, endlich die Haltkraft von Nägeln und Schrauben für Schwellen.

Abnahme der Haftung, also Verminderung der Druckfestigkeit bewirken, die zwischen 50 und 100 0/0 Wasseraufnahme ihren Kleinstwert erreicht, während für $n > 100$ eine kleine Zunahme von σ'' (bis 10 0/0 des Kleinstwertes) erreicht wird. Diese Zunahme erklärt sich vielleicht aus dem Umstande, daß mit dem wachsenden Wassergehalt der Zellen die Zellenwände sich unter dem Wasserdruck dehnen und spannen, also stärker an ihre Nachbarn angepreßt werden und vermehrte Reibung ausüben. Doch das sind nur Vermutungen, die durch Pflanzenphysiologen aufgeklärt werden müssen.

Der bedeutende Einfluß des Wassergehaltes auf die Festigkeit des Holzes wurde bis vor 15 Jahren zu wenig betont, seine Nichtberücksichtigung trägt wohl mit die Schuld an den so beträchtlichen Unterschieden in den früheren Druckversuchergebnissen, die man lediglich in der Ungleichheit des Baues der Bäume, den Wachstumstörungen durch Aeste, klimatische Einflüsse und zufällige Verletzungen suchte. Gewiß sind diese Einflüsse sehr groß und wir werden sie später eingehender behandeln; aber vieles bis jetzt Unerklärliche läßt sich wohl auf den ungleichen Wassergehalt der Versuchstücke zurückführen, der durch die wechselnden Wetterverhältnisse während der Versuche bedingt sein kann. Wird das Holz, besonders das Hirnholz, nicht sorgfältig gegen Wasseraufnahme geschützt, so kann seine Feuchtigkeit in kurzer Zeit im Freien zwischen $n = 10$ bis 20 0/0 wechseln und dabei seine Festigkeit auf 60 0/0 des gut luftgetrockneten Zustandes ($n = 10$ 0/0) sinken, im Wasser sogar auf 40 0/0, was in unseren Vorschriften über zulässige Spannungen scharf zum Ausdruck kommen sollte. Für Wasserbauten insbesondere sind kleinere Werte von $\sigma''_{\text{zul.}}$ vorzuschreiben als fürs Innere trockener Hausbauten. Ein Trost für die Wasserbauer ist allerdings der, daß die Stoßfestigkeit mit dem Wassergehalt wieder wächst, was z. B. für die Schiffpfähle in unseren Hafenbauten von Wichtigkeit ist ¹⁶⁾.

Ob die genannten Sätze auch für andere Holzarten gelten, ist noch eine offene Frage. Jedenfalls sind für jede Holzart gesonderte Prüfungen nötig und besondere Formeln herzuleiten, was eine Riesenarbeit erfordert, welche dann allerdings die nur in Prüfanstalten ausführbaren Druck-

festigkeitprüfungen entbehrlich machen und es jedermann ermöglichen würde, mit Hilfe eines Trockenofens und einer empfindlichen Wage die Tragfähigkeit des Handelholzes aus dem Trockengewicht r_0 rasch und einfach zu bestimmen; es wären hierzu noch weniger Vorrichtungen nötig als zu dem gegenwärtig angestrebten Ersatz der Festigkeitsprüfung durch die oben erwähnte Brinellsche Kugeldruckhärteprüfung¹⁷⁾, aus der man die Druckfestigkeit⁶⁾ errechnen will. Unmittelbare Messungen von „ σ “ sollen in Zimmerwärme bei Laststeigerung von etwa 20 ^{at}/Minute vorgenommen und dann auf 15 ⁰/₁₀ Wassergehalt umgerechnet werden. Diese Umrechnung ist vorläufig recht zeitraubend.

Der Ersatz von σ'' durch r_0 bedarf also noch vieler Versuche, und deren Verwendbarkeit für Bauzwecke wird vorerst dadurch herabgemindert, daß die meisten ermittelten Werte nicht die allgemeine Druckfestigkeit, sondern nur deren Würfelfestigkeit (oder gar Plattenfestigkeit), und zwar nur für geradlinig gewachsenes astreines Holz angeben. Wir werden den nachteiligen Einfluß der heute so zahlreich vorkommenden Aeste später noch besonders besprechen und sehen, daß auch nach Ersatz von σ'' durch r_0 die Kenntnis des Kleingefüges des Holzes unentbehrlich für dessen Gütebeurteilung bleiben wird. Eine Reihe von weitverbreiteten Irrtümern oder falschen Verallgemeinerungen von Gütekennzeichen können hierdurch berichtigt werden, z. B. die falsche Ansicht, als wäre stets das engringige Holz besser als das weitringige, was nur für einige Tischler-, Drechsler- und Geigenbauerhölzer gilt, vgl. später. Die Scheu vor eingehender Darstellung des Kleingefüges des Holzes in den meisten Lehrbüchern der Baustoffkunde rührt wohl mit daher, daß die botanischen Lehrbücher (ähnlich den geologischen) mit einem solchen Wust von Fremdwörtern von nichtssagender, zum Teil sogar widersinniger Bedeutung belastet sind, daß hierdurch das Verständnis ganz unnütz erschwert und dem Ge-

¹⁷⁾ Eine gute Zusammenstellung der Meßzahlen von Büsgen über Härte, von Tetmajer über Festigkeit gibt J. Ahrens in Industriewarte 1911, 290, S. 263/4; sie finden sich teilweise auch bei Kraiss a. a. O.⁵⁾, S. 358. Dort wird unterschieden zwischen Querschnitt-, Mittelschnitt- und Längsschnitt-Härte; was die zwei letzteren zu bedeuten haben, ist nicht recht klar.

dächtnis zuviel zugemutet wird. Es sollen daher diese für Bautechniker völlig überflüssigen Fremdwörter durch deutsche Bezeichnungen, die zum Teil schon in einigen Schulbotanikbüchern zu finden sind, ersetzt und die üblichen botanischen Bezeichnungen nur in Klammern beigelegt werden.

II. Das Kleingefüge (die Anatomie), sowie die daraus folgenden Kennzeichen und Eigenschaften des Holzes.

Die Untersuchung des Kleingefüges ist zur richtigen Beurteilung des Holzes, zur Unterscheidung mancher Holzarten und zur Bestimmung etwaiger Pilzkrankheiten unentbehrlich, sollte daher im Unterricht mehr als bisher geübt werden. Der Zellenbau des Holzes ist zu fein, um ihn mit der Lupe in allen Fällen sicher untersuchen zu können, und wenn auch durch die Lupe schon sehr viel zu erkennen ist, was dem bloßen Auge verborgen bleibt¹⁸⁾, reicht sie doch für schwierigere Fälle nicht aus. Heutzutage gibt es aber so billige Mikroskope¹⁹⁾, daß deren Anschaffung nicht mehr gescheut zu werden braucht. Eine einstündige Anleitung genügt, um seit 1906 alljährlich den zweiten Jahreskurs der Bauingenieure in unserem Bauingenieur-Laboratorium mit der Herstellung der Dünnschnitte und der Prüfung des Kleingefüges verschiedener Holzarten bekannt zu machen, auch u. a. die Aufgabe zu lösen, ob ein vorgezeigtes Nadelholzstück einer Fichte oder einer Weiß-

¹⁸⁾ Nördlinger 1881 und Rob. Hartig (4. Auflage 1898) haben sich zwar bemüht, in ihren trefflichen Schriften über „Die anatomischen Unterscheidungsmerkmale der wichtigeren deutschen Hölzer“ die „Anfänger anzuleiten, mit einiger Sicherheit ein vorliegendes Holzstück zu bestimmen, ohne genötigt zu sein, das Mikroskop zur Hilfe zu nehmen“, und es ist jedem, der vor diese Aufgabe gestellt wird, die Anschaffung dieser kleinen und billigen Schriften zu empfehlen, besonders der von Hartig, die Abbildungen enthält. In schwierigen Fällen ist aber das Mikroskop unentbehrlich.

¹⁹⁾ Ich benutze hierbei die Schulmikroskope von Ernst Böttcher, Berlin. Das billigste zu 12 M. liefert 50–100fache, das nächste zu 14 M. 150-, 200- und 300fache Vergrößerung. Die Einstellung geschieht mittels Handschieber und erfordert freilich einige Übung. Ein bequemerer mit Getriebeeinstellung von P. Waechter, Berlin-Friedenau, kostet 35 M. und gibt 40-, 100- und 150fache Vergrößerung, noch besser sind die zu 85 M. und mehr.

tanne entstammt, was ohne Mikroskop unmöglich sicher zu entscheiden ist (vgl. S. 104). Dabei haben die meisten Hörer nie vorher mit einem Mikroskop gearbeitet, obgleich dies schon in den Mittelschulen geübt werden sollte. Man braucht dazu auch nicht das ganze „Besteck“ des Botanikers. Der Stechbeitel des Tischlers reicht für Herstellung der Dünnschnitte aus; die Glasplättchen und das Aufziehen der Dünnschnitte mittels Kanadabalsam erfordert ganz geringe Ausgaben. Die Hauptsache ist die Einübung, die jeder sich selbst erwerben muß, da im Laboratorium-Unterricht die Zeit nur zur ersten Anleitung ausreicht, solange der Besuch so zahlreich bleibt, daß nur bei Einteilung in viele Gruppen der einzelne genügend an die Reihe kommt.

Das Zeißsche Binokular ist bei eiligen Untersuchungen, bei denen auf Herstellung von Dünnschnitten verzichtet werden muß, ein vortreffliches Hilfsmittel, für den einzelnen zwar zu teuer, im Unterricht aber sehr bequem, auch geeignet zur Aufnahme vergrößerter Lichtbilder (aufs 4,2- bis 8fache); diese Vergrößerungen liefern ein anschauliches Lehrmittel, wie viele der folgenden Bilder zeigen werden.

Der Bau des Holzstammes zeigt sich in drei bzw. fünf Richtungen sehr verschieden, es sind daher zur völligen Darstellung drei bis fünf Dünnschnitte nötig. Um diese Richtungen zu unterscheiden, bedarf man kurzer Bezeichnungen, die zunächst aufgezählt werden sollen:

1. Hirnholz oder Hirnschnitt ist ein Querschnitt normal zur Stammachse. Dieser Schnitt ist der wichtigste und häufig zur Darstellung genügende.

2. Strahlschnitt (Radialschnitt) ist ein Längenschnitt durch die Stammachse zwischen zwei Markstrahlen.

3. Spiegelschnitt ist ein Längenschnitt durch die Achse und einen Haupt-Markstrahl.

4. Fladenschnitt²⁰⁾ ist ein schwach gekrümmter Längsschnitt annähernd in Richtung der Jahrringe.

²⁰⁾ In unseren Lehrbüchern wird häufig „Fladerschnitt“ geschrieben, was zu Verwechselungen Anlaß gibt, da Flader der alte Name für Ahorn ist (s. Grimms Wörterbuch). Der richtige Name Fladenschnitt rührt wohl daher, daß die Jahrringe hierbei gar nicht oder so schief durchschnitten werden, daß sie das Aussehen breiter Fladen haben (Bild 32c). Die leider sehr verbreitete Bezeichnung „Tangentialschnitt“ stimmt mit Fladen- oder Sehnen-schnitt überein, ist also überflüssig und nur irreführend.

5. Sehnenschnitt (Tangentialschnitt) ist ein ebener Längsschnitt, der die Jahrringe schräg schneidet, also außerhalb der Achse des Stammes liegt.

Das Kleingefüge der verschiedenen Hölzer ist verschieden bei den einzelnen Baumarten; doch lassen sich letztere in drei großen Gruppen unterbringen, deren jede einer der drei Unterklassen der alten botanischen Einteilung ²¹⁾ nach Samenlappen- und Keimformen der betreffenden Pflanzen angehört.

Man unterscheidet:

A. Palmen und Baumgräser, die zu den bedecktsamigen Spitzkeimern, d. h. einkeimblättrigen oder einsamenlappigen Pflanzen (Monokotyledonen) gehören; sie sind die ältesten Baumformen und treten schon im Silur auf.

B. Nadelhölzer, weniger zutreffend auch als Zapfenträger (Koniferen) bezeichnet, die zu den mehrkeimigen, aber nacktsamigen Pflanzen (Gymnospermen) gehören, nach Francé, Bd. 4, S. 64, schon im Devon (Kordaiten), häufiger aber erst in Trias, Jura und Kreide auftreten.

C. Laubhölzer, die zu den zweikeimblättrigen oder zweisamenlappigen Pflanzen (Dikotyledonen) gehören, den verwickeltsten Bau zeigen und erst seit der Kreidezeit vorkommen.

Weiteres über das früheste Auftreten der verschiedenen Holzarten bringt Gothan unter „Paläobotanik“ im Handwörterbuch ⁷⁾. Seit 1913 gibts eine Zeitschrift für Paläobotanik.

Wir beschreiben im folgenden nur die für den Bautechniker wichtigsten Holzarten, deren Kleingefügebilder z. T. den in Fußnote ²²⁾ bis ³⁰⁾ aufgezählten Werken entnommen sind (manchmal mit den unten angegebenen abgekürzten Bezeichnungen und mit Beifügung der Vergrößerung, die meist mit der Abkürzung $V = x:1$ oder noch einfacher in der Bruchform $x/1$ ausgedrückt wird).

²¹⁾ Neuerdings werden zwar andere Einteilungen angestrebt, besonders v. Wettstein und Tschulok (a. a. O. ⁷⁾ unter Botanik), deren Bedenken aber nur den Botaniker, nicht den Bautechniker berühren; für letzteren bleibt die alte Einteilung zutreffend.

A. Palmen und Baumgräser (Spitzkeimer)

bestehen aus unregelmäßig zwischen Grundgewebe zerstreuten Gefäßbündeln, d. h. Leitzellen mit dicht angereihten Stützzellen, die als dunklere Stellen im Bild 1 a erscheinen. Diese Hölzer besitzen weder Jahrringe noch Markstrahlen, also auch nicht das regelmäßige Dickenwachstum der zwei anderen Gruppen (vgl. später); vielmehr erfolgt das Dickenwachstum nach Haberlandt a. a. O.²⁴⁾ S. 621 ff. bei der überwiegenden Mehrzahl der Spitzkeimer zunächst lediglich in der Keimspitze, worauf nach ihrer Erstarkung bei Palmen und Baumgräsern ein fast ausschließliches Längenwachstum folgt, mit nachträglicher Einschiebung von Verdickungsbündeln in sehr verwickelter Weise, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

²²⁾ H. & W. = Hempel & Wilhelm: Bäume und Sträucher des Waldes. 3 Bände, 1889 bis 1900.

²³⁾ W. = Wiesner: Die Rohstoffe des Pflanzenreiches 2. Auflage. Bd. II vom Jahre 1901. Die Abschnitte über Holz sind auch in diesem Werke von Wilhelm²²⁾ verfaßt.

²⁴⁾ Haberlandt: Physiologische Pflanzenanatomie. 4. Auflage. 1909.

²⁵⁾ Alfons Leon: Baugesetze in Natur und Technik. Wien 1909; dort sind über Holz besonders Schwendeners mechanische Probleme der Botanik, Leipzig 1909, besprochen, die neuerdings z. T. angefochten werden.

²⁶⁾ Säurich: Das Leben der Pflanzen: I) im Walde, 2. Auflage. 1908.

²⁷⁾ Schmeil: Leitfaden der Botanik, 40. Auflage, Leipzig 1911, als Lehrbuch an unseren Mittelschulen weit verbreitet.

²⁸⁾ Francé: Das Leben der Pflanzen; 5 Bände, 1906 bis 1912. Dieses Werk enthält viele treffliche Abbildungen lebender Bäume, worauf mehrfach verwiesen wird.

²⁹⁾ Stone, Herbert: The Timbers of Commerce, London 1904, mit dreifach vergrößerten Abbildungen in- und ausländischer Nadel- und Laubhölzer. (Bambus und Palmen fehlen, sonst sehr beachtenswert.)

³⁰⁾ Heinrich Mayr: Fremdländische Wald- und Parkbäume für Europa. Berlin 1906.

Die Palmen haben daher einen Querschnitt, der im Rohen durch Bild 1 (nach Nördlinger) dargestellt ist; stark vergrößerte Einzelheiten zeigt der Querschnittstreifen Bild 1 a (nach Drude). Palmenholz findet wohl zu Möbeln und Drechslerwaren, als Bauholz aber nur dort Verwendung, wo keine anderen Bäume wachsen, also in den Oasen der großen Wüsten, während in den übrigen Teilen der Tropen und ihrer Angrenzungen zum Bau andere Holzarten

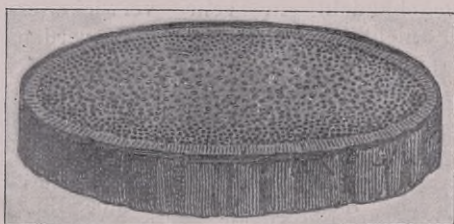


Bild 1.



Bild 1 a.

vorgezogen werden. Von den Spitzkeimern sind hier noch zu nennen:

Die Baumgräser, d. h. grasartige Hohlstängel von beträchtlichen Abmessungen mit meist verkieselten Außen- teilen und unter diesen als hervorragendstes:

das Bambusrohr (*bambusa*), das wegen seiner Schnellwüchsigkeit und Leichtigkeit bei verhältnismäßig hoher Festigkeit die Wunderpflanze südlicher Breiten (bis herauf nach Süd-Japan) genannt wird, das den Umwohnern Nahrung, Kleidung, Geschirr, Papier, Matten, Körbe, Stricke, Werkzeuge und Baustoffe, Baugerüste, auch Wasserleit- röhren und Steigröhren für Pumpen liefert; eine beträcht- liche Menge wird auch nach Europa ausgeführt und als Stöcke, Schirmstangen, Schwimmstangen, neuerdings auch zum Fahrrad-, Wagen- und Flugzeugbau sowie im Heere für tragbare Brücken verwendet. Die Vorteile des Bambus- rohres werden zwar bei uns noch zu wenig gewürdigt;

sie dürften aber bald allgemeiner erkannt und ausgenutzt werden, obgleich bis jetzt unsere bautechnischen Bücher fast gar nichts und von den forsttechnischen und botanischen Büchern m. W. nur Kurz, Schröter, Mayr³⁰⁾, Schmeil²⁷⁾, Spörry³¹⁾ und Francé²⁸⁾ einiges bringen. Kurz soll (nach Francé) ein Buch über die Anwendung der Bambuspflanze geschrieben haben, das mir nicht zugänglich ist, worin er 230 Arten aufzählt (an Stelle der „annähernd 30 Arten“, die unsere Weltwörterbücher [Konversationslexika] erwähnen). Der neueste „Meyer“ verweist auf das mir gleichfalls unbekannte Buch von Schröter: Der Bambus und seine Bedeutung als Nutzpflanze. Basel 1886. 1903 erschien in Zürich eine Beschreibung von Spörrys Sammlung japanischer Nutz- und Kunstgegenstände aus Bambus³¹⁾, das mir erst nach Abschluß dieses Aufsatzes bekannt wurde, von dem daher nur noch einige Fußnoten Platz finden konnten. Schröter hat eine botanische Einleitung dazu geschrieben und Spörry selbst einige seiner Wahrnehmungen in Japan vorausgeschickt, die z. T. die Angaben der anderen Quellen bestätigen, teils damit in Widerspruch stehen. Besonders über die Beziehungen zwischen Standort, Klima und Holzwert scheint noch viel zu erforschen zu sein.

Francé nennt den Bambus das wichtigste Industrie-gras und tritt sehr lebhaft für seine Anpflanzung auch bei uns ein. Er erzählt in Bd. 4, S. 129/131, daß manche Bambusarten der Tropen in der Regenzeit eine Höhe bis zu 40 m schon innerhalb 40—60 Tagen erreichen, ja, daß man in dem berühmten Garten von Kew bei London innerhalb 24 Stunden ein Höhenwachstum bis 91 cm beobachtet habe. Da diese Baumgräser ferner im Himalaya und in den Anden bis zur Schneegrenze emporklettern und dort noch wahre Urwälder bilden (wohl nur der Zwergbambus, vgl. unten), glaubt Francé, daß auch bei uns sich die Anpflanzung lohne. Er hält die Sache für so wichtig und bei den „fabelhaften festen Halmen“ für so verheißend, daß es ihm unbegreiflich erscheint, warum man sie in milden und feuchten Lagen, die vor trocknenden Ostwinden geschützt sind, nicht auch in Mitteleuropa anbaut.

³¹⁾ Spörry: Die Verwendung des Bambus in Japan. Zürich 1903.

Im Heidelberger Schloßgarten sollen etwa 15 japanische Bambusarten gut gedeihen.

Mayr, der selbst einige Jahre in Japans Forstwirtschaft tätig war, hält a. a. O.³⁰⁾, S. 432, nur zwei japanische Arten — *Mosobambus* und *Mabambus* — die Frost bis — 10° C vertragen, im mildesten Südeuropa für anpflanzfähig, tritt besonders für den *Mosobambus* warm ein, der in Japan bis zu 25^m Höhe und bis 32^{cm} Dicke erreicht. Frostsicherer ist allerdings der Zwergbambus, der aber ein Unkraut, vor dem man sich sehr hüten muß; er ist der Schrecken der japanischen Forstwirtschaft und taugt nur zum Verbrennen. Der *Bambus* gehört zu den Pflanzen, „welche sterben, wenn sie blühen“; er blüht aber höchstens alle 10 bis 32 Jahre, in der Zwischenzeit treibt er lediglich unfruchtbare Halme. Die Blüte erfolgt scheint's bei allen Stämmen eines Bambuswaldes gleichzeitig und darauf folgt rasches Absterben (der sogenannte gelbe Tod). Beim *Mosobambus* schätzt man in gemäßigtem Klima nur ein Blütenjahr auf 150 blütenlose³²⁾. Zum Segen Japans soll er, nach Mayr, dort bis heute noch nicht zur Blüte gekommen sein. Spörry berichtet S. 7 von einem kleinen Bambuswäldchen bei einem Tempel, „dessen Blüte die Leute aus weiter Umgebung herangelockt habe, um das Wunder anzustaunen“.

Der rohrstengelartige Wuchs des *Bambus* rührt wie bei allen Grasarten daher, daß die eigentliche Pflanze unter der Erde bleibt, so daß nur halmartige Seitentriebe ans Licht treten, die bei den dicken Arten wie Maulwurfhügel aus dem Boden herausbrechen als Knospen (die ein beliebtes Gemüse bilden) nach voller Ausbildung aber rasch in die Höhe schießen und an den Blätternarben durchgehende stark verkieselte Scheidewände, die sogenannten Knoten besitzen, die sehr zur Versteifung beitragen. Bild 2

³²⁾ Daraus ist aber nicht zu schließen, daß die Bambushalme selbst 150 Jahre alt werden, sondern nur, daß die meisten gar nicht zum Blühen kommen. Spörry sagt, daß der Holzwert 3jähriger Bambusse der höchste sei, daß sie also meist in diesem Alter gefällt werden, wobei für deren Dauer die richtige Fällzeit sehr wichtig sei. Ältere Rohre unterliegen dem Wurmfraß schon auf dem Stamme. Ob die auf magerem Felsboden wild wachsenden Arten widerstandsfähiger sind als die in Gärten gezogenen gutgedüngten Pflanzungen?

zeigt einen anschaulichen Ausschnitt aus einem solchen Halmknoten (aus Mayr a. a. O.³⁰), S. 430), Bild 2 a einen Querschnitt dicht über einem Knoten, so daß die ganze



Bild 2.

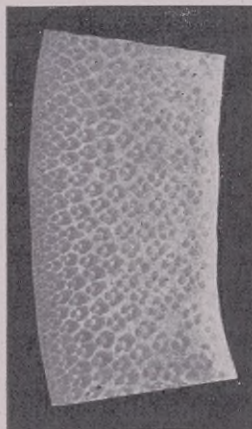


Bild 2 c.

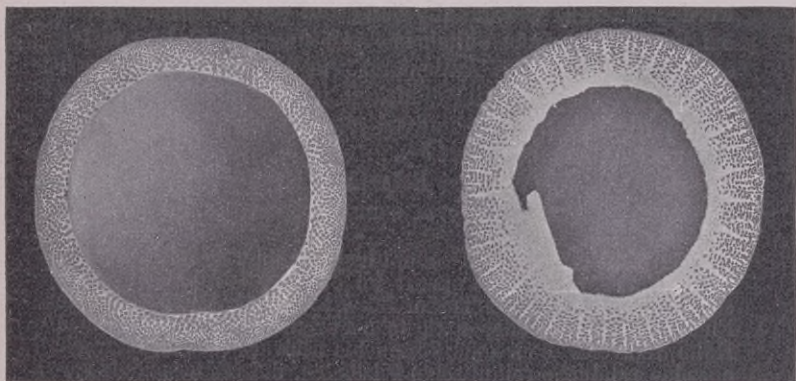


Bild 2 a.

Bild 2 b.

Scheidewand sichtbar ist, Bild 2 b einen Querschnitt durch den Knoten, wobei die Scheidewand teilweise durchschnitten ist. Die Halme sind so leicht spaltbar, daß manche schon bei unvorsichtigem Fällen auseinanderbersten

sollen. Ihre Außenseite ist sehr fest und hart, weil die Zellwände verkieselt sind und außen die verholzten Gefäßbündel sehr dicht beisammen stehen, so daß sie in Bild 2 c, das ein Querschnittstück von 2 a in 4,2 facher Vergrößerung darstellt, einen gelbbraunen (im Bild dunklen) fast geschlossenen Ring darstellen, der sich nach innen in einzelne getrennt stehende Gefäßbündel auflöst, deren Zwischenräume (wie bei den Palmen, Bild 1 a) durch das Grundgewebe (Mark) ausgefüllt sind. Der Querschnitt erhält hierdurch das panterfellartige Aussehen, Bild 2 c, aus dem sich ohne weiteres ergibt, daß die inneren Teile weniger fest sind als die äußeren, daß also die Biegefestigkeit sehr groß ist bei außerordentlich geringem Gewicht, was für Sparren, Pfosten, Masten usw. sich sehr eignet. Allerdings ist die Wetterfestigkeit nur dann sehr groß, wenn das Innere vor Nässe geschützt ist; frei in die Erde gestellt, soll das Innere rasch ausfaulen, auch soll sich Wurmfraß in dem nahrhaften Holzmark des Inneren leicht einstellen, weshalb Erdpfosten entweder 48 Stunden in Erdöl zulegen sind (indische Telegraphenstangen) oder mit einer dicht schließenden eisernen Spitze versehen werden müssen, wie das für Zelt- und Gartenschirmpfosten bei uns ja allgemein üblich ist. An feuchten Stellen nistet sich auf der harten Außenhaut ein Pilz ein, der durch diese Haut oft 2 mm tief eindringt und malerische Flecken bildet, die sehr beliebt und so gesucht sind, daß man sie sogar künstlich nachahmt ³³⁾).

Für starke lotrechte Belastung ist der Bambus zwar vermöge seiner Röhrenform sehr geeignet, leidet aber an

³³⁾ Ueber diese Bunt- oder Fleckenbambusse berichtet mit guten Farbentafeln Kawamura im Journal of the College of science der Universität Tokio, Bd. XXVII, 2, v. J. 1907/8. Die Flecken sind entweder natürliche Färbungen, die den gelben Halm teilweise oder ganz braun bis schwarz färben, oder nur einzelne rundliche (elliptische) Pilzfäden, die oft besonders gezüchtet werden und als Zierholz so gesucht sind, daß man gar nicht genug schaffen kann, sondern diese Flecken oft künstlich mittels Brandstift nachahmt, was natürlich der Festigkeit schadet. Sie kommen zu uns in den Handel als (falscher) Schildplattbambus (über den natürlichen Schildplattbambus s. Spörry, S. 5), er ist freilich eine Art Verkrüppelung des Wuchses); zu Pfeifenrohren u. dgl. ist dieser falsche Schildplattbambus beliebt.

dem Uebelstand, daß die inneren Holzteile geringere Druckfestigkeit besitzen als die äußeren, welche letztere daher den größeren Teil der Belastung aufnehmen müssen. Der Querschnitt wird daher bei völlig gleichmäßiger lotrechter Belastung nicht an jeder Stelle gleich stark beansprucht, da das Mark nachgibt. Die Querdehnung führt dann leicht zum Aufspalten und Ausknicken, weshalb eine Umschnürung angezeigt erscheint. Im besseren japanischen Hausbau findet man Bambus nur zu Dachsparren und leichten Vorbauten verwendet, da für Fachwände und Decken vortreffliche andere Holzarten zur Verfügung stehen.

Festigkeitsversuche mit Bambus liegen nicht viele vor. Baumann³⁴⁾ scheint die ersten Veröffentlichungen gemacht zu haben. Er fand für einzelne Rohrstreifen eine mittlere Zugfestigkeit $\sigma' = 1700 - 3000 \text{ at}$; für die äußeren härteren Streifen stieg σ' auf 3068 bis 3843 at, also bis zur Zugfestigkeit von Schweiß- und weichem Flußeisen, woraus sich's auch erklärt, daß in Japan viele Bambusmesser als leichtere Schneidewerkzeuge benutzt werden³⁵⁾, während die inneren Teile des Streifens ein $\sigma' = 1353$ bis 1947 at lieferten. Das Federmaß E (Elastizitätsmodul) betrug im Mittel $200\,000 \text{ at}$, also fast das Doppelte unserer meisten einheimischen Hölzer; bei dem inneren Streifen sank E_i auf $110\,000 \text{ at}$, während außen $E_a = 310\,000 \text{ at}$ betrug.

Die Biegefestigkeit σ_b schwankte zwischen 722 und 2760 at , und zwar zeigten dünne Rohre von 2—3 cm $\varnothing$ wesentlich höheres σ_b als dickere mit rund 8 cm $\varnothing$.

Schlagbiegeproben verursachten einen Arbeitsverbrauch von etwa $2,4 \text{ mkg/cm}^2$, gleichgültig ob der Schlag

³⁴⁾ Baumann: Versuche über Elastizität und Festigkeit von Bambus, Akazien-, Eschen- und Hickory-Holz. Vorläufige Mitteilung aus dem Baustoffprüfamt Stuttgart, Zeitschr. deutscher Ingenieure 1912, I., S. 229. Ausführliches soll in den Forscherarbeiten folgen; (ist mittlerweile in Heft 131 erschienen).

³⁵⁾ Nach Haberlandt a. a. O.²⁴⁾, S. 250, liegt die Elastizitätsgrenze mancher Holzfasern höher als bei Schweißeisen, wenn man als Querschnittsfläche nur die Zellwände rechnet (also die Hohlräume der Zellen abzieht). Dagegen folgt dicht hinterher die Fließ- und Bruchgrenze. Bei der Außenhaut des Bambus liegen die verkieselten Stützzellen so dicht beisammen, daß obige Festigkeitszahlen nicht überraschen dürfen.

auf einen Knoten traf oder auf die Mitte zwischen zwei Knoten; nur die Brucherscheinungen waren in beiden Fällen verschieden. Lag der Knoten in der Mitte des Biegestabs, so bewirkte ein Schlag auf den Knoten das Aufschlitzen des Rohres von den Enden nach dem Knoten zu, während beim Schlag auf die Mitte eines Rohrstücks ohne Knoten ein ziemlich glattes Durchbrechen der äußeren Fasern, d. h. Zerreißen auf der Zugseite erfolgte.

Anmerkung: Das Umschnüren der knotenlosen Enden hätte vermutlich die Biegefestigkeit verstärkt, wie aus der leichten Spaltbarkeit zu schließen ist. Leider fehlt mir gegenwärtig die Zeit zu Vergleichversuchen.

Die Druckfestigkeit σ'' schwankte bei kurzen Stäben zwischen 548 und 863 ^{at}. „Umwicklung der Rohre mit Draht zwischen den Knoten hat eine Erhöhung von σ'' nicht bewirkt.“ (?)

Baumann erklärt dies aus dem Umstand, daß die Zerstörung durch Aufspalten des Rohres in der Längsrichtung vor sich ging, sagt aber nicht, in welcher Weise er umwickelt hat. Da dieses Ergebnis nach obigen Schilderungen über die leichte Spaltbarkeit nicht zu erwarten war, da es ferner erwünscht ist, den Einfluß der Rohrdicke auch auf stärkere Rohre zu untersuchen und einen Vergleich mit den unten zu schildernden abgesperrten Furnierrohren herbeizuführen, sind folgende Versuche im Bauingenieur-Laboratorium gemacht worden:

Zunächst konnte ich in Hannover nur Bambusrohre von 4 ^m Länge mit etwa 5 ^{cm} $\varnothing$ am Stammende und 4 ^{cm} am Zopfende auftreiben; sie hatten auch starke Verjüngung in der Wandstärke. Es wurden daraus die in Bild 3 bis 6 dargestellten Probestücke hergestellt und zerdrückt.

Später bestellte ich bei O. Schlick in Berlin C 25 ein 18 ^{cm} starkes Rohr von 2 ^m Länge, das in Bild 7 dargestellt ist, aus dem aber für Druckversuche nur ein gerades Stück von 1,35 ^m Länge und 14,69 ^{cm} größtem, 12,91 ^{cm} kleinstem $\varnothing$ herauszuschneiden war. Meine Anfrage, ob denn bei Bambusrohr nicht wie bei Rundholz der mittlere Durchmesser als Bestellmaß gelte, wurde verneint; der Welthandel messe Bambusrohre nur nach dem unteren $\varnothing$, was bei künftigen Bestellungen zu berücksichtigen ist. Ferner schrieb Herr Schlick, daß dickere

Rohre sehr schwer zu beschaffen seien, da sie sowohl von japanischen als von europäischen Heeresverwaltungen zur Herstellung tragbarer Brücken aufgekauft werden (nach Spörry haben die Rohre sogar an der Warenbörse Japans einen Kurswert), sandte mir aber ohne Entgelt einige Proben von schwarzem Bambus, Bild 10, sowie von (falschem) sog. Schildplattbambus, Bild 11, ferner von vorderindischem weiblichen, Bild 15, und männlichen Bambus³⁶⁾ (letzterer ohne Höhlung, daher zäher, Bild 14, aber nur scheinbar schwerer), endlich Proben von verhältnismäßig dickwandigen sog. Tonkinrohren (Bild 12 und 13, in Wirklichkeit chinesischer Bambus), die an Berghängen gewachsen sein sollen und wesentlich fester sind als die aus feuchten Niederungen; er betonte, daß auch in Japan derselbe große Unterschied je nach dem Standort bestehe, endlich daß seinem Gefühl nach die aus Afrika und Amerika bezogenen Rohre lange nicht die Festigkeit der chinesischen und japanischen Bergbambusse erreichen, was aber wohl auch mit dem Standort wechseln dürfte. Die gesandten Proben gaben die aus Liste I ersichtlichen Zahlen über Abmessungen, Druckfestigkeit und Raumgewicht.

Diese Zahlen sind durch folgende Bemerkungen zu ergänzen:

Bild 3 a zeigt ein Rohrstück ohne Knoten, an dem sich zunächst bei einer Belastung $P = 4900 \text{ kg}$ unten zwischen $1\frac{1}{2}$ und $5\frac{1}{2} \text{ cm}$ Höhe ein Riß bildete, worauf der Druck der Presse auf 3300 kg zurückging. Bei nochmaligem Belasten wurden nur 4500 kg erreicht, wobei sich der Riß nach oben erweiterte und mehrere neue entstanden, ferner eine Stauchung am oberen Ende, kurz „Bartbildung“ genannt, die dem Rohre fast das Aussehen einer römisch-dorischen Säule gab und schließlich zum Ueberschieben über die runde Druckplatte führte, Bild 3 b.

³⁶⁾ Nach Spörry, S. 16, bezeichnet man in Japan als männliches Rohr ein solches, daß am untersten Knoten nur einen Zweig besitzt; zeigen sich zwei Zweige (Gabelung), so heißt er ein weiblicher Bambus (am gefällten Rohr ist dies nicht zu unterscheiden). In Vorderindien dagegen scheint als männlicher Bambus ein solcher ohne Höhlung bezeichnet zu werden. Die Knoten sind auch hierbei äußerlich als Narben (Blattansätze) zu erkennen, die Scheidewände zeigt Bild 14 c.

Bild 4 a zeigt ein Rohrstück mit einem Knoten in der Mitte, bei dem das erste Knistern nebst unterer Rissebildung unmittelbar vor Erreichen der Bruchlast $P = 4700 \text{ kg}$ eintrat; ein nachträgliches Weiterbelasten war nur bis 4200 kg möglich und führte zu starker Bartbildung am unteren Ende.

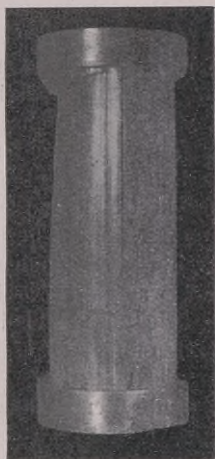


Bild 3 a.

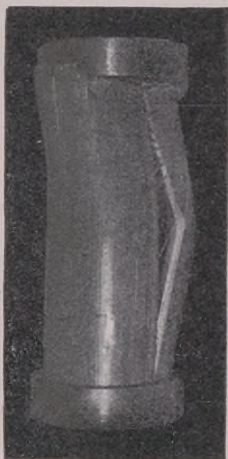


Bild 3 b.

Bild 4 b zeigt links oben einen Fleck, der eine Beschädigung der glatten Außenhaut darstellt, die wahrscheinlich schon beim Abschuppen der Narbenblätter entstanden ist, bei der wir daher die ersten Risse erwarteten. Diese Stelle blieb jedoch heil, der erste Riß entstand unten bei $P = 2800 \text{ kg}$, erweiterte sich, zuletzt unter starkem Knistern, bis zur Bruchlast $P = 4300 \text{ kg}$, wobei der Riß sich bis über den Knoten hinauf erstreckte, der Pressendruck dann aber rasch fiel.

Eine erneute Belastung gelang nur bis 3800 kg , dann Ausknicken wie Bild 4 c zeigt. Das Probestück hatte von Anfang an eine kleine Ausbiegung, welche die geringere Bruchlast ohne weiteres erklärt.

Demnach ist der Unterschied in der Bruchspannung zwischen kurzen Stücken mit oder ohne Knoten sehr gering,

wenn man von der ab und zu vorkommenden kleinen Ausbauchung an einzelnen Knoten absieht.

Die folgenden Bilder zeigen den Einfluß einer Drahtumschnürung an den Enden eines kurzen Bambusstückes ohne Knoten. Bild 5 a erhielt nur einmalige Umwindung mit einem Kupferdraht von 1^{mm} Stärke an beiden Enden, was keine Steigerung der Bruchlast gegenüber

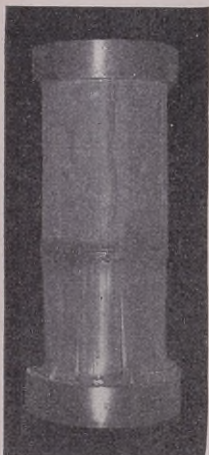


Bild 4 a.

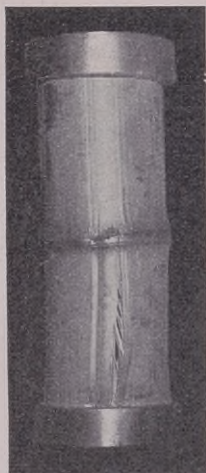


Bild 4 b.

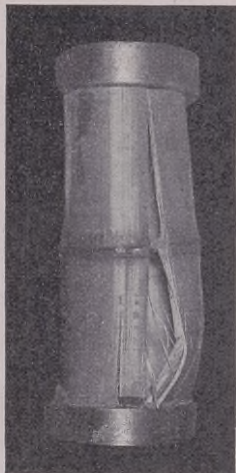


Bild 4 c.

Bild 3 a herbeiführte. Der erste Riß entstand über dem unteren Bindedraht, worauf sofort der Pressendruck fiel. Bei nochmaliger Steigerung der Belastung, die nur bis 4400^{kg} gelang, öffnete sich der Riß ganz, mehrere neue kamen hinzu, auch begann unten eine einseitige Bartbildung mit Hinaufschieben des Bindedrahts. Um letzteres künftig zu verhindern, wurden bei Bild 5 b und c aus verzinktem Kupferdraht mehrere Windungen angebracht, die dicht an den Enden begannen, dann mittels LötKolben fest miteinander verbunden wurden, ehe sie unter die Presse kamen.

Bild 5 b ohne Knoten ergab jedoch keine Steigerung der Bruchspannung ($\sigma'' = 737$ gegen vorher 752^{at}),

vielmehr entstand jetzt bei weiterer Belastung eine Stauchung dicht unter dem Löttring und schließlich ein Ausknicken an der Rißstelle.

Bild 5 c mit Knoten ergab sogar eine Abnahme der Bruchspannung und eine Stauchung über dem unteren Ring, gleichzeitig mit der dortigen schwachen Rißbildung. Die Vermutung, es könnte durch Unvorsichtigkeit beim Lötten dort eine Beschädigung der Außenhaut des Bambus erfolgt sein, veranlaßte uns zum Abnehmen des Löttrings vor der Lichtbildaufnahme, hat sich aber, wie man sieht,

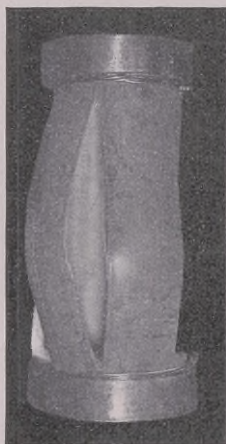


Bild 5 a.

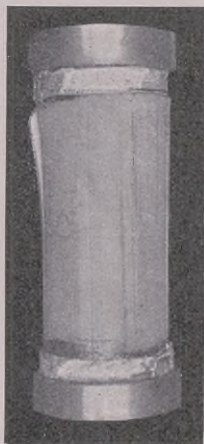


Bild 5 b.

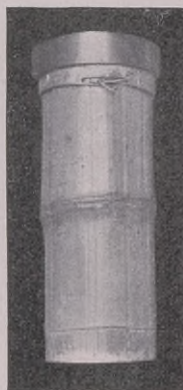


Bild 5 c.

nicht bestätigt. Vielmehr scheint nach diesen Ergebnissen die Reibung der Hirnflächen an den Druckplatten zu genügen, eine Umschnürung der Enden im allgemeinen also überflüssig zu sein, mit Ausnahme des Falls Bild 6 b (vgl. unten) sowie bei den Schlagproben auf die Knoten, die Seite 41/2 erwähnt sind.

Bei längeren Stützen ist aber jedenfalls eine Umschnürung der Enden ratsam, denn im Bau fehlt ja in d. R. die Plattenreibung unserer Laboratoriumversuche oder ein gleichwertiger Ersatz dieser Reibung durch die Art der Bauausführung, wie in „Armierter Beton“ 1912, S. 338, betont ist.

Bild 6 a bis 7 a zeigen Knickversuche mit Bambusstützen zwischen zwei Kugelgelenkplatten, so daß die freie Knicklänge $l = \text{Höhe } h$ gesetzt wurde³⁷⁾ und das Verhältnis h/d bei Bild 6 a, 6 b und 6 d etwa $= 18$, bei 6 c $= 12,7$ und bei 7 a $= 9,82$ war.

Bild 6 a riß nach der ganzen Länge auf, bis zu den beiden Endringen, die dort ebenso wie bei Bild 5 a und 5 b angelegt waren.



Bild 6 a.

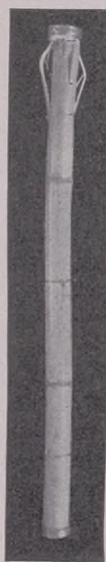


Bild 6 b.



Bild 6 c.



Bild 6 d.

Bild 6 b war am oberen Ende beträchtlich schwächer als am unteren, zeigte dort auch schon beim Absägen

³⁷⁾ Die geringen Durchmesser der Stützen und die Reibung der Platten in den Kugelgelenken verhinderten übrigens meist das Mitdrehen der letzteren, so daß die meisten Versuche zu einem Klaffen zwischen Druckplatte und Rohrende führten und die Bruchlast exzentrisch in der Richtung des Ausknickens wirkte, was bei Bild 12 c, 13 b und 14 b deutlich zu ersehen ist.

einen Riß, weshalb oben ein gleicher Ring wie bei 5 a umgelegt wurde, unten jedoch nicht. Außerdem sind aber in jeder Feldmitte zwischen je zwei Knoten einfache Kupferdrähte von 1^{mm} Stärke umgebunden worden. Wie Liste I ausweist, erzielte man hierdurch die gleiche Bruchlast wie bei dem stärkeren Rohr Bild 6 a, die Bruchspannung war sogar beträchtlich größer als dort (628 gegen 520^{at}) und die Knickung beschränkte sich trotz der schon vor dem Versuch nicht genügend gerade verlaufenden Achse des Rohrs auf das oberste Feld, das wesentlich schwächer als die unteren war. Hätte man dort mehr Ringe umgelegt, so wäre die Bruchfestigkeit vermutlich größer geworden, was durch die zwei folgenden Versuche erhärtet wird.

Bild 6 c ist ein Reststück, das beim Versuch 6 b heil geblieben, aber schon damals mit rund 628^{at} belastet war, wobei die Scheidewand des Knotens einen schmalen inneren Riß erhielt und daher für den neuen Versuch mit zwei Kupferdrähten dicht ober- und unterhalb des Knotens umwickelt wurde; ferner wurde je ein Kupferdraht an den Enden und drei zwischen den Knoten möglichst gleichmäßig verteilt angebracht. Erstes Knistern bei 2500^{kg}, oben ein Riß mit lautem Aufknacken bei 2900^{kg}; bei Bruchlast $P = 3500$ ^{kg} Einknicken des oberen Feldes. Zerstörung also bei $\sigma'' = 674$ ^{at}.

Bild 6 d ist gleichfalls mit Kupferdrahttringen, und zwar fünf Stück, ausgesteift, von denen einer oben liegt, die vier anderen ziemlich gleichmäßig zwischen den drei Knoten, deren letzter am unteren Ende liegt, verteilt sind; der Bruch erfolgte bei $\sigma'' = 667$ ^{at}, und zwar fast genau in der Mitte (zwischen dem nächstliegenden Kupferring und Knoten). Dort entstand starkes seitliches Ausknicken normal zur Ebene des Bildes 6 d, auf dem daher dieses Ausknicken nicht zu sehen ist, wohl aber das seitliche Aufplatzen der hinteren und das Einknicken der vorderen Fasern, ebenso die günstige Wirkung der Kupferringe, durch die bei 6 c und 6 d eine Bruchspannung σ'' von rund 670^{at} erreicht wurde (gegen 540^{at} bei Bild 6 a ohne Umschnürung).

Dicht vor Abschluß dieses Abschnitts erhielt ich das bestellte stärkere japanische Bambusrohr (Bild 7) von

dem aber nach S. 114 nur $\frac{2}{3}$ zu dem Stützenversuch gebraucht werden konnten. Bild 7 a zeigt diesen Versuch, bei dem nur $h/d = 9,82$ zu erzielen war, was für Knickversuche eigentlich zu wenig ist (bei Bild 6 a, 6 b und 6 d war h/d rund = 18). Da die Knoten sehr ungleiche



Bild 7.

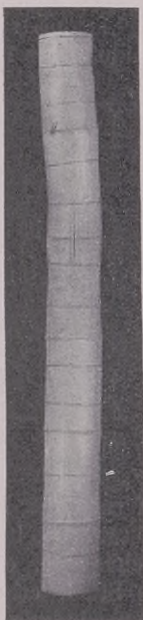


Bild 7 a.



Bild 7 b.

Abstände hatten und außerdem im dritten Feld von unten ein Riß schon bei der Ankunft vorhanden war, wurden dort und in den oberen schlankeren Feldern je zwei, in den unteren nur je ein Kupferring umgelegt. Außerdem je ein Kupferring an beiden Enden. Die Bruchspannung $\sigma' = \frac{P}{F}$ betrug 487^{at} , gegen nur 466 bzw. 428^{at} bei

den zwei kurzen Probestücken Bild 8 a und 8 b, die aus dem gekrümmten Teil noch herausgesägt werden konnten. Man sieht daraus, wie nützlich das Umwinden mit Kupferdraht ist. Bild 7 a zeigt die Ausknickung kurz nach Erreichung der Größtlast $P = 24,47 \text{ t}$, mit raschem Sinken des Pressendruckes. Beim weiteren Belasten erreichte die Presse nur noch 12 t , wobei die Kupferdrahtringe mit Krach platzten und der Bambus nach Bild 7 b ausgebaucht wurde. Das Aufschlitzen trat aber nicht beim ursprünglichen Risse ein; letzterer schloß sich vielmehr während des Versuchs. (Liste I und Bild 8 a bis 15 s. auf Taf. I und II.)

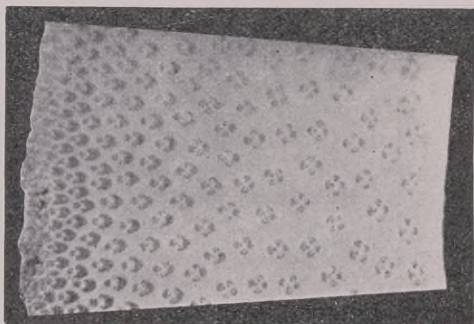


Bild 7 c.

Bemerkenswert ist ferner die Einschnürung, die in der Mitte des kurzen drahtumwickelten Stückes (Bild 8 a), und die einseitige Ausbauchung der oberen Hälfte, die bei Bild 8 b eintrat; letzteres Stück erhielt in der Mitte des oberen Feldes eine Drahtumwindung, weil sich schon bei der Anlieferung dort ein Riß gezeigt hatte. Während des Versuchs sank diese Drahtumwindung herab. Die Scheidewände an den Knoten sind bei solch dicken Rohren sehr kräftig und vermehren das Raumgewicht entsprechend. Die Gefäßbündel stehen (nach Bild 7 c, V. 4,2:1) in äußerem Umfang nicht so dicht beisammen wie bei den dünneren Rohren (Bild 2 c), so daß vermutlich ihre Zugfestigkeit verhältnismäßig ebenso viel geringer sein dürfte als ihre Druckfestigkeit. Die Vermutung von Baumann, daß dickere Rohre weniger fest seien als dünne, scheint sich

also an diesen Beispielen zu bestätigen; wie weit jedoch Standort und Bodenverhältnisse bei unseren Probestücken mitgewirkt haben, entzieht sich unserer Kenntnis zu sehr, um Baumanns Vermutung als gültige Regel aussprechen zu können. Die nachträglich erhaltenen schwarzen Bambusrohre aus Japan sind noch wesentlich fester, ebenso die an den Berghängen gewachsenen chinesischen, wie Liste I und die Bilder 10—15 zeigen. Der weibliche vorderindische Bambus (Bild 15) ergab das höchste $\sigma'' = 979^{\text{at}}$, ebenso das größte Raumgewicht $r_t = 1,07$, was aber mit der starken Knotenausbildung, die in der Berechnung von r_t vernachlässigt worden ist, zusammenhängt. Ein nachträglich gewogenes kürzeres Rohrstück ohne Knoten ergab nur $r_t = 0,875$ und $g = 0,163 \text{ kg/m}$. Längsschnitt 14c durch den männlichen Bambus zeigt, daß auch hier die Scheidewand der Knoten zwischen den durchgehenden Gefäßbündeln sich einschiebt.

Man sieht aus vorstehendem, wie beträchtlich die Druckfestigkeit guter Bambusrohre ist, ebenso ihre Knickfestigkeit trotz der nicht immer geradlinig verlaufenden Rohrachse und trotzdem das Bambusrohr in der Natur nur geringen Druckbelastungen ausgesetzt ist, daher sein Wachstum es mehr zur Aufnahme hoher Zug- und Biegespannungen geeignet machte. Wegen der ungleichmäßigen Verteilung seiner Gefäßbündel über den Querschnitt ist übrigens die in unserer Liste I angewandte Formel

$\sigma'' = \frac{P_{\text{max}}}{F}$ nicht zutreffend, sondern im Außenmantel wahrscheinlich σ'' noch beträchtlich größer. Immerhin kann Bambus für sehr stark belastete Bauteile nicht in Betracht kommen, sondern nur dort, wo mäßige Belastung, aber große Steifigkeit und zugleich Leichtigkeit Vorbedingungen der Anwendung sind.

Anlaß zu obigen Druck- und Knickversuchen gab das Ersuchen eines hiesigen Erfinders, der ein Patent nehmen wollte auf „abgesperrte Furnierrohre“, die als Ersatz des Bambus für Flugzeugbau u. dgl. dienen sollten. Da hierbei hauptsächlich nur Druckspannungen in Betracht kommen, lieferte der Erfinder u. a. ein abgesperrtes Rohr von $8^{\text{cm}} \varnothing$ und $1,45^{\text{m}}$ Höhe ein, das aus 8 Erlenholz furnieren derart

zusammengeleimt war, daß je zwei Nachbarnurniere entgegengesetztes Schraubengewinde zeigten, also wie der Tischler sagt „abgesperrt“ waren. Als Leim diente Käsequark und Dextrin, deren richtige Mischung der Feuchtigkeit gut widerstehen soll.

Bild 9 a zeigt diese Furnierstütze in unserer Presse. Das Knistern begann viel früher als bei Bambus und führte schließlich zum Aufplatzen bei $P_{\max} = 5300 \text{ kg}$, also $\sigma'' = 293 \text{ at}$, für $h/d = 17,7$, während Bild 6 a $h/d = 17,8$ zeigt; die Vergleichszahlen mit Bambusstützen sind:

$\sigma'' = 540 \text{ at}$ bei der ebenso schlanken Bambusstütze Bild 6 a (nicht umschnürt),

$\sigma'' = 628 \text{ at}$ bei der noch schlankeren Bambusstütze Bild 6 b (nicht umschnürt),

$\sigma'' = 674 \text{ at}$ bei dem Reststück 6 c (umschnürt),

$\sigma'' = 667 \text{ at}$ bei der Bambusstütze Bild 6 d (umschnürt),

$\sigma'' = 487 \text{ at}$ bei der dicken Bambusstütze Bild 7 a (umschnürt).

Um auch noch einen Vergleich mit den kurzen Bambusproben Bild 3 bis 5 zu ermöglichen, wurde vom heilen Ende des Bildes 9 a das in Bild 9 b dargestellte Stück abgetrennt und belastet; es ergab eine Bruchspannung $\sigma'' = 446 \text{ at}$ gegen rund 740 at der ebenso schlanken Bambusstützen Bild 3 bis 5, deren Raumgewicht zwar größer ist, deren Gewicht aufs laufende Meter aber nur 40% vom Furnierrohr beträgt, während deren Bruchspannung die des Furnierrohrs um 66% übertraf. So lange die Kosten von Bambus nicht höhere werden als die von jenen Furnierrohren, dürfte Bambus vorzuziehen sein, dessen Festigkeit und Wetterbeständigkeit beträchtlich höher ist, wofern das Innere vor Wurmfraß geschützt wird³²⁾.

Als Glührückstände von kurzen Bambusstücken ergab sich beim männlichen Vollholzbambus 2% weiße Kieselmasse, beim japanischen Bambus mit und ohne Knoten je 1,8% farbige und geschmolzene Masse, also vermutlich Kieselsäure mit etwas beigemischten Metalloxyden.

Um Bambus biegen zu können, muß man ihn vorher in Alkohol aufweichen; dann geht das Biegen von Hand leicht und kann ziemlich weit getrieben werden; nur an den Knoten vermeide man schärfere Biegungen. („Automobilwelt“, 7. Febr. 1913, S. 4.)

Gemeinsame Eigenschaften der Nadel- und Laubhölzer.

257,20

Während bei Bambus und anderen Baumgräsern die sogenannte Rinde fehlt, also nur Mark und Gefäßbündel vorhanden sind, versteht man bei den folgenden Baumarten unter „Holz“ den von Bast und Rinde befreiten Teil der Stämme, Aeste und Wurzeln baum- und strauchartiger Gewächse, deren Grundgewebe auf eine meist sehr dünne Markröhre zusammengeschrumpft ist, die aber ein regelmäßiges Dickenwachstum in sogenannten Jahrringen zeigen und sich durch beides auch von den übrigen Spitzkeimern unterscheiden. Auch sie bauen sich aus zahllosen kleinen Zellen auf, die man zum richtigen Verständnis des Holzes zuerst kennen lernen muß.

Die Zellenarten und ihre Aufgaben.

Die Zellen des Holzes gliedern sich in drei Gruppen, deren jede ihre besondere Aufgabe zu erfüllen hat; es kommt allerdings vor, daß eine Gruppe ganz fehlt und durch besonders geformte Ausbildung eines Teiles einer anderen Gruppe ersetzt wird; letzterer scheidet dann aber meist für seine ursprüngliche Aufgabe ganz oder teilweise aus (z. B. die breitfaserigen Leitzellen der Nadelhölzer als Ersatz der Stützzellen). Aber auch dann ist die Ordnung des Zellstaates eine streng geregelte, die sich in die drei Hauptaufgaben: 1. der Wasserleitung, 2. der Stützung und Aussteifung des Stammes, 3. der Ernährung des ganzen Baumes gliedert.

Der Querschnitt der meisten Zellen ist so klein, daß sie mit bloßem Auge gar nicht zu erkennen sind; auch mit der Lupe lassen nur wenige sich deutlich unterscheiden. Eine Ausnahme bilden manche Gefäße mit 0,1 bis 0,5^{mm} Weite. Die Länge der Zellen ist manchmal so groß, daß sie wenigstens als Rille oder Ritze im

Längenschnitt mit bloßem Auge wahrnehmbar sind. Abmessungen unter $0,1\text{ mm}$ sind deutlich nur noch mit der Lupe zu sehen, solche unter $0,02\text{ mm}$ nur noch mit Mikroskop. Die Hauptabmessungen der Zellen s. Seite 64. Zuerst müssen sie aber beschrieben werden.

Jede Zelle ist äußerlich umgrenzt durch die Zelloberhaut, die oft aus mehreren Schichten besteht. In ihrem Innern enthalten die Zellen entweder nur Luft oder Luft und Wasser oder nur Zellsaft oder alle drei.

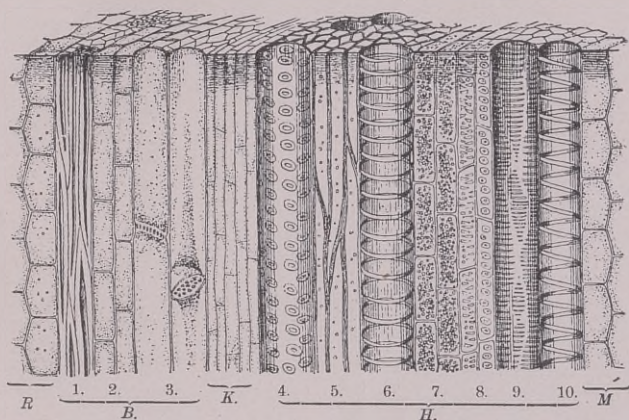
„Der Zellsaft ist (nach Haberlandt a. a. O.²⁴), S. 33) im allgemeinen eine wässrige klare Flüssigkeit von saurer Gegenwirkung (Reaktion), in der verschiedene anorganische, besonders aber organische Stoffe gelöst sind. Von der Art dieser Stoffe hängt es ab, welche Bedeutung dem Zellsaft für das Leben der Pflanze zukommt.“

1. Leitzellen und Gefäße³⁸), auch Wasserzellen genannt, dienen als Leitbahnen für das aus den Wurzeln nach den Zweigen und Blättern aufsteigende Wasser und der in ihm gelösten anorganischen Nährsalze, Farbstoffe, sowie des so wichtigen Stickstoffes, den die Pflanzen nicht unmittelbar aus der Luft, sondern nur aus dem Boden aufnehmen können. Im Safttrieb leiten sie auch den Inhalt der Nährzellen nach den Knospen.

Die Leitzellen (Tracheiden³⁸)) sind demnach Gruppen von Zellen, deren Längserstreckung in der Richtung der Stämme, Äste und Zweige liegt. Wagrechte Richtungen zeigen nur die Markstrahlen des Stammes, sowie die Leitzellen der Äste mancher Nadelhölzer; ihre Anzahl ist aber verschwindend klein gegenüber den lotrecht gerichteten im Verband aneinander gereihten Hauptleitzellen der Baum-

³⁸) Die Gefäße werden noch häufig als Tracheen bezeichnet, einem Worte, abgeleitet aus *trachys* = *rauh, uneben*, daher *tracheia* = *die Luftröhre wegen der knorpelartigen Ansätze der tierischen Luftröhre, denen ähnliche sich als Verdickungsstreifen auch in den Gefäßen finden, so daß man früher die Pflanzengefäße für Atmungswerkzeuge hielt, was irrig ist*. Heute ist daher auch in unseren Botanikbüchern die Bezeichnung Tracheen mehr und mehr zugunsten der Bezeichnung Gefäße verschwunden. Um so sinnwidriger ist die noch allgemein übliche Beibehaltung des Namens Tracheiden (d. h. kleine Tracheen) für die Leitzellen, aus denen die Gefäße der Laubhölzer sich bilden.

stämme; ihre Verbindung untereinander erfolgt durch die in den Seitenwänden der Leitzellen liegenden einfachen und gehöften Tüpfel, die genau aufeinander passen und mit Schließhäuten (Membranen) versehen sind, betreffs deren auf Wiesner a. a. O.²³), Bd. II, S. 8 verwiesen sei. Die Enden dieser Zellen sind mehr oder weniger abgeschrägt, so daß sie in gutem Verband übereinandergreifen und bei den Nadelhölzern auch die Stützzellen zu ersetzen vermögen (vgl. später).

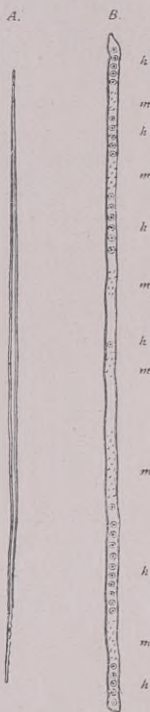


R = Rindenzellen; B = Bastteil: 1. Bastfasern, 2. Leitzellen, 3. Siebröhren; K = Verdickungsschicht (Kambiumring); H = Holzteil: 4. Tüpfelgefäß, 5. Stützzellen (Holzfasern), 6. Ringgefäß, 7. Nährzellen mit Stärkekörnern, 8. Leitzellen, 9. Netzgefäß, 10. Schraubengefäß; M = Markröhre (nach Schmeil 27)).

Bild 16. Uebersichtlicher Strahlschnitt durch Gefäße von Laubbäumen.

Für den Wasserbedarf der Nadelhölzer sind diese, ihren Hauptbestandteil bildenden Leitzellen ausreichend, für Laubhölzer mit ihrer starken Verdunstung durch die Blätter aber nicht; deshalb ist bei letzteren die Anzahl der Leitzellen eingeschränkt bzw. ein Teil derselben ist ersetzt durch Gefäße (Tracheen³⁸), die durch Aneinanderwachsen (Zellfusion) mit Auflösung oder Durchbrechung der oberen und unteren Enden der weitesten unter den Leitzellen entstanden sind und mehr oder weniger lange, den Aufstieg des Wassers sehr erleichternde Röhren bilden (von einigen mm bis zu 3 ja 5^m Länge), deren Wände aber einer Aussteifung bedürfen,

entweder durch Querwände (Bild 19) oder gleichmäßige Verdickung oder streifen-, ring- oder schraubenförmig verlaufende, bzw. bandartige Leistenverstärkungen, wie sie in Bild 16 schematisch an verschieden geformten Gefäßen veranschaulicht sind. Die Enden der Gefäße

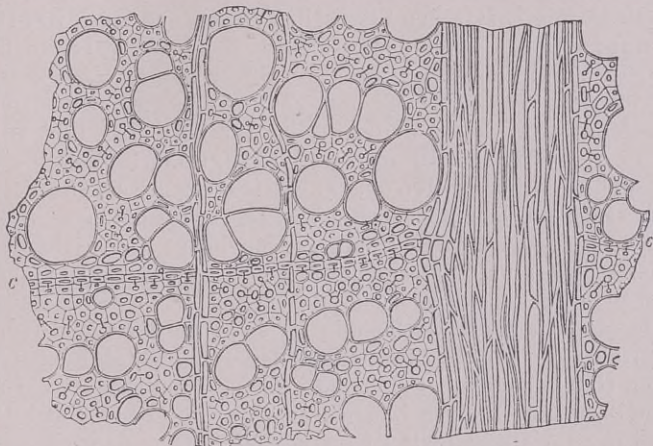


A = Stützzelle einer Eiche V. 32/1; B = Leitzelle einer Fichte mit runden Hoftüpfeln bei h und kleiner schiefer Tüpfelspalte bei m nach H. & W., I, S. 14, V. 20/1.

Bild 17.

sind entweder gitterförmig durchbrochen, wie *b* in Bild 19, oder wie *a* derart offen, daß die oberen und unteren Wände zu einem weiten Ring eingeschrumpft sind. Manche sind zum Teil lochartig, zum Teil leiterförmig durchbrochen, wie das weitlichtige (weitlumige⁴²) Gefäßglied *a* in Bild 19; die Franzosen nennen diese Gefäße „vaisseaux“. Die treibenden Kräfte für das Aufsteigen des Wassers in den

Leitzellen und besonders in den weiten Gefäßen bis zur Spitze hoher Bäume sind noch nicht genügend erklärt. Die Haarröhrchenkraft (Kapillarität) reicht dafür nicht aus. Auch der Druck der in jeder Zelle eingeschlossenen und beim Wasseraufstieg zusammengepreßten Luftteilchen soll nicht ausreichen. Wie weit der osmotische Druck mitwirkt, ist noch Streitfrage.



aa = schmale Markstrahlen; *b* = breiter Markstrahl; *cc* = Jahrringgrenze; die dickwandigen, eckigen und englichtigen Zellen sind Stützellen; die ebenso großen, oberweitlichtigen Zellen sind Nähr- oder Leitzellen. Unterhalb *cc* Spätholz des älteren, oberhalb *cc* Frühholz des nächsten Jahrringes.

Bild 18. Querschnitt durch Rotbuchenholz. V. 100/1, nach R. Hartig.

Füllzellen (Thyllen) nennt man solche Gefäße, welche ganz oder teilweise durch dünnwandige Ausstülpungen benachbarter Nährzellen in die Hohlräume der Gefäße verstopft sind. Solche Verstopfungen kommen auch bei einheimischen Kern- und Reifholzbäumen (s. S. 66) vor, besonders häufig aber in den Tropen, wo darin Nährstoffe und anorganische Ausfüllungen, wie kristalliner kohlensaurer Kalk und amorphe Kieselsäure abgelagert sind. Letztere tragen zur Dauer und Steifigkeit der Hölzer bei, erstere nur zur Anhäufung von Vorräten für die trockene Jahreszeit; in gefällten Stämmen wird durch die organischen Nährstoffe aber Wurmfraß und Fäulnis

begünstigt, sie müssen daher tunlichst entfernt werden (s. Fällzeit und Nachbehandlung).

Die eigentlichen Leitzellen sind dünnwandig und weitlichtig (weilumige sogenannte Leitungstracheiden). Bei Nadelhölzern ist dies besonders im Frühholz nötig, sie heißen dort auch Rundfasern; nachdem aber der Bedarf für die Wasserleitung gedeckt ist, werden sie bei weisem Forstbetrieb immer dickwandiger, flacher und enger, so daß sie als Ersatz der Stützzellen dienen und dann Breitfasern (Fasertracheiden) heißen. Bei Laubhölzern ist diese Verdickung zu Breitfasern nicht nötig; wegen des größeren Wasserbedarfs im Frühjahr sind aber deren Gefäße im Frühholz weiter als im Spätholz (vgl. Bild 18).

2. Stützzellen oder Holzfasern (auch Festigungsgewebe, Libriformfasern oder Sklerenchymzellen³⁹⁾ genannt), sind schmale, aber dickwandige langgestreckte und zugespitzte Zellen mit engem leeren Hohlraum. Sie dienen zur Aussteifung des Baumes; ihre Enden stehen daher in gutem Verband untereinander, um den Stamm zug-, druck- und biegefest zu machen. Sie sind ziemlich gleichmäßig im Jahrring der Laubbäume verteilt. Bei den Spitzkeimern finden sie sich nur als Begleiter der Gefäßbündel, bei Nadelhölzern gar nicht (Ersatz durch die Breitfasern). Ihre Längsform zeigt Bild 17 bei *A* und 19 bei *d*. Ihr Querschnitt ist meist vieleckig, so daß sie sich tunlichst dicht aneinanderschmiegen (s. Bild 18).

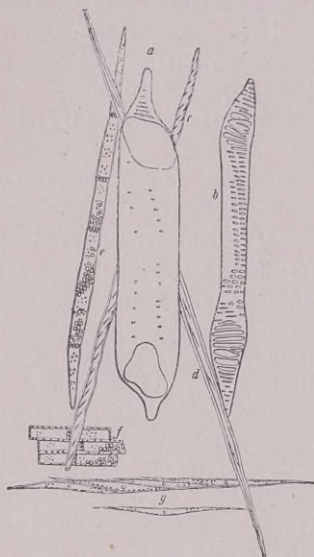
Prosenchymzellen⁴⁰⁾, d. h. ineinandergeschobene Zellen ist ein zusammenfassender Name für alle lang-

³⁹⁾ Libriformzellen von liber (lat. u. französ.) = Bast, weil sie im Bast in ähnlicher Form als Bastfasern vorkommen. Sklerenchym von skleros (griech.) trocken, hart, en = in (oder ein) und chy = gieße, schütte, also das hart und trocken Eingegossene oder Eingeschüttete (Gewebe), eine sehr gequälte Bezeichnung, die durch „Stützzellen“ viel klarer und kürzer ausgedrückt wird.

⁴⁰⁾ Parenchym von para = neben und enchym wie bei ³⁹⁾; dies Wort bezeichnet also im Gegensatz zu Prosenchym (von pros = hinzu) das nebeneinander Gegossene oder Geschüttete, Gelagerte, eine gleichfalls gequälte und ungenügende Bezeichnung, welche dazu nötigt, noch zwischen Strahlenparenchym in den Markstrahlen und Strangparenchym zwischen den Holzfasern, also Nährzellen, zu unterscheiden. Da letztere häufig einzeln, nicht in Reihen auftreten, so enthält in diesem Fall der Name einen Widerspruch in sich selbst. „Doch eben wo Begriffe fehlen, da stellt ein Wort zu rechter Zeit sich ein.“

gestreckten Zellfasern, also Leit-, Stütz- und Bastzellen. Die Bezeichnung ist unvollständig und überflüssig, da Zellfasern das gleiche kürzer und deutlicher ausdrückt und auch die Nährfasern umfaßt.

3. Nährzellen (Parenchymzellen)⁴⁰⁾ oder Speicherzellen enthalten die Stoffe zur Ernährung der übrigen Zellen, zur Regelung des Stoffwechsels und zur Auf-



a = weitlichtiges⁴²⁾ Gefäß mit völlig aufgelösten Querwänden; *b* = kleines Gefäß mit treppenförmig durchbrochenen Querwänden; *c* = Leitzelle, deren Hoftüpfel durch die Trennung (Maceration) unkenntlich geworden sind; *d* = Stützzelle; *e* = Strangnährzellen, deren Einzelzellen Stärkekörnchen enthalten; *f* = kurze Nährzellen (Mauerzellen) der schmalen Markstrahlen *aa*, Bild 18; *g* = lange Nährzellen aus der Mitte des breiten Markstrahls *b* von Bild 18.

Bild 19. Getrennte Darstellung einzelner Zellen der Rotbuche nach R. Hartig. V. 66/1.

speicherung der Nährstoffe während der Winterruhe. Im Kernholz s. S. 66 ist der Inhalt dieser Zellen abgestorben oder zur Bildung von Kernstoffen (Gummi, Harze, Gerbstoffe) verwendet; die Wände der Nährzellen sind im Gegensatz zu den Gefäßen und Leitzellen stets einfach getüpfelt. Je nach ihrer Form und Lage unterscheidet man kurze, im Längsschnitt meist rechteckige, wie im

Mauerverband nebeneinanderliegende Nährzellen, die in den schmalen Markstrahlen liegen, daher auch Mauerzellen genannt (Strahlenparenchym⁴⁰) (Bild 19 bei f) und den langgestreckten Nährzellfasern, die in manchen breiten Markstrahlen (Bild 18 bei b und 19 bei g) vorkommen; seltener treten sie als lotrecht stehende Nährzellenfasern oder Strangnährzellen (Strangparenchym) auf, sei es in der Nähe der Gefäße und Gefäßgruppen mit den Leitzellen vereint, sei es in Gruppen, die unregelmäßig im Umfang einzelner Jahrringe verlaufen und dann in dem sonst dunkeln Kernholz z. B. der Eiche als feine helle Linien erscheinen. Der Hauptteil der Nährzellen liegt aber in den Markstrahlen.

Das Uebereinandergreifen der verschiedenen Zellen einer Pflanze nennt man ihr Zellgewebe.

Zwischenzellräume (Intercellularen). Die Zellen eines Gewebes schließen sich, solange sie jung sind, eng aneinander. Später aber spaltet sich nicht selten die Scheidewand, die ursprünglich je zweien gemeinsam war, der Länge nach; die Zellwände sind dann mit je einer sogenannten Mittellamelle umhüllt (vgl. S. 29) und rücken häufig soweit auseinander, daß sie nur noch auf kurze Strecken zusammenstoßen. Es entstehen dadurch zwischen ihnen kleine (in den Blättern oft größere) Lücken, die im lebenden Holzteil mit Luft erfüllt sind und mit zur Herbeischaffung des zur Ernährung notwendigen Sauerstoffes dienen; im Kernteile füllen sie sich jedoch oft mit Kernstoffen, die die Zellen gummiartig verleimen, durch Wasserzufuhr aber zähflüssig werden und die bedeutend verminderte Druckfestigkeit nassen Holzes bedingen (vgl. S. 28), bei Nadelhölzern bilden sie sich oft zu Harzgängen aus (s. S. 92 ff).

Zum Verständnis der Ernährung, des Wachstums und der Fäulnis des Holzes müssen wir auch noch die Rindenteile der Baumstämme kurz besprechen (vgl. Bild 16).

Zwischen Holzteil und äußerer Rinde oder Borke befindet sich noch die Verdickungsschicht und die innere Rinde oder der Bast, bestehend aus Siebröhren, aus Leitzellen, hier kurz Bastzellen genannt, und aus Bastfasern.

Die Verdickungsschicht (Kambiumring⁴¹⁾) besteht aus einem Ringe von teilfähigen Zellen, die zur Zeit des Wachstums nach innen zu Holzzellen, nach außen zu aber Bastzellen abstoßen, auch durch Neubildung von Nebenmarkstrahlen (s. unten) den sich stetig vergrößernden Umfang des Stammes geschlossen erhalten.

Die sogenannten Reize, welche die Zellen zur Teilung veranlassen, sind noch strittig (vgl. a. a. O.⁷), Bd. III, S. 650 ff.), wir wissen nur, daß auch äußere Verletzungen zu Zellenteilung führen; daher Wundheilung durch die sogenannten „Ueberwallungen“ (s. ebenda S. 659).

Die Siebröhren (Bild 16, B, 3) liegen hinter der Verdickungsschicht und dienen zur Zuleitung der Nährstoffe, besonders des dickflüssigen Eiweißes, aus den Blättern abwärts nach den Wurzeln und seitwärts nach den Markstrahlen hin. Diese letzteren verlängern sich mit dem Dickenwachstum ebenfalls stetig durch Zuwachs in ihrer Längenrichtung; da außerdem mit der Zunahme des Umfanges des Stammes die Hauptmarkstrahlen immer weiter auseinanderrücken, müssen neue Markstrahlen zwischen ihnen eingeschaltet werden, um die Ernährung der lotrechten Fasern zu ermöglichen; es sind dies die sogenannten Nebenmarkstrahlen, die nicht wie die Hauptmarkstrahlen von der Markröhre ausgehen, sondern je nach Bedarf im Holzkörper beginnen, im übrigen aber wie die Hauptmarkstrahlen strahlenförmig nach außen wachsen. Ihre Eiweißnahrung erhalten sämtliche Markstrahlennährzellen aus den Siebröhren, ebenso wie ihre Verlängerungen im Baste.

Zwischen und hinter den Siebröhren liegen zartwandige Bastzellen, die wie die Leitzellen des Holzteils

⁴¹⁾ In vielen Büchern liest man schlechtweg „Kambium“ (von Kambio = der Wechsel), was insofern ungenau ist, als dieses vieldeutige Wort ausdrücken soll, daß die betreffenden Zellen sich durch Teilung vermehren können. Solche teilbaren Zellen finden sich in allen Zweigspitzen und in den Markstrahlen, haben aber hier Längsteilung, während sie in der Verdickungsschicht Querteilung haben d. h., sich in der Querrichtung in zwei Teile spalten. Um beide Arten zu unterscheiden, empfiehlt Haberlandt²⁴⁾ (S. 594) für die in Rede stehende Schicht mindestens „Kambiumring“ zu sagen, zieht aber „Verdickungsring“ vor. Säurich²⁶⁾ sagt: „Bildungsring“, was weniger deutlich. Büsgen sagt: „Zuwachsschicht“, andere Wachstumschicht.

Wasser führen, sowie die dickwandigen englichtigen⁴²⁾ Bastfasern, die den Stützzellen des Holzteils entsprechen und bei manchen Bäumen, z. B. bei Linden, so stark entwickelt sind, daß die Tischler ihre Pinsel daraus herstellen. Nach außen sind sie abgeschlossen durch die Korkzellen der Rinde, welche die Oberhaut der jungen Stämme, die mit dem Dickenwachstum gesprengt wird und sich in Fetzen ablöst, ersetzen; die jungen Rindenzellen vermehren sich durch Teilung mehr oder weniger lebhaft, die äußeren verkorken, d. h. sie bilden leere mit einer elastischen fast luft- und wasserdichten Zellhaut abgeschlossene sogenannte Korkzellen, die eine dichte äußere Rinde bilden und das Innere durch ihre schlechte Wärmeleitung gegen das Austrocknen durch Sonnenstrahlen wie gegen den Winterfrost schützen. Da diese Korkzellen sich im Ueberfluß bilden, so schilfert der Ueberschuß entweder ständig ab, wie z. B. bei Buche, Platane usw., man hat dann glattrindige Bäume, oder es bilden sich ganze Korkpolster, die beim Dickenwachstum des Stammes äußerlich aufreißen und dann eine rauhe Borke bilden (Eiche, Fichte, Robinie), die technisch verwertbar ist und bei der Korkeiche alle zehn Jahre abgeschält und zu den heute so vielbegehrten Korkstoffen verwendet wird⁴³⁾. Ausführ-

⁴²⁾ Die Botaniker sagen meist englumig (von lumen = Licht), weil es sich um Zellen geringer Lichtweite handelt. Warum dieses Halbfremdwort, statt des meines Wissens von Büsgen eingeführten gut deutschen englichtig (bzw. weitlichtig)?

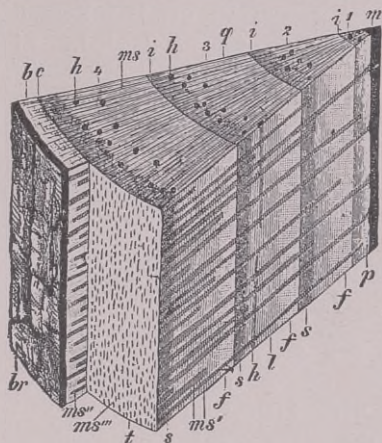
⁴³⁾ Es sei an dieser Stelle auch an die Blitzgefahr der Bäume erinnert, welche um so größer ist, je hochragender ihre Spitze und je rauer ihre Rinde, d. h. je weniger sie den Regen als ununterbrochenen Strang ablaufen läßt. Die glatte Rinde von Bäumen mit aufstrebenden Aesten, an denen die Regengüsse gleichmäßig nach dem Stamme zu ablaufen, vermindert die elektrische Spannung, also die Blitzgefahr, daher die alte Regel über das Verhalten bei Gewittern:

Vor den Eichen	sollst Du weichen,
Vor den Fichten	sollst Du flüchten,
Weg von Pappeln	sollst Du zappeln,
Auch die Weiden	sollst Du meiden,
Doch die Buchen	darfst Du suchen,
Und bei Linden	kannst Schutz Du finden.

Sicher sind freilich auch die zwei letzteren nicht. Blitzschäden an Ahorn und an Buchen zeigt Francé I, S. 190. Es kommt viel auf den Grundwasserstand an.

liches über Kork s. bei Wiesner²³⁾ Bd. I, und Beauverie⁴⁴⁾ Bd. II.

Bild 16 (aus Schmeil a. a. O.²⁷⁾ S. 322) zeigt die Grundzüge eines Strahlschnittes durch einen einjährigen Laubholzstamm von der Rinde (links) bis zur Markröhre



Der $\frac{1}{4}$ Hirnschnitt q zeigt Harzgänge h (vgl. später); m = Markröhre, ms = Haupt-
 ms' = Nebenmarkstrahlen, ms'' = Baststrahlen, ms''' = Markstrahlen im Fladenschnitt;
 b = Bast; br = Rinde; c = Verdickungsschicht (Kambium); i = Grenzen der Jahresringe
 $1, 2, 3$ und 4 ; f = Frühholz; s = Spätholz; p = ursprüngliche (primäre) Holzteile,
 Anmerkung: Auf die Harzgänge h kommen wir beim Nadelholz zu sprechen.

Bild 20. Keilausschnitt aus einem vierjährigen Kiefernstamm
 (nach Straßburger) V. 5/1.

(rechts) in sehr starker Vergrößerung. Man sieht die verschiedenen Gefäßformen und die Aneinanderreihung der

⁴⁴⁾ J. Beauverie: Le Bois, Paris 1905 sagt Bd. I, S. 57:
 „Die Arbeiter nennen den Splint: aubier, den Kern: coeur du
 bois. Die Wissenschaft hat diese Namen angenommen, be-
 zeichnenderweise aber das Kernholz auch als „bois parfait“
 oder „duramen“ benannt.“ Bois parfait ist jetzt die häufigste
 Bezeichnung. Aubier kommt von lateinisch albarius, d. h.
 weißes Holz (Splint). S. 59 schildert Beauverie nach Emil Mer
 den Uebergang von Splint zu Kernholz durch 1. Verschwinden
 der Stärke, 2. Ersatz durch Gerbstoff (Tannin), 3. Umwandlung
 der großen Gefäße in Füllzellen (letzteres nicht immer völlig
 zutreffend). Die Engländer nennen den Kern heartwood = Herz-
 holz, den Splint sapwood = Safftholz.

Bast-, Leit-, Stützzellen und Nährfasern. Um das Bild nicht zu verwirren, ist bei diesem Strahlschnitt absichtlich vermieden, einen der Markstrahlen zu treffen. Letztere (die Spiegel vgl. S. 33) erscheinen dagegen deutlich in Bild 20, dem Keilausschnitt eines 4jährigen Kiefernstammes, allerdings in so geringer Vergrößerung, 6/1, daß nicht mehr die einzelnen Zellen, sondern nur ihre Zusammenfassung zu Gruppen (Bündeln) zu erkennen sind. Einzelheiten zu solchen Markstrahl- oder Spiegelschnitten folgen später. Auf das Grundgewebe (Mark), das zu einer dünnen abgestorbenen Markröhre zusammengeschrunpft ist, ferner auf die seltener vorkommenden Milchröhren (besonders bei Gummibäumen) und Kristallschläuche, d. h. Zellen, die Einzelkristalle von Kalziumoxalat umschließen und in tropischen Laubhölzern häufiger vorkommen, gehen wir hier nicht weiter ein, ebensowenig auf die sogenannten Geleitzellen und Kambiformzellen, deren Wirkung noch strittig ist (vgl. Haberlandt²⁴), der auch noch einiges angibt (S. 40 und 284) über:

Die Größe der Zellen: Sie ist sehr verschieden, die meisten sind aber kleiner als 0,1 mm, also mit bloßem Auge kaum oder gar nicht wahrnehmbar. Am größten sind die Gefäße, deren Weite zwischen 0,02 bis 0,5 mm schwankt, und zwar auch bei verschiedenen Gefäßen des nämlichen Holzkörpers. Bei Eichen haben die weitesten im Frühholz 0,2 bis 0,3 mm $\varnothing$, sind daher am gehobelten Hirnschnitt leicht erkennbar. Solche weiten Gefäße werden als Poren bezeichnet; ihre Länge ist im allgemeinen um so kleiner, je weiter sie sind und schwankt zwischen 1 cm bis zu 2, ja 5 m, letzteres nur bei Lianen. Die meisten haben höchstens einige Zentimeter Länge; bei Robinie kommen 1 m, bei Eiche sogar 2 m lange Gefäße vor.

Die Leitzellen sind enger, mit bloßem Auge im Hirnschnitt nicht zu erkennen; ihre Länge ist durchschnittlich 1 mm.

Die Stützzellen erreichen 0,3 bis 1,3 mm Länge, die Bastfasern meist über 1, manche über 10 mm Länge (Lein-, Hanf-, Lindenbast), aber nur geringe Dicke, 0,01—0,03 mm.

Der Durchmesser der Nährzellen schwankt nach Amelung zwischen 0,015 und 0,066 mm, nach Sachs noch

in weiteren Grenzen (0,01—0,09 mm). Ihre Länge ist bei den kurzen Strahlzellen oft nicht größer als ihr Durchmesser, bei den Nährfasern aber etwas größer. Die Angaben in den Hauptlehrbüchern über die Größe der Zellen sind recht lückenhaft. Man ersieht nur, daß die wenigsten ohne Lupe oder Mikroskop wahrnehmbar sind. Eine Messung ist erst nach ihrer oft recht schwierigen Trennung voneinander (Maceration) möglich (Bild 18). Für die Festigkeit der Hölzer kommt also alles auf guten Verband und Verkittung an.

Die chemische Zusammensetzung der verholzten Zellwände ist noch nicht völlig klargelegt. Wir wissen nur, daß junge Zellen in der Hauptsache aus Zellstoff (Zellulose) $(C_6H_{10}O_5)$ bestehen, aber — ob sofort oder allmählich, scheint nicht allgemein festgestellt — aus den Nährzellen weitere Kohlenhydrate und aus den Nährsalzen Mineralien (Aschenbestandteile) — Stickstoff vielleicht aus beiden — aufnehmen und dadurch „verholzen“. Die frühere Ansicht, daß sich der Holzstoff nur aus Zellstoff und Lignin zusammensetze oder mit letzterem inkrustiert sei, ist heute als ungenau erkannt; man kann nur sagen, daß die chemischen Bestandteile nach völliger Austrocknung, d. h. Darrung und nach Ausscheidung der Aschenbestandteile zwischen folgenden Grenzen schwanken, denen die Bestandteile des reinen Zellstoffs beigelegt sind:

Es enthält:	der Zellstoff	der Holzstoff	
an Kohlenstoff	44	49,9 bis 56,9	Gewicht - %
„ Wasserstoff	6	6 „ 6,6	„
„ Sauerstoff	50	37,4 „ 43,4	„
„ Stickstoff	0	0,9 „ 1,5	„

In welcher Weise diese Umwandlung vor sich geht, ist vorerst Geheimnis der Natur und mit unseren sinnreichsten Laboratorienversuchen noch ebensowenig aufgeklärt worden, wie die unten zu besprechende Umwandlung der Zellsäfte. Wir wissen nur, daß nach dieser Verholzung die inneren Kernteile austrocknen, daher am

Kreislauf der Säfte fernerhin keinen oder nur ganz geringen Anteil nehmen, während die äußeren Jahrringe das Aufsteigen von Wasser und Nährsalzen fast ausschließlich vermitteln. Ein Beweis dafür ist u. a. der, daß, wenn auch das Innere alter Bäume völlig ausgefault ist, sie also hohl geworden sind, ihr Grünen und Wachsen noch jahrzehntelang fort dauern kann, so lange ihr Splint und ihre Rinde unbeschädigt bleibt.

Splint- und Kernholz. Mit der Verholzung und Austrocknung der älteren Teile des Stammes lagert sich in dessen Zellen auch ein Teil der aus dem Boden aufgesogenen Mineralien (auch Farbstoffe) ab, ferner Gerbstoffe, Harz, Gummi und andere Schutzstoffe, wodurch sich diese Holzteile verfärben (oft erst nachträglich an der Luft) und sich dadurch mehr oder weniger deutlich von den helleren jüngeren Jahrringen unterscheiden. Man bezeichnet diese inneren, an den Lebensäußerungen des Baumes nicht mehr teilnehmenden, aber die wertvollsten und dauerhaftesten Holzteile enthaltenden Jahrringe als Kernholz⁴⁴⁾, die äußeren noch an der Saftbewegung teilnehmenden Jahrringe als Splintholz.

Bäume, deren Kernfarbe sich scharf und deutlich vom hellen Splint abhebt, heißen Kernholzbäume. Tritt kein Farbunterschied auf, sind nur die inneren Ringe trockener (saftärmer), so nennt Nördlinger⁸⁾ solche Bäume Reifholzbäume, was von R. Hartig¹⁰⁾ (S. 26) angefochten wird, „weil der Laie damit zu leicht den Begriff des Unreifen (für den Splint) verbindet“; von Nördlinger wird die Trennung aber noch weiter ausgedehnt zu der Bezeichnung Kernreifholz für Bäume mit allmählichem Uebergang von Splint in gefärbtes Kernholz⁴⁵⁾. Wer das

⁴⁵⁾ Nördlinger unterscheidet demnach a. a. O.⁸⁾ S. 29:

1. Kernbäume mit Splint und gefärbtem Kern, wie Eiche, Apfelbaum, Robinie, Kastanie, Kiefer, Eibe, Lärche und viele Tropenhölzer;
2. Kernreifholzbäume mit Splint, Reifholz und Kern, mit allmählichem Uebergang von der hellen Splint- zur dunkleren Kernholzfarbe;
3. Reifholzbäume, bei denen der Splint ungefärbtes Kern-, also Reifholz umschließt, wie Buche, Tanne, Fichte;
4. Splintbäume, die ganz aus Splint bestehen, d. h. durchweg Wasser und Säfte leiten, wie Ahorn, Linde, Erle, Birke, Buchs, Espe und andere Pappelarten, Roßkastanien.

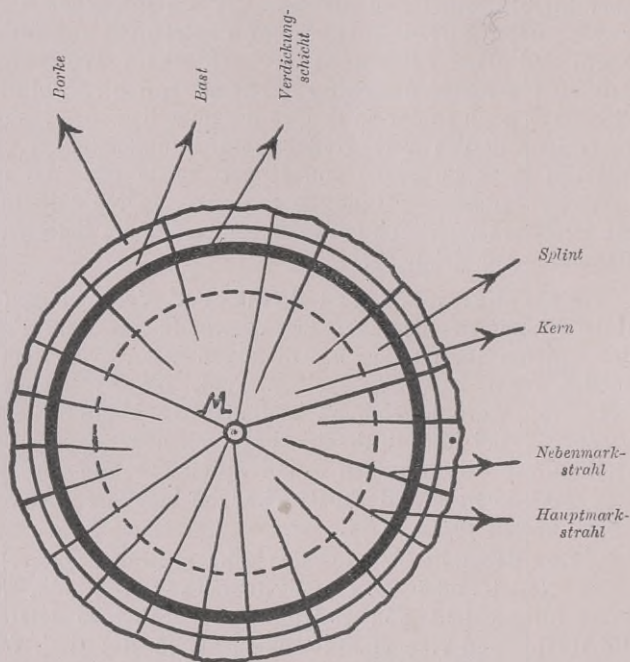
Bedürfnis fühlt, zwischen gefärbtem und ungefärbtem Kernholz noch besonders zu unterscheiden, mag für letzteres die Bezeichnung Reifholz wählen. Die meisten verzichten aber hierauf, verstehen also — wie im folgenden durchweg — unter Splintholzbäumen solche mit ungefärbtem Kern, und dann fällt auch der scheinbare Widerspruch, daß man vom Kern der Splintbäume spricht. Splint im Sinne von noch an der Saftbewegung teilnehmenden jüngeren Jahrringen haben alle Nadel- und Laubholzbäume, desgleichen Kern im Sinne von älteren wenig oder gar nicht mehr an der Wasserleitung beteiligten inneren Jahrringen. Sind letztere auch noch verfärbt, so heißen die betreffenden Bäume Kernholzbäume.

Falscher Kern und Faulkern. Verfärbungen des Holzes kommen aber auch bei Verwundungen oder Faulen der inneren Baumteile vor, die dann scharf von dem gesunden Kern zu unterscheiden sind, die wir daher als falschen Kern bezeichnen und als Krankheitserscheinung besonders bei der Rotbuche besprechen müssen. Ueber stellenweise Verfärbungen in der Splintzone, die von Wildfraß, Krankheiten und Frostwirkungen herrühren, s. Nördlinger a. a. O.⁸⁾ S. 32/4.

Bild 21 stellt hiernach den schematischen Querschnitt eines Nadel- oder Laubbaumstammes mit Rinde, Bast, Verdickungsschicht und Holzteil dar, wobei in letzterem die Haupt- und Nebenmarkstrahlen angedeutet sind, ferner die oft unbestimmte, daher nur gestrichelte Grenze zwischen innerem trockenem Kern und äußerem wasserreicheren und saftleitenden Splint. Das Verhältnis zwischen Kern- und Splintstärke ist ein so verschiedenes, daß es erst bei den einzelnen Baumarten angegeben werden kann. Als erläuterndes Beispiel diene:

Bei letzterer Bezeichnung ist dann Splint nur im Sinne von gleichmäßiger Saftbewegung zu verstehen; ob dies in vollem Maße bei den genannten Baumarten zutrifft, wird von anderen bezweifelt. Nördlinger selbst hat in seinem späteren Werk 8a die Unterscheidungen 2 und 4 nicht mehr genannt; bei Krais⁵⁾ S. 472 sind sie wieder hergeholt, was recht überflüssig. Wenn Nördlinger 1860 unter bois parfait nur das Reifholz verstanden wissen will, so widerspricht das dem heutigen französischen Sprachgebrauch⁴⁴⁾.

Bild 22, das den wirklichen Querschnitt der Douglas-tanne (*Pseudotsuga Douglasii*) nach Wilhelm zeigt. Weiteres über dieses Holz s. S. 119.



M = Markröhre

Bild 21. Schematischer Querschnitt eines Nadel- oder Laubholzstammes.

Der Kreislauf der Zellsäfte und das Dickenwachstum. Wir haben gesehen, daß die Wurzelfasern aus dem Boden Wasser, Stickstoff und Nährsalze aufsaugen, die durch die Leitzellen bis zur Spitze der Zweige und Blätter aufsteigen. Die Blätter verdunsten das überschüssige Wasser, nehmen aus der Luft Kohlensäure und Sauerstoff auf, verwandeln sie auf einem uns noch unbekannten Wege mit Hilfe des Wassers, der Nährsalze und des Stickstoffes unter der Sonnenbestrahlung in Nährstoffe, nämlich in Eiweißkörper — darunter den sogenannten Lebensstoff

(Protoplasma) — und in Kohlenhydrate, welch letztere die Zusammensetzung ($C_x H_{2n} O_n$) haben, während die Eiweißstoffe außerdem noch N, S und P enthalten. Diese zwei Nährstoffe dienen teils zum Wachstum der Blätter, teils werden sie in der inneren Rinde (nicht im Splint) nach abwärts geführt und gelangen durch die Leitzellen des Bastes und der Siebröhren einerseits in die Nährzellen der Verdickungsschicht und der Markstrahlen, andererseits



Bild 22. Stammscheibe eines Nadelholzes (*Pseudotsuga Douglasii*) mit sehr deutlichen Jahrringen. (Nach Wilhelm.)

hinab zu den Wurzeln, die sie zu neuem Wachstum und zur Tätigkeit im Hinaufbefördern von Wasser und Nährsalzen durch den Splint nach den Zweigen und Blättern befähigen und so den Kreislauf der Säfte während der wärmeren Jahreszeit schließen. Im Winter ruht diese Bewegung der Säfte; sie setzt wieder ein, wenn der Boden entsprechend erwärmt ist. Alsdann beginnt der Safttrieb, d. h. ein lebhaftes Aufsteigen von Wasser und Nährsalzen nach den Zweigen und Knospen, die sie zu neuer Blätter- und Blütenentwicklung bringen. Letzteres ist aber nur möglich durch Zufuhr der zwei Hauptnährstoffe, des Eiweiß und der Kohlenhydrate, besonders der Stärke. Diese zwei Stoffe sowie fette Oele sind, soweit sie nicht zum Ausreifen der Holzzellen während des Wachstums gedient haben, im Winter in den Nährzellen

des Holzteils aufgespeichert worden — daher auch der Name Speicherzellen — und werden im Frühjahr von dem aufsteigenden Wasser gelöst⁴⁶⁾ und nach den Knospen geführt, wo sie solange die Ernährung zu leisten haben, bis die Blätter entwickelt sind, die dann selbst neue Nährstoffe erzeugen. Ohne kräftige Wasserzufuhr ist aber diese Tätigkeit nicht möglich, und zwar um so weniger, als ein Teil des Wassers durch die Blätter verdunstet. In sehr trockenen Sommern wird daher diese Lebenstätigkeit des Baumes auch bei uns gehemmt; es tritt dann eine zweite Ruhepause ein (vgl. Fällzeit). In den Tropen fehlt zwar die Winterruhe, dagegen treten oft mehrere Trockenpausen im Jahre ein. Das wichtigste Kohlenhydrat, die Stärke, hat die chemische Formel $n(C_6H_{10}O_5)$, woraus ihre Verwandtschaft mit Zellstoff erhellt.

Die Form, in welcher die Nährstoffe während der Ruhepausen in den Nährzellen sich aufspeichern, ist verschieden. Entweder sammeln sich die Kohlenhydrate zu Stärkekörnern⁴⁶⁾ an, die ruhig liegen bleiben — solche Bäume werden als Stärkebäume⁴⁷⁾ bezeichnet —, oder die Stärke verwandelt sich in der Kälte teilweise in

46) Die Stärkekörner sollen nach Ansicht einzelner nie ganz gelöst, sondern nur in feinste Einzelkörnchen verteilt werden, die sich während der Winterruhe wieder zu größeren vereinigen. Die meisten neigen aber zu der Ansicht, daß in den Zellsäften die Lösung durch Enzyme vollständig bewirkt wird. Weiteres s. bei Haberlandt a. a. O.²⁴⁾ S. 378.

47) Zu den Stärkebäumen zählen nach Haberlandt, Büsgen und Säurich die Eiche, Esche, Ahorn und die meisten anderen Harthölzer, aber auch bei diesen wird sie im Spätherbst teilweise in Zucker aufgelöst. Zu den Fettbäumen zählen die meisten Nadelhölzer, ferner Birke und Linde, Roßkastanie, Pappel, Weide und andere Weichhölzer. Während aber bei der Buche der Gehalt an Fett und Eiweißstoffen den ganzen Winter hindurch derselbe bleibt, vermindert sich der Rest von Stärke mit zunehmender Kälte, während der Zuckergehalt steigt. Nach Straßburger⁵⁶⁾ dagegen zeigt Rotbuche den kleinsten Stärkegehalt Ende November bis Mitte Dezember.

Nach Lutz: Physiologie der Holzgewächse 1895, S. 4, tritt bei der Buche erst im Mai, und zwar „fast plötzlich“ fettes Öl im Holze auf. Was also bei den eigentlichen Fettbäumen im Spätherbst eintritt, findet bei der Buche schon im Mai statt, wenn auch nur mit einem kleinen Teil der Stärke, da durch die vorhergehende Ausbildung der Blätter die Speicherstoffe nahezu

Zuckerlösung, die dem Gefrieren weniger unterliegt, und deren Anhäufung die schädlichen Wirkungen der Kälte hemmt, oder endlich sie wandelt sich in öliges Fett um, weshalb solche Bäume als Fettbäume bezeichnet werden. Wie diese Umwandlung vor sich geht, wissen wir nicht. Ein Vertreter der organischen Chemie, den ich darum fragte, meinte scherzend: „Ja, wenn ich das wüßte, wäre mir der Nobelpreis sicher!“ Die Umwandlung der Stärke in Zucker durch Frost ist uns aber eine ganz bekannte Erscheinung durch eines der reichlichsten Stärke enthaltenden Knollengewächse, die Kartoffel, die beim Gefrieren süß wird. Noch besser gegen Kälteschäden wirkt die Umwandlung in Fett.

Die Teilung der Zellen der Verdickungsschicht beginnt oben an den Sprossen, steigt allmählich am Stamm herab und endet (ab und zu mit einzelnen Unterbrechungen) bei uns nach Büsingen spätestens in der ersten Septemberhälfte, während sie in den Wurzeln noch länger fort dauern kann. Die abgetrennten Zellen recken sich und schieben sich ineinander, was zur Festigkeit des Baumes beiträgt, aber auch manchmal den sogenannten Drehwuchs erzeugt, vgl. später. So viel ist zum Verständnis der zwei folgenden Punkte erforderlich; alles Weitere über das Wachstum der Blätter und Blüten ist den Botanikbüchern zu entnehmen.

Die Jahrringe, ihr Frühholz und Spätholz. Im Frühjahr trennen sich bei den Nadelhölzern vom Verdickungsring nur dünnwandige weitlichtige Leitzellen ab,

verbraucht sind (s. a. Fünfstücks Messungen⁵⁶). Trotzdem teilt Lutz die Buche den Stärkebäumen zu, sagt aber S. 18, daß sich die Einteilung in Stärke- und Fettbäume entweder nicht auf sämtliche Bäume ausdehnen läßt oder daß große Verschiedenheiten mitgerechnet werden müssen.

Ebermayer, Physiologische Chemie der Pflanzen, 1882, sagt S. 218, daß auch die Eiche ihre Stärke im Sommer verliert. Es scheint solche Umwandlung der Stärke in Fett im Sommer auch bei anderen Laubhölzern vorzukommen und für diese würde dann die Sommerfettzeit als günstigste Fällzeit erscheinen (s. dort). Hier ist nur das Bedenken zu erheben, daß dann die neuerdings beliebte Einteilung in Stärke- und Fettbäume nicht streng zutrifft, daß man vielmehr zwischen Winterstärkebäumen und Sommerstärkebäumen, oder zwischen Winterfett- und Sommerfettbäumen unterscheiden müßte.

in denen der Wasseraufstieg so leicht vor sich geht, daß im Sommer ein weiterer Bedarf nach Leitröhren nur in geringem Umfang vorhanden ist und statt dieser dünnwandigen Leitzellen sich mit fortschreitender Wärme dickwandigere Rundfasern und schließlich englichtige Breitfasern entwickeln, die dem Stamm Steifigkeit und Festigkeit verleihen und dunkler aussehen. Bei den Laubhölzern wird der Wasseraufstieg hauptsächlich durch die Gefäße besorgt, die daher im Frühjahr zahlreicher als im Sommer sich bilden und oft so weitlichtig sind, daß man sie im Hirnschnitt mit bloßem Auge als Poren erkennen kann; sie verleihen diesem Teil des Jahrrings ein helleres Aussehen als den Sommertrieben, in denen die dickwandigen und enganeinander gereihten Stützzellen der Holzfasern vorherrschen. Da sich an diesen dichten Spätholzring im nächsten Frühjahr unmittelbar die helleren Schichten des folgenden Jahrrings anschließen, so folgt, daß die einzelnen Jahrringe des Hirnholzschnittes sich mehr oder weniger deutlich voneinander abheben, daß aber auch innerhalb jedes Jahrrings zwei Schichten mehr oder weniger scharf sich unterscheiden lassen, das hellere Frühholz und das dunklere Spätholz (früher fälschlich Herbstholz genannt). Der Uebergang vom Früh- zum Spätholz ist bei einigen Bäumen ein ziemlich plötzlicher, bei anderen ein allmählicher. Man sieht leicht ein, daß das Frühholz nicht so fest sein kann wie das Spätholz, wie schon das Ueberfahren des gehobelten Hirnschnittes mit aufgedrücktem Fingernagel zeigt. Bei leichterem Nadelholz genügt schon der Wind und der von ihm angeworfene sandige Staub, um bald durch Zerstören der dünnwandigen Frühzellen tiefe Rillen in Hirn-, Spiegel- und Fladenschnitt hervorzurufen, wie alte Holzschnitzereien (z. B. im Museum zu Zürich) zeigen⁴⁸). Selbst einfache Wasserströmung höhlt im Hirnholz von Eisbrecherpfählen das Frühholz tief aus (s. Bild 23). Die Größe der Vertiefungen, die im Laufe

⁴⁸) Ein hübsches Beispiel ist auch das stark ausgerillte Bodenbrett einer Getreiderinne aus alten Hamburger Kornspeichern, das jetzt im Museum des Botanischen Gartens in Hamburg zu sehen ist. Dieses Museum enthält eine reiche Sammlung in- und ausländischer Hölzer, deren Tagesbeleuchtung nur leider recht viel zu wünschen übrig läßt.

von Jahrhunderten entstanden, zeigen die zwei Längsschnitte *aa* und *bb*. Weiteres S. 99. Sehr rasch und deutlich zeigt sich dieser Härteunterschied unter dem Sandstrahlgebläse, wovon viele der späteren Bilder zeugen, mit Zahlenangaben über die Abnutzung.

Daraus folgt, daß breite Frühholz- und schmale Spätholz-Zonen ein viel minderwertigeres Holz liefern, als wenn das Breitenverhältnis umgekehrt ist, was sich bei

a - a



b - b



Bild 23. Ausgewaschene Fichtenpfahlköpfe s. a. S. 99.

Bestimmung des Raumgewichts ganz auffällig zeigt, vgl. S. 26 und 31, wo auch schon auf den viel verbreiteten Irrtum hingewiesen ist, als ob feinringiges Holz allgemein besser sei als grobringiges. Für Bauholz gilt dies nur dann, wenn in den einzelnen Jahrringen die Frühholzzone vorherrscht. Letzteres trifft aber nur bei ungünstig erwachsenen Bäumen zu, deren Fuß schon im ersten Frühjahr scharf von der Sonne beschienen wird. Der Forstwirt hat es größtenteils in der Hand, eine allzu-

frühe Besonnung des Waldbodens zu verhindern und dadurch die Entwicklung von zu vielem Frühholze zu hemmen. Da aber das Dickenwachstum hierdurch geringer wird, hat der Forstwirt erst dann Anlaß zu dieser Hemmung, wenn ihm das alsdann erzeugte wertvollere Holz auch entsprechend besser bezahlt wird. So lange jedoch der Einheitpreis für minderwertige Stämme gleich hoch ist wie für gute, liegt es in seinem Vorteil, möglichst viel minderwertiges Holz zu erzeugen, das dann meist auch nicht astrein ist, besonders bei freistehenden Bäumen⁴⁹⁾. Wir müssen hierauf bei der Besprechung der Astreinheit zurückkommen, die damit in engem Zusammenhang steht.

Allein trotz aller künftigen Fürsorge für Erzeugung guten Holzes werden sich doch Unterschiede in der Gesamtstärke der Jahrringe und in ihrem Verhältnis zwischen den Breiten der Früh- und Spätholzzone nicht ganz vermeiden lassen. Ist z. B. die Witterung im Frühjahr auffallend warm, im Sommer aber kühl, so wächst die Breite des Frühholzes und nimmt die des Spätholzes ab; bei kühlem Frühjahr und warmem Sommer findet das Umgekehrte statt. Durch Abholzung in der Nachbarschaft kann gleichfalls der Frühholzwuchs begünstigt werden, wenigstens vorübergehend — durch völliges Freilegen auf windigen Standorten kann übrigens nach Janka IV⁶⁾ auch die Ausbildung von Spätholz gefördert werden — kurz, es wird bei unserem wechselnden Klima nicht möglich sein, durchweg gleiche Jahrringbreiten mit vorherrschendem Spätholz zu erzielen. Es kommt noch hinzu, daß das Wachstum junger Bäume stärker ist als im Alter, daß es daher im allgemeinen nicht wirtschaftlich ist, sehr alte Bäume stehen zu lassen, zumal bei vielen nicht kräftig ernährten Stämmen im Alter von unten herauf Kernfäule durch die Fäulnisstoffe des Bodens eintritt. Man pflegt daher Hochwaldbäume kurz nachdem sie ihr stärkstes Wachs-

⁴⁹⁾ An dem gefälltten 71/2^m langen Block einer freistehenden 125jährigen Fichte auf Wilhelmshöhe habe ich am Stammende (das freilich zu nahe am Boden abgesägt war) 105^{cm} Ø und bis zu 13^{mm} Jahrringbreite, am Zopfende 85^{cm} Ø und bis zu 8^{mm} Jahrringbreite gemessen. Dabei war das Verhältnis der Früh- zur Spätholzzone etwa 4:1. — Büsgen⁷⁰⁾ (S. 122) zählte an einer Eiche von 2^m Ø die Jahrringe und fand nur 150; das gäbe also einen Durchschnittswert von 6,7^{mm} als Jahrringbreite.

tum (ihr Optimum) überschritten haben, zu fällen, und es hat sich bei uns als geeignete Umtriebszeit für Nadelholz etwa 80—130, für leichtes Laubholz oft noch weniger, für schweres Laubholz aber etwa 130—170 Jahre ergeben; in rauen Höhenlagen und im Norden mit seinem langsameren Wachstum entsprechend mehr.

An der Zahl der Jahrringe läßt sich das Alter der Bäume⁵⁰⁾, an der Ungleichheit der Jahrringe des gefällten Stammes die ganze Lebensgeschichte des Baumes und der Wetterverhältnisse in dieser Zeit ablesen, einschließlich der Störungen durch Insektenfraß, Wildfraß, besonders trockene Sommer- und kalte Winterzeiten, auch etwaiger Aenderungen in den Boden- und Beschattungsverhältnissen.

Wassergehalt der Bäume; Wildfraß und andere Störungen.

Vielfach ist noch die falsche Ansicht verbreitet, als seien unsere Bäume im Winter am saftärmsten, während bei Nadelhölzern nach R. Hartig¹⁰⁾ ihr Feuchtigkeitsgehalt gerade im Winter besonders groß ist und im Dezember beinahe den des Höchstgehaltes im Juli erreicht, wogegen April und Oktober die wasserärmsten Zeiten zu sein pflegen. Doch verschieben sich diese Zeiten bei verschiedenen Holzarten und Wetterverhältnissen zum Teil beträchtlich (vgl. z. B. Ebermayer a. a. O.⁴⁶⁾, S. 8 bis 25). Dies ist bei der Fällzeit und dem Schwindmaß zu berücksichtigen.

Unter Wildfraß haben in nordischen Wäldern viele Bäume zu leiden; sind nämlich Gras und Kräuter durch

⁵⁰⁾ Gewöhnlich stimmt in unseren Breiten die Zahl der Jahrringe mit den Lebensjahren der Bäume überein. Doch kommen ausnahmsweise auch „falsche Jahrringe“ vor, die von Störungen des Wachstums durch Spätfröste, Sommerdürre, Insektenfraß usw. herrühren, wobei sich dann u. U. nach Regen Neubelaubung und ein zweiter oder mehrere Ringe innerhalb des Hauptjahrringes ansetzen, aber natürlich verkümmert. Auch die Johannistriebbildung nach der kurzen sommerlichen Ruhepause gehört hierher. In den Tropen hört das Wachstum nur in ganz trockenen Jahrzeiten auf, die aber mehrmals im Jahre sich folgen können. Dort pflegt daher keine so deutliche Unterscheidung der Jahrringe einzutreten, oder ihre Anzahl ist oft weit größer als die der Lebensjahre. Angaben über vieltausendjährige Bäume sind daher mit Vorsicht aufzunehmen, wenn dieses Alter gleich der Anzahl der Jahrringe gesetzt ist.

tiefen festgefrorenen Schnee dem pflanzenfressenden Wild unzugänglich geworden, so bleibt ihm als Futter nur die Baumrinde und bei manchen Laubbäumen auch der Splint, die ja die Hauptnährstoffe der Tiere, Stärke und Eiweiß, in mehr oder weniger reichem Maße enthalten — in Notzeiten backt sie der Nordländer sogar unters Brot —, weshalb in wildreichen Forsten bei strengen Wintern sehr viel Wildfraß vorkommt, besonders an jungen Bäumen.

Einzelne Baumarten tragen zwar einen Selbstschutz in sich durch den Gehalt ihrer Rinde an Gerbstoff (Eiche, Fichte), Alkaloiden, Kristallen von Kalziumoxalat, Harz- und Milchsäften (die zugleich die Heilung von Wunden erleichtern), seltener an Kampfer und Bitterstoffen. Auch dicke Bastfasern schmecken dem Wild nicht. Andere Bäume dagegen, die keine oder zu wenig von diesen Abwehrstoffen enthalten, locken das Wild besonders an; deshalb muß man z. B. Obstbäume mit Drahtnetzen umstellen, die bei wachsenden Schneelagen entsprechend höher zu ziehen sind.

In gehegten Wäldern sind Futterplätze im Winterschnee nicht bloß für die Nahrung des Wildes, sondern auch zum Schutz der Bäume zu empfehlen.

Die Frage, ob der Wildfraß die Festigkeit des Holzes der Bäume herabmindert, ist neuestens durch Rudeloffs Versuche verneinend beantwortet worden (vgl. B. M. 1912, 7, S. 373 bis 400), ebenso die Frage, ob durch das Wildschälen der Windbruch vermehrt werde; demnach würde auch das Wildfegen nicht schädlich wirken; es ist aber zu bemerken, daß hierbei ausschließlich Fichtenholz zur Untersuchung kam; in gemischten Wäldern würden wohl einige Baumarten stärker leiden, als andere, wozu der Waldbestand in Szittkehen (ebenda S. 376) Prüfgelegenheit böte. Auch würden bei scharfem Ostwind die kahlen Stellen durch Frostrisse wohl schärfer betroffen werden als heile Bäume, und diese Frostrisse bieten dann im Sommer dem Ungeziefer neue Angriffspunkte, schädigen auch den Wert der Bäume als Bauholz. Ist die Rinde nicht allzu breit abgefressen, so schließt sie sich im nächsten Sommer bald wieder durch sogenannte Ueberwallung; wo dies nicht mehr möglich, ist Frühjahr-Ringelung und Fällung im nächsten Herbst zu empfehlen, wie aus folgendem hervorgeht:

Fällzeit und Nachbehandlung.

a) Für Fettbäume⁴⁷⁾ gilt die Regel, daß die günstigste Fällzeit mit der des Uebergangs der Stärke in Fettgehalt beginnt und endet. Die wichtigsten einheimischen Bauhölzer sind unsere Nadelhölzer, und da diese im Winter längere Zeit Fettgehalt aufweisen, so gilt der Winter in der Ebene und im Hügelland von alters her als günstigste Fällzeit, bei sumpfigem Untergrund ist starker Frost oft die einzig mögliche Abfuhrzeit. Eine alte Bauregel lautet: „Wer sein Holz um Christmett fällt, dem sein Haus wohl zehnfach hält; um Fabian und Sebastian, fängt schon der Saft zu fließen an.“ Diese beiden Kalenderheiligen fallen auf den 20. Januar und gelten im Norden nur für warme Winter, in kalten dehnt sich die Fällzeit weiter aus; ja, sie wird mit Vorliebe möglichst erst am Ende der Fettzeit vorgenommen, da in starkem Frost das Fällen mühsamer ist. Man hat daraus die falsche Regel gemacht, das Holz dürfe nicht „im Saft“ gefällt werden, während doch nach Obigem gerade die Winterzeit die zweitsaftreichste ist, wenigstens für Nadelhölzer. Die Alten waren sprachlich feinfühlicher und sagten richtiger, die Fällung dürfe nicht zur Zeit des Safttriebs erfolgen⁵¹⁾. In dieser Form ist

⁵¹⁾ Im 16. Jahrhundert gab es Forstordnungen⁵⁴⁾, durch die ganz bestimmte Fällzeiten vorgeschrieben waren. Der Baum sollte „im (guten) Wadel“ gefällt werden. Zu ungeeigneter Zeit gefälltes Holz hieß „im bösen Wadel gehauen“, was verboten wurde. Doch trafen diese Vorschriften nicht immer das Richtige, sie beruhten nach Schiller-Tietz vielfach auf Vorurteilen und Aberglauben. In manchen Gegenden war nur das Fällen bei abnehmendem — anderwärts bei zunehmendem — Monde gestattet, was auf dem richtigen Gefühl beruhte, daß während der Nacht die Nährstoffe nach den Blättern weggeführt werden, vor Tagesanbruch gefälltes Holz daher dauerhafter ausfällt als während des Tages gefälltes. Da man aber zum Fällen bei Nacht Mondschein brauchte, wurde dem Monde der ganze Einfluß zugeschrieben.

Nach Zentralbl. Bauverwaltung 1899, S. 363, ist sogar im Americ. Institute of Mining Engineers allen Ernstes behauptet worden, daß Bambus, der bei abnehmendem Monde gefällt wurde, wesentlich länger sich bei Einzäunungen gehalten habe als der aus dem gleichen Busche bei zunehmendem Monde gefällte. Derselbe Gewährsmann, dem offenbar nicht alle Bedingungen für Faulen des Holzes bekannt waren, berichtet, daß Grubenholz, das bei abnehmendem Monde gefällt wurde, einen

die Regel auch allgemeiner als obiger Vers, denn wir haben im Sommer meist eine zweite Zeit der Safrtruhe, die sich zum Fällen eignet und im Hochgebirge sogar die einzig mögliche Fällzeit ist. Sie wechselt allerdings je nach der Witterung und dauert nie lange, fällt auch häufig mit der Erntezeit zusammen und eignet sich dann wegen Arbeitermangels selten für Ackerbaugenden. Um ganz sicher zu sein, daß man die Sommerruhepause richtig trifft, dient zunächst für Fettbäume die sogenannte:

Jodprobe für gefälltes und ausgetrocknetes Holz,

die auf der Eigenschaft des Jodes beruht, Stärke sofort blau bis violett (letzteres bei Gerbstoffanwesenheit) zu färben⁵²⁾. Diese Probe bedarf aber eingehenderer Beschreibung, als wie unsere Bücher gewöhnlich angeben. Daß durch einfaches Ueberstreichen oder Betupfen deutliche Blaufärbung erzeugt werde, wie bisher meist zu lesen war, ist nämlich ein seltener Glücksfall, der nur eintritt, wenn die betupfte Holzfläche zahlreiche durchschnittene Nährzellen enthält, und die Färbung tritt nur bei frisch

trockenen, das bei zunehmendem Monde gefällte Holz aber einen saftfließenden Baumstumpf zurückgelassen habe, und dieser Ausfluß habe noch Monate nach dem Fällen am Stumpfe beobachtet werden können, was an die Beobachtungen ländlicher Hausfrauen mit ihren Einmachegläsern erinnert.

Der Mond als Zeitbestimmer für das Fällen scheint schon seit dem grauen Altertum eine Rolle zu spielen und hat noch in verschiedenen Forstordnungen des 16. Jahrhunderts, ja bis ins 19. hinein Ausdruck gefunden. „Wadel“ ist übrigens nach Kluge der alte Ausdruck für Vollmond, scheint aber seit dem 16. Jahrhundert sich allmählich von dieser Bedeutung losgemacht und zum Begriff der Winterfällzeit gewandelt zu haben (vgl. Meyers Weltwörterbuch). Nur in alemannischen Gegenden soll sich noch heute dieser Ausdruck für Vollmond erhalten haben.

⁵²⁾ Die Färbung geschieht lediglich durch Jod. Die Löslichkeit des Jod muß aber erst durch Zusatz von Jodkaliumlösung erleichtert werden. Diese Jod-Jodkaliumlösung heißt meist schlechtweg Jodlösung. Säurich a. a. O.²⁶⁾ S. 13 nennt sie Jod-Jodlösung und gibt ihre Mischung an = 0,5 g Jod + 1 g Jod-Kalium + 200 g Wasser. Lugols käufliche Jodlösung (1,2 g Jod + 1,8 g Jodkalium + 30 g Wasser) ist also beträchtlich zu verdünnen und darf nicht mit der alkoholischen Jodtinktur verwechselt werden. Hager empfiehlt nach Ebermayer folgende Jodlösung: 2 Jod, 2 Jodkalium, 70 Glyzerin, 15 Wasser, 15 Weingeist.

im Safttrieb gefällttem Holz bald nach dem Streichen hervor; bei ausgetrocknetem älteren Holz ist sie häufig so schwach, daß sie nur nach längerem Anfeuchten und nur bei mindestens achtfacher linearer Vergrößerung, also mit scharfer Lupe oder besser Mikroskop erkannt werden kann, und zwar in Form kleiner blauer Pünktchen (den gefärbten Stärkekörnern)⁴⁷⁾. Um sicherer zu gehen, wird man, da vielfach die Stärke durch Eiweiß umhüllt ist, besser Bohrmehl oder einen Dünnschnitt bzw. feine Hobel-späne aus dem Splint wählen, die Eiweißhülle erst durch starke Kalilauge ausziehen, dann mit Wasser auswaschen, mit Essigsäure neutralisieren und nun erst die Probe mindestens eine Viertelstunde lang in die Jodlösung tauchen. Tritt auch nach dieser Viertelstunde keine Blaufärbung auf, so darf man annehmen, daß keine Stärke vorhanden, der Baum also zu richtiger Zeit gefällt ist. Bei mäßigem Stärkegehalt ist die Blaufärbung auch dann noch nicht immer deutlich für das unbewaffnete Auge zu erkennen, sondern erst durch Lupe oder Mikroskop. Die blaue Färbung ist ferner weniger rein bei Anwesenheit von Gerbsäure, Milch und dgl., sie wird ganz verhindert bei Gegenwart von Kali, schwefliger Säure, Schwefelwasserstoff und dgl. Alkohol und heißes Wasser entfärben die Probe wieder. Man sieht, die Jodprobe für Holz ist nicht so einfach, wie viele unserer Bücher andeuten, ja häufig irreführend. Ausführliches darüber habe ich nur bei Ebermayer⁴⁷⁾ S. 215 auffinden können. Ergeben sich starke Blaufärbungen, so wird man solche Hölzer, falls sie zu Dauerbauten bestimmt sind, auslaugen müssen, was am einfachsten durch Flößen geschieht.

Das Flößen ist denn auch bei Nadelhölzern sehr beliebt und sichert besonders bei Handelsware, deren Ursprung unbekannt, deren Fällzeit daher nicht überwacht werden konnte, gegen die Schäden ungünstiger Fällzeit, die ja oft unfreiwillig durch Windbruch oder Insektenfraß herbeigeführt sein kann. Durch Nonnenfraß werden oft ganze Waldungen ihrer Nadeln beraubt, und solche Bäume sterben meist ab, wenn sie nicht rasch gefällt und verkauft würden. Solches „Nonnenholz“ kommt in manchen Jahren massenhaft in den Handel und ist nur von Dauer

bei sofortigem Flößen und möglichst tiefem Eintauchen, oder bei Hochdrucktränkung.

Das Flößen ist nun aber nicht überall möglich, und deshalb ist die Jodprobe beim Kauf von Nadelholz unbekannter Herkunft für darauf eingeschulte Käufer stets zu empfehlen, falls das Holz ungeflößt, sonst aber gesund und fest aussieht⁵³⁾. Eine andere Möglichkeit, das Holz nachträglich von seiner Stärke zu befreien, ergibt sich z. B. für Windbruchholz, das zur Unzeit gefallen ist, durch entsprechende Aufbereitung, vgl. unten. Bei Nadelhölzern, die zur Harz- und Terpentingewinnung dienen, ist der Splint kurz nach dem Harzentzug viel minderwertiger als das Kernholz, weil der Harzentzug nur aus dem Splint stammt, dieser also dann mehr Hohlräume enthält und des Schutzes ermangelt, den das Harz gegen die Feinde des Holzes bietet. Ueber das Ringeln s. unten.

b) Stärkebäume enthalten gerade im Winter Stärke, falls diese nicht in Zucker übergegangen ist. Nur im letzteren Fall ist die Winterfällzeit vorzuziehen, anderenfalls diejenige Sommerzeit, in welcher die Stärke in Fett übergegangen ist. Diese Zeit dauert aber sehr kurz und wechselt jährlich, es ist daher schwierig, sie richtig zu treffen, und man ist selten vor Stärkegehalt sicher. Bleibt aber die Stärke im Splint gelagert, so ist der Splint stets minderwertig, dem Wurmfraß und der Fäulnis stark ausgesetzt und daher für Dauerbauten unbrauchbar, falls es nicht gelingt, die Stärke dem Baum vor oder nach dem Fällen zu entziehen. Am meisten leidet darunter die Eiche, deren ganzer Splint als minderwertiges Abfallholz weggehauen werden muß, um den geltenden Lieferbedingungen für gutes Eichenholz zu genügen, was mit zu der starken Verteuerung desselben beigetragen hat (vgl. S. 5, Punkt 3).

⁵³⁾ Da im Safttrieb gefälltes Holz dem Insektenfraß und der Entwicklung von Fäulnispilzen rasch erliegt, wenn es nicht ganz trocken verwendet wird, so ist es möglich, daß auch bei unrichtiger Fällzeit die Jodprobe keine blaue Färbung gibt, nämlich dann, wenn alle Stärke durch Wurmfraß oder Pilze schon aufgezehrt ist. Solches Holz ist dann aber entweder an den Bohrlöchern der Würmer kenntlich oder bereits so leicht und mürbe, daß es sich mit dem Fingernagel zerdrücken läßt, bedarf daher nicht der Jodprobe, um als verwerflich erkannt zu werden.

Es fragt sich nun, ob bei diesem und manchem anderen wertvollen Hartholz die Vergänglichkeit des Splints nicht behoben und letzterer dann bei sehr vielen Holzlieferungen zugelassen werden darf, da seine Festigkeit in gesundem Zustande der des Kerns meist nicht allzuviel nachsteht.

Die Antwort lautet ganz allgemein (auch für zur Unzeit gefälltes Nadelholz): Die Dauerhaftigkeit des Splints wird erzielt durch Entzug aller Nährsäfte aus den gut verholzten Zellen; denn so notwendig diese Nährstoffe besonders Stärke und Eiweiß für den lebenden Baum sind, so schädlich werden sie für den gefällten, da sie sowie die ungenügend verholzten Zellwände dem Wurmfraß und der Fäulnis ausgesetzt sind, während die verholzten Zellwände im höchsten Maße Dauer versprechen.

Daraus folgt, daß für Stärkebäume nicht die Winterzeit⁴⁷⁾, sondern diejenige Sommerzeit die beste Fällzeit ist, in welcher die Stärke in Fett verwandelt ist. Da aber diese Zeit wechselt und kurz dauert, so wird sie nicht immer richtig erwischt und daraus erklären sich dann ungezwungen die widersprechenden Erfahrungen, die man mit der Sommerfällzeit gemacht hat. Es scheint also erwünscht, den Stärkegehalt künstlich zu entfernen.

Als erstes Mittel hierzu haben wir bereits das Flößen erkannt, das bei Nadelhölzern nützlich, bei Harthölzern aber meist bedenklich ist, da es die für die Dauer des Holzes höchst wertvollen Gerbstoffe und dgl. ebenfalls auslaugen würde und glücklicherweise schon deshalb unterbleibt, weil schwere Hölzer mit Wasser vollgesogen untersinken würden. Man kann sie daher höchstens als „Auflast“ auf Weichholzflöße bringen, und dann ist ihr Auslaugen ebenso ausgeschlossen wie bei Schiffladungen oder Landfracht. Ueber Buchenauslaugung s. später.

Als zweites Mittel wird schon von alters her ausgeübt: Das Ringeln der Bäume längere Zeit vor dem Fällen, d. h. das Abschälen eines Rindenringes mit allen leicht ablösbaren Bastgeweben auf etwa Handbreite (5 bis 8 cm

hoch). Wächter⁵⁴⁾ vermutet, daß die Gewohnheit des Ringelns schon in vorgeschichtliche Zeiten zurückreiche. Jedenfalls ist es von vielen Schriftstellern des Altertums und Mittelalters gerühmt, auch in manchen deutschen Forstordnungen vorgeschrieben, und von Buffon 1735, von Duhamel de Monceau 1757 durch Versuche und Gründe empfohlen, die aber heute nicht mehr als erschöpfend gelten können. Vielmehr hat seitdem das Ringeln ebensoviel Gegner als Freunde gefunden, ja, es kam zeitweise ganz in Verruf und Vergessenheit, so daß man nur noch wenige Gegenden findet, in denen es sich erhalten hat, z. B. nach Nußbaum⁵⁵⁾ in einzelnen Gegenden der Lüneburger Heide, nach meinen Wahrnehmungen auch in einzelnen Harzforsten. Als Gründe für die sich widersprechenden Erfahrungen mit dem bisherigen Ringeln mögen Unterschiede im Klima und Standort, besonders aber Mangel an Kenntnissen über das Wesen des Baum-

⁵⁴⁾ Wächter: Ueber die natürliche und künstliche Vermehrung der Dauer und Festigkeit des Holzes (Hannoversches Magazin 1842, S. 777 bis 848). Diese Abhandlung bringt eine fleißige Zusammenstellung des damaligen Standes der Kenntnisse über Bau und Wachstum des Holzes, seine Eigenschaften und Schutzbehandlung bis zu den eben damals aufgekomenen Tränkverfahren von Kyan und Boucherie mit Auszügen von Teophrast (einem Schüler von Aristoteles), von Vitruv, Plinius und den alten Forstordnungen deutscher Kleinstaaten. Das Ringeln nach dem Fällen nannte man damals „bewald-raufen“, im Gegensatz zum „bewaldrechten“, d. h. dem Herstellen von Kantholz mit Waldkanten, letzterer Ausdruck ist in den deutschen Zolltarif aufgenommen.

Walter Lange: Das Holz als Baumaterial bringt den Stand der Kenntnisse vom Jahre 1879, die von den heutigen noch stark abweichen. All die widersprechenden Ansichten über günstige Fällzeit von Vitruv bis 1879 werden S. 64 bis 91 aufgezählt. S. 77 ist die Jodprobe als Erfindung des Baumeisters Prilleux ohne Jahrzahl und ohne genügende Schilderung bezeichnet, ebenso von Gottgetreu in seinem 1880 in dritter Auflage erschienenen berühmten Werk: Physische und chemische Beschaffenheit der Baustoffe¹¹⁾. Forstleute, die ich über die Jodprobe befragte, hatten sie nie ausgeübt.

⁵⁵⁾ Vgl. Nußbaum: Die Bekämpfung der Holzkrankheiten durch Aenderung des Austrocknungsverfahrens von Nutz- und Bauholz im Walde (diese Zeitschrift 1905, 3, S. 263); s. a. Baumaterialienkunde 1905, S. 362, wo Schorstein die Ausführungen Nußbaums angriff; dessen Entgegnung s. ebenda 1906, S. 91. Beide, scheint's, ohne Kenntnis von Emil Mers Arbeit⁵⁶⁾.

lebens im Spiel gewesen sein. Im Jahre 1887 wurde Emil Mer⁵⁶⁾ ein eifriger Fürsprecher des Ringelns auf Grund ausgedehnter Versuche, deren Ergebnis hier nach Beauverie a. a. O.⁴⁴⁾ Bd. I, S. 617 ff., kurz wiedergegeben sei, mit der Vorbemerkung, daß Mer immer nur von Stärke als dem einzigen aus dem Holz zu vertreibenden Stoffe spricht, um Wurmfraß und Fäulnis zu verhüten, während doch Eiweiß und andere Kohlenhydrate der Zellsäfte — vielleicht auch der noch ungenügend verholzten Zellwände — mindestens ebenso gefährlich sind. Man muß demnach aus Mers guten Ergebnissen schließen, daß mit der Stärke auch die anderen dem gefällten Holz verderblichen Säfte ausgewandert sind, was aber durch weitere Versuche erst bewiesen werden muß, besonders für Eiweiß, das bisher noch nach zwölf Jahren im Splint gefällter Bäume gefunden worden ist.

Aus dem Kreislauf der Säfte (s. S. 68) schloß Mer, daß es genüge, den Stamm dicht unterhalb der Krone zu ringeln, um ein Abströmen der Nährstoffe aus den Blättern nach den Wurzeln und den unterhalb des Ringes liegenden Markstrahlen zu verhindern, vorausgesetzt, daß unterhalb des Ringes keine Zweige, Knospen und schlafende Augen sich befinden, die durch den zunächst ungehindert aufsteigenden Saftstrom zum Ausschlagen gebracht werden, und dann in ihren Blättern neue Nährstoffe erzeugen könnten. Der Stamm ist also unterhalb der Kronenringelung von allen diesen ausschlagfähigen Ansätzen zu reinigen. Die Folge dieses Ringelns wird dann sein, daß sich alle in den Blättern erzeugten Nährstoffe in der Rinde der Krone anstauen, die Krone also zunächst leb-

⁵⁶⁾ Emil Mer: Annales agronomiques 1889, S. 16, und Comptes rendues de l'Academie des Sciences 1893, Bd. 117, S. 694 und 1108. Auszüge von Fünfstück mit eigenen Beobachtungen über den Wechsel der Sommer-Fettzeit in Rotbuchen und von Eichler s. Baumaterialienkunde 1896/97, Bd. I, S. 18 und 30.

Straßburger: Bau und Einrichtungen der Leitbahnen der Pflanzen 1891 scheint Mers Versuche so wenig gekannt zu haben, wie Haberlandt²⁴⁾ 1909. Beide erwähnen aber Th. Hartigs und A. Fischers ähnliche Ergebnisse vom Jahre 1858 bzw. 1891. Hartig betont, daß manche Versuche nur deshalb mißlungen sind, weil die Schälstelle in der Sonne zu stark austrocknet, verlangt also Schutz hiergegen.

haft weitergrünt, während die aufsteigende Bodenfeuchtigkeit die letzten Reste von Zellsaft und Nährsalzen aus dem Splint nach oben schafft, ohne deren Rückwanderung in die Markstrahlen unterhalb des Ringes und in die Wurzeln zuzulassen. Da Lebenstätigkeit ohne Zufuhr von Stärke und Eiweiß nicht möglich ist, wird der Auftrieb der Bodenfeuchtigkeit durch die Wurzeln allmählich nachlassen, infolgedessen der Stamm unterhalb der Ringelung allmählich austrocknen, ebenso die Tätigkeit der Blätter aus Mangel an Feuchtigkeit Zufuhr, so daß schließlich auch ein Absterben der Blätter eintritt und dann der Stamm sowohl als stärkefrei wie auch als gut ausgetrocknet gelten kann, demnach im günstigsten Zustand für das Fällen und Abführen aus dem Walde sich befindet, auch keine Schwindrisse durch zu rasches Austrocknen des Splintes aufweisen wird. Bei unkundiger Ringelung kann aber sehr viel Zeit bis zum Absterben vergehen, oft mehrere Jahre, in denen der Stamm nur noch dürftigen Holzzuwachs aus der Verdickungsschicht erhält; man muß also das Verfahren tunlichst beschleunigen. Mer hat nun die Zeit nach dem Austrieb der Knospen und der Blätterbildung — bei uns etwa den Monat Mai — als geeignetste Zeit zur Ringelung angegeben, weil bis dahin die Speicherzellen des Splints viele Nährstoffe an den zu dieser Zeit am lebhaftesten aufsteigenden Feuchtigkeitsstrom abgegeben haben, der sie nach den Knospen entführt hat, so daß der Mai die nährstoffärmste Zeit für die Speicherzellen des Stammes ist. Da nun nach dem Ringeln dem Stamm kein neuer Nährstoff zugeführt wird, sind um diese Zeit nur wenige Nährstoffe aus dem Stamme zu entfernen, so daß dann selbst die stärkereichsten Eichen bis zum Herbste stärkefreien Splint haben können.

Die Haupteinwände gegen dieses Ringeln dicht unterhalb der Krone sind: 1. die Absturzgefahr und die Kosten bei hohem Schaft; 2. bei Bäumen mit starken und tief unten ansetzenden Aesten die längere Dauer des Entstärkens oder die Notwendigkeit, auch die Hauptäste zu ringeln. Deshalb hat Mer auch noch Versuche mit dem ausschließlichen:

Ringeln am Stammfuße vorgenommen und gefunden, daß auch dieses zum Ziele führen kann, nur

dauert es entsprechend länger, z. B. für Eichen, die im Mai geringelt wurden, bis zum Oktober des nächsten Jahres, während leichtere Hölzer, wie die meisten Nadelholzstämme, schon nach 6—8 Monaten stärkefrei sind, wofern die Stämme von ausschlagfähigen Knospen befreit werden. Für schlanke Stämme mit hochliegendem Ansatz der Aeste läßt sich aber diese Reinigung nur mittels Besteigens sicher ausführen, und dann kann das Ringeln unter der Krone gleich mitbesorgt werden ohne nennenswerten Mehraufwand an Geld und Zeit, falls man sich erst geschulte Arbeiter herangezogen hat.

Als Vorteil des unteren Ringelns erwähnt Mer noch die Anreicherung des Splintes oberhalb der Ringelung mit Gerbstoff, der allerdings nicht in die Zellwände, sondern nur ins Zelleninnere dringt, aber immerhin die Dauer zu erhöhen vermag. Man erkennt dies durch Betupfen mit Eisenperchlorür, das den Gerbstoff schwarz färbt.

Am schnellsten wirkt nach Mer die doppelte Ringelung am Stammfuß und unterhalb der Krone.

Trifft dies alles zu, so kann man sich durch die Ringelung auch bei Nadelhölzern bezüglich des Fällens ziemlich unabhängig vom genauen Einhalten der Fettzeit machen und erzielt bei Stärkebäumen viel sicherer ein dauerhaftes Splintholz als durch Winterfällung.

Eine baldige gründliche Nachprüfung von Mers Versuchen ist daher sehr zu wünschen; bestätigen sie sich, so würde es wenigstens für wertvolle Bäume sich lohnen, die obere Ringelung nebst Reinigung im Mai einzuführen, um bei allen Stämmen, die nächsten Herbst gefällt werden müssen, vor Minderwertigkeit des Holzes sich zu schützen. Die Ringel- und Fällzeiten liegen dann meist so, daß sie mit den dringendsten Feldarbeiten nicht zusammentreffen. Nußbaum hat a. a. O.⁵⁵⁾ wenigstens die gute Wirkung des Ringelns auf das Austrocknen bestätigt.

Auf Windbruchholz läßt sich meist nur die nachträgliche Ringelung anwenden; sie wird auch vielerorts schon lange geübt. Hier empfiehlt sich jedenfalls die doppelte Ringelung, die ja beim liegenden Stamme wenig Schwierigkeiten macht. Die Krone wird möglichst lange frisch erhalten, die Wurzeln vor Sonnenstrahlen geschützt. Meist liegt der Stamm wegen Wurzel

und Krone ganz von selbst so hoch über der Erde, daß seine Rinde nicht vom Boden aus von Feinden befallen werden kann. Auch gründliche Austrocknung ohne Risse wird hierbei von selbst erzielt. Daß das Austrocknen durch Belassen der Laubkrone beschleunigt und dabei Rissebildung verhindert wird, ist altbekannt; schon die württembergische Forstordnung vom Jahre 1567 empfiehlt daher das Belassen der Krone einige Zeit nach dem Fällen. Durch die Tharandter Versuche von Judeich wurde diese Erfahrung neu entdeckt; er empfiehlt freilich, den Stamm nur einige Tage in der Krone liegen zu lassen, was zwar im heißen Sommer genügt, nicht aber bei Regen und sehr feuchter Luft. Wichtig ist ferner, daß der Stamm nach dem Absägen von Krone und Wurzeln nicht längere Zeit auf dem Waldboden liegen bleibt, sondern bald abgefahren wird, sonst ist alle Mühe umsonst gewesen. Vorerst dürfte sich diese Behandlung nur auf die wertvollsten Bäume erstrecken.

Ueber die Nachbehandlung nach dem Fällen ist schon bei Windbruchholz einiges gesagt. Daß gute gesunde Hölzer durch längeres Lagern auf feuchtem, an Fäulniskeimen reichem Waldboden leiden, hat Nußbaum a. a. O.⁵⁵⁾ genügend betont. Man soll sie daher im Sommer so bald als möglich, bei Winterfällung wenigstens vor dem Frühlingserwachen, durch Unterkeilen so weit heben, daß sie mit der Erde nicht in Berührung sind und von der Luft gleichmäßig umspielt werden.

Das Entrinden muß mit Vorsicht geschehen, da durch zu rasches Entrinden sehr saftreicher, der Sonne und dem Luftzug ausgesetzter Bäume der Splint zum Aufreißen gebracht wird und so stark aufspaltet, daß Ansteckkeime aus der Luft hineinfallen und den ganzen Baum verderben können. Es empfiehlt sich daher nur bei bereits von Insekten stark angegriffener Borke, sie schleunigst zu entfernen und vollständig zu verbrennen; bei gesundem Stamm und Rinde wird man nur teilweise und allmählich entrinden, früher meist durch Ablösen schraubenförmiger Streifen rings um den Stamm, heute bequemer und besser durch das sogenannte Beraufen, d. h. das Abschälen einzelner gleichförmig über den Stamm verteilter Rindenscheiben mittels Beilhieben. Wenn auch noch Schutz

vor einseitiger Sonnenbestrahlung und Austrocknung durch vorherrschende Windstriche nötig ist, so kann geeignete Lagerung und Belassen der Rinde dort, wo sie als einziges Schuttdach gegen Sonnenstrahlen erforderlich ist, manchen Stamm vor dem Aufreißen und Wertloswerden bewahren, während zu langes Belassen in voller Rinde zum sogenannten Ersticken des Splintes führt, der dann dem Insektenfraß und Einnisten von Fäulnispilzen rasch unterliegt.

Sind diese Regeln der Nachbehandlung schon für jeden besseren ungeringelten Stamm dringend zu empfehlen (sie finden aber leider noch viel zu wenig Beachtung), so sind sie für vorher geringelte Stämme zur unbedingten Vorschrift zu machen, da durch Zuwiderhandeln der ganze Aufwand an Zeit und Kosten des Ringelns verloren gehen würde; auch das durch richtiges Ringeln erzielbare Austrocknen des Holzes auf dem Stamme würde unter Umständen wieder verloren gehen. Am besten ist es natürlich und wegen der durch das Ringeln erzielten Austrocknung auch wirtschaftlich, sofort nach dem Fällen zu entrinden, dann die Stämme aus dem Walde abzufahren und in Schuppen, die vor Nässe wie vor einseitiger Sonnenbestrahlung geschützt sind, zu lagern.

Die Erkenntnis der Gefährlichkeit des Liegenlassens des gefällten Stammes auf dem Waldboden, besonders in warmer Jahreszeit, nimmt immer mehr zu. Falck betont im neuesten Heft VI von Möllers Hausschwammforschungen, S. 396, daß die im Bauholz auftretenden Fäulnisercheinungen nicht auf die den lebenden Stamm befallenden Pilze zurückzuführen sind, die nach dem Fällen absterben, sondern auf eine ganz bestimmte und beschränkte Anzahl von Fäulniserregern, die das Holz erst nach dem Fällen und Bearbeiten befallen, und zwar sowohl im Walde als auf den Holzplätzen durch Sporen, die mit dem Winde heranziehen und in feiner Verteilung auf die Oberflächen des lagernden Holzes abgesetzt werden, in feuchter Luft unmittelbar auskeimen und durch ihre Schnellwüchsigkeit, besonders in der warmen Jahreszeit, die Schichten des Splintholzes rasch durchdringen. Sie verursachen die bekannten Mißfarben des Splintes, die von den Holzhändlern und Bauleuten als angegangenes Holz bezeichnet werden und an feuchten Stellen, z. B. an

ungeschützt eingemauerten Balkenköpfen, rasch zur Verbreitung des gefährlichen echten Hausschwammes, dessen Vorfrucht sie sind, beitragen. Es erscheint daher dringend nötig, den gefällten Stamm möglichst bald gegen diesen Pilzbefall zu schützen, und dazu fordert Falck sofort nach dem Entrinden das Bespritzen oder Bestreichen mit pilztötenden Salzlösungen, die dann das teure Tränken unter Hochdruck entbehrlich machen sollen. Er empfiehlt besonders Dinitrophenolnatrium-Lösung, die als Paste käuflich und stark verdünnt aufgestrichen höchstens 25 Pfennig für 1 ^{cbm} Holz kosten soll (a. a. O. S. 393). Wird solches Holz anhaltendem starken Platzregen ausgesetzt, so ist der Anstrich zu erneuern, dann aber hält der Schutz im Trockenen dauernd vor und dringt auch in etwa nachträglich entstehende Schwindrisse ein, die bisher besonders gefährliche Herde dieser Pilze waren; nur größere Spalten im Holz sind selbstredend neu zu bespritzen. Sicherheit gegen Fäulnis gewährt dieser billige Anstrich aber nur dann, wenn er so frühzeitig erfolgt, daß die angeflogenen Pilze nicht erst Zeit gehabt haben, sich tiefer einzunisten, also möglichst bald nach dem Unterkeilen und Entrinden der Stämme im Walde. Da Falck an der Forstakademie in Hann. Münden wirkt, sind von dort Versuche im großen zu erhoffen. Es wäre zu wünschen, daß hierdurch der unserem Volksvermögen so viele Millionen raubende Hausschwamm mehr und mehr vertrieben würde. Das Buch enthält höchst wertvolle Angaben über Hausschwammgedeißen und Bekämpfung, deren Darstellung freilich durch die bedenkliche Sucht nach unnützen Fremdwörtern und eine gewisse Weitschweifigkeit beeinträchtigt wird. Auch vermißt Wehmer den Beweis für die Notwendigkeit solch umständlicher Waldbehandlung. Moormanns Bedenken s. Z. d. V. D. A.- u. I.-V. 1913, 24, S. 191.

Man sieht, daß es an Vorschlägen zur besseren Erhaltung des Bauholzes nicht fehlt; welche derselben sich bewähren und allgemeiner Einführung wert sind, müssen erst zukünftige Erfahrungen lehren.

Ueber die Dauer des Holzes im Bau unter der Voraussetzung, daß es gesund gewachsen und nicht durch falsche Behandlung beim Fällen und Lagern schon vor

seiner Verwendung angesteckt worden ist, sind nachfolgende Angaben zu machen:

Holz, das in lufttrockener Umgebung ist und bleibt, bedarf keiner besonderen Schutzmaßregeln; es hält sich dann sehr lange. Nur stärkehaltiges Holz wird vom Wurmfraß befallen, stärkefreies verliert erst in sehr hohem Alter an Tragkraft durch langsame Verbrennung (Oxydation) an der Luft. Balken in alten Häusern biegen sich daher in immer wachsendem Maße durch, auch wenn sie mehr und mehr entlastet werden.

Holz ganz unter gasfreiem Wasser, also luftabgeschlossen, wird steinhart und dauert unbegrenzt (Eichenholz von Caesars Rheinbrücke, jetzt als deutsches Ebenholz zu teuren Möbeln verwendet, s. a. Maulbeerbaum). In Brackwasser mit Sumpfgasen geht das Holz aber bald zugrunde, ebenso in Meerwasser, das Bohrmuscheln und Meerasseln enthält.

Holz, das abwechselnd der Nässe und Trockenheit ausgesetzt ist, unterliegt dem Angriff von Fäulnispilzen am meisten, kann aber immerhin lange dauern, wenn es frei von Stärke, Eiweiß und unverholzten Zellen ist. Ob dies durch doppelte Ringelung erzielbar, ist nachzuprüfen. Wenn ja, könnte man solches Splintholz unbedenklich verwenden. Anderenfalls bedarf es eines Schutzes durch fäulniswidrige Anstriche, besser Hochdrucktränkung, oder endlich Auslaugen durch Dampf. Der Dampf muß aber mindestens 60 bis 80 Stunden einwirken, um alle Nährstoffe auszulaugen, was teurer als Hochdrucktränkung und daher nur für beste Möbelhölzer Anwendung findet. Auf Weiterbesprechung der Schutzmittel gegen Fäulnis (und Feuer) muß hier leider verzichtet werden.

Schließlich mögen noch einige allgemeine Angaben Platz finden:

über Größe, Umfang, Alter und Tod der Bäume, wobei Nadel- und Laubhölzer bunt durcheinanderstehen, wenn nach Größe oder Umfang geordnet wird.

Das Höhenwachstum ist bei verschiedenen Baumarten in der Jugend anders als im Alter, was mit deren Lichtbedürfnis zusammenhängt. Eine große Liste der

Durchschnittswerte deutscher Waldbäume von Büsgen
s. a. a. O.⁷⁾ Bd. I, S. 876/7.

Die höchsten Höhen erreichten:

Eucalyptus amygdalina, ein Laubbaum	
Australiens	mit 155 m
Nadelhölzer / Sequoia gigantea	mit 120 „
Kaliforniens / Pseudotsuga Douglasii	„ 90 „
Ceiba pentandra (in Kamerun)	„ 60 „
Nadelhölzer / Picea excelsa (Fichte)	bis 50 „
Deutschlands / Abies pectinata (Tanne)	„ 50 „

Den größten Umfang erreicht der afrikanische Affen-
brotbaum mit 34 (ja bis 45?) m (mehr als 15 m sind aber
Ausnahmen); von Nadelhölzern: Taxodium sempervirens
33 m (aus drei zusammengewachsenen Stämmen); der
Mammutbaum = Sequoia gigantea⁵⁷⁾ in 2 m Höhe über
dem Boden 21 m.

Die großblättrige Linde zu Staffelstein	
mißt in 1,3 m über Boden:	17,00 m
die Eiche bei Wetherby hatte 1842	11,75 „
1908	12,45 „
Umfang in 1,25 m Höhe über dem Boden.	

Das Alter wird durch Abzählen der Jahrringe ge-
messen, wird aber in den Tropen meist überschätzt;⁵⁰⁾
tausendjährige Eichen sind nicht sicher ermittelt. Das
Abzählen ist zudem bei den sehr alten und daher meist
kernfaulen Bäumen recht unsicher.

Der natürliche Tod durch Aufhören der Tätigkeit
des Verdickungsringes ist nirgend beobachtet, wo der
Boden genügend Wasser und Nährsalze liefert. Das
Absterben erfolgt öfters durch Rindenschälung oder Wipfel-
dürre, am häufigsten aber durch Fäulnis des Kernes vom
Boden herauf; letzteres kann übrigens Jahrzehnte dauern
und der Stamm völlig ausgehöhlt sein, ohne das alljährliche
Neugrünen zu verhindern, ein Beweis, daß das Kernholz
an der Saftleitung nicht oder nur sehr wenig beteiligt ist;
dagegen fehlt es bei fortschreitender Innenvermoderung

⁵⁷⁾ v. Tubeuf: Die Nadelhölzer, S. 108, gibt sogar über
20 m (?) Durchmesser! an. Ein Fahrweg von 3 m Breite wurde
im Tunnel unter einem solchen Riesen hindurchgeführt.

an Stützzellen, so daß schließlich solche alten und hohen Bäume dem Windbruch erliegen.

Die Umtriebszeit, d. h. der Zeitraum zwischen Pflanzen und Fällen, wird daher zweckmäßig so eingerichtet, daß der Beginn des Faulens möglichst ausgeschlossen und das Wachstum nicht zu sehr erlahmt ist (vgl. S. 439).

Für alles Weitere müssen Nadel- und Laubhölzer getrennt behandelt werden: Wir besprechen also jetzt gemäß der Einteilung S. 34:

B. Die Nadelhölzer.

Die Nadelhölzer werden in botanischen Büchern häufig als Koniferen bezeichnet, d. h. Zapfenträger, was



Bild 24. *Gingko* (nach Tubeuf⁵⁰)).

insofern verwirrend ist, als es sehr wertvolle Nadelhölzer gibt, die keine Zapfen, sondern Beeren tragen. Die Franzosen haben dafür den Sammelnamen „les résineux“ wegen des für alle Sorten kennzeichnenden Harzgehaltes

(der übrigens auch bei Laubbäumen vorkommt). Früher rechnete man zu den Nadelhölzern auch die Gingko-Arten, deren Nadelansätze sich zu herzförmigen Blättern ausbreiten (Bild 24); in China und Japan sollen sie ein wertvolles Bretterholz liefern. Man hat infolge dieser Einbeziehung des Gingko gegen die Bezeichnung „Nadelhölzer“ eingewendet, daß dieselbe gleichfalls nicht umfassend genug sei. Doch fällt letzterer Einwand heute weg, seitdem man diese Gingkobäume als besondere botanische Unterart der Ginkgoaceen getrennt von den Nadelhölzern behandelt. Schmeil²⁷⁾ und Francé (a. a. O.²⁸⁾ Bd. 4, S. 63) zählen sie sogar zu den Palmfarnen; letzterer nennt den Gingko Elefantenoherbaum, er schreibt Gingko, Schmeil und Tubeuf⁵⁷⁾ Ginkgo; Mayr (a. a. O.³⁰⁾ S. 288) Ginkyo. Bei uns ist Gingko heute nur ein Zierbaum, im Tertiär war er sehr häufig. Wir gehen auf diese Baumart nicht weiter ein, da wir uns auf die für Europa technisch wichtigen Holzarten beschränken müssen. Das Holz des Ginkgo ist zudem den besseren (?), aber weicheeren Nadelhölzern so ähnlich, daß sich eine besondere Beschreibung erübrigt.

Die Nadelhölzer unterscheiden sich von den Laubhölzern dadurch, daß sie 1. keine Gefäße haben (nur ausnahmweise kommen Gefäße im ältesten Jahrringe vor), 2. keine Stützzellen, welche letztere durch die dickwandigen engen Leitzellen des Spätholzes ersetzt werden, die man als Breitfasern bezeichnet, und deren Steifigkeit und Tragfähigkeit daher besondere Stützzellen überflüssig macht. Der Bau der Nadelhölzer ist somit viel einfacher als der der Laubhölzer, ihre Verwendbarkeit als Bauholz durch den schlanken Wuchs und das Fehlen starker Aeste auch viel größer als die der meisten Laubhölzer.

Die Gefäße sind bei mehreren Laubhölzern mit bloßem Auge zu erkennen. Auch bei Nadelhölzern sieht man manchmal Flecke im Hirnholzschnitt, die aber nicht zu verwechseln sind mit jenen Poren oder Gefäßen, sondern Harzgänge vorstellen und erst durch das Ausschwitzen des Harzes mit unbewaffnetem Auge erkennbar werden, sich aber vorher schon durch den herrlichen Harzgeruch der Nase und durch ihre Klebrigkeit dem Gefühl wahrnehmbar machen. Jede Nadelholzart hat ihren besonderen

Harzgeruch, an dem sie aber nur geübte Feinriecher zu erkennen vermögen. Den Weißtannen und Tsuga-Arten fehlen die Harzgänge und folglich auch die sogenannten Harzgallen gänzlich (außer bei kranken Bäumen); bei den anderen Nadelholzarten kommen Harzgänge in wechselnder Menge vor. Manchmal fehlen sie in einzelnen Jahrringen fast ganz, um in den nächsten dann um so zahlreicher zu erscheinen; doch sind dies Ausnahmen. Nach Hch. Mayr⁵⁸⁾ S. 65 enthält im Durchschnitt 1^{cbm} des astlosen Schaftes folgende Harzmengen:

Liste II.

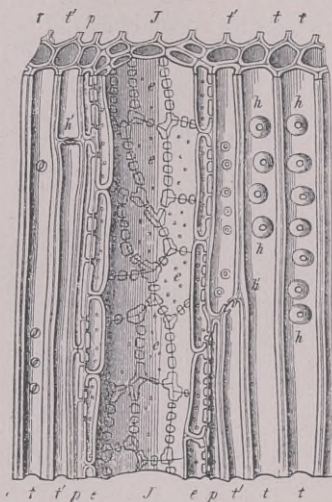
Holzart	Harzgehalt in kg/m ³	bei Raumgewicht r_t
Pechkiefer	bis 61,1	bis 0,70
Weymuthkiefer	16,7 bis 21,5	0,343 bis 0,386
deutsche Kiefer	18,7 bis 19,6	0,506 bis 0,463
Lärche	17,4 bis 18,8	0,626 bis 0,463
Douglastanne	bis 9,2	bis 0,476
Fichte	3,5 bis 6,6	0,400 bis 0,412
Weißtanne	3,1 bis 8,2	0,373 bis 0,423

Man sieht daraus, daß der Harzgehalt nicht durchweg mit dem Raumgewicht wächst, daß insbesondere die sehr leichte Weymuthkiefer einen der höchsten Harzgehalte zeigt, der aber immerhin nur $\frac{1}{20}$, bei der Weißtanne unter $\frac{1}{100}$ ihres Raumgewichtes beträgt.

Das spezifische Gewicht des Harzes aus dem Kern ist meist > 1 (bis 1,007 bei der Lärche), das des Splintes oft < 1 . Es entsteht vermutlich als Ausscheidestoff bei der Verholzung und findet sich in allen Nährzellen, aus denen es zum Teil in Zwischenzellenräume austritt, diese erweitert und im Durchschnitt der verschiedenen Nadelholzarten im oberen Stammteil zu 15 bis 40^{cm}, im unteren zu 30 bis 70^{cm} langen Röhren umgestaltet, in denen es unter solchem Drucke

⁵⁸⁾ Hch. Mayr: Das Harz der Nadelhölzer 1894 gab wohl den ersten und bis jetzt einzigen gründlichen Aufschluß über diese Frage und die Bedeutung des Harzes auch für das Bauholz.

steht, daß es beim Anschneiden herausquillt, was sowohl für das rasche Schließen von Verwundungen der Bäume als für die Harzgewinnung sehr nützlich ist. Die Harzgänge treten nämlich nicht bloß lotrecht zwischen den Rund- und Breitfasern, sondern auch wagerecht in den Markstrahlen auf. Bild 25 a zeigt den Schnitt durch

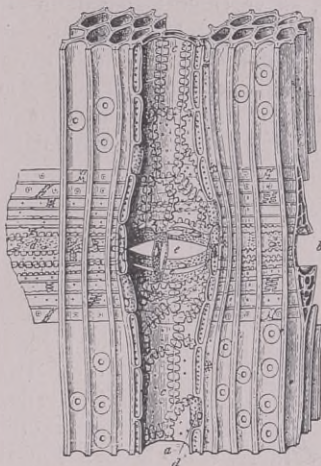


Längsschnitt durch den Harzgang einer Fichte. V. 190/1. *t*, *t* bedeuten die Leitzellen der Grundmasse, rechts mit Hofstüpfeln *h*; *t'* = Begleitzellen des Harzganges *J*, dessen Inhalt mittelst Weingeist aufgelöst und entfernt wurde, um die den Gang auskleidenden Drüsenzellen *e* sichtbar zu machen; *p* sind Nährzellen in Begleitung des Harzganges, s. auch Querschnitt in Bild 31 a.

Bild 25 a nach H. & W. I, S. 41.

einen lotrechten Harzgang der Fichte in 190/1 mit den begleitenden Nährzellen, Bild 25 b die Kreuzung eines lotrechten mit einem Markstrahlenharzgang der Fichte nach R. Hartig. V. 166/1; Bild 25 c eine Harzgalle meiner Sammlung von 7 mm größter Breite auf 4/5 verkleinert.

In die Zellwände des lebenden Baumes kann das Harz nicht eindringen, da diese — auch im Kern, bei dem nur das Zellinnere ausgetrocknet ist — durch ihren Wassergehalt gespannt sind. Bei langsamem Austrocknen des gefällten Stammes aber dringt es als Ersatz des Wassers in die Zellwände bzw. überzieht sie mit einer



Strahlschnitt durch Fichtenholz, mitten durch einen Harzgang; im Hintergrund ein Markstrahl, in dessen Mitte ein wagerechter Harzgang b. des-en Kreuzung mit dem lotrechten deren Verbindung bei c zeigt (durch Weingeistbehanalung wie bei 25a sichtbar gemacht). Aus Wiesner, Bd. I, S. 23. V. 166/1.

Bild 25 b.

trockenen Harzkruste, die zwar deren Wände festigt und gegen Fäulnis widerstandfähiger macht, aber zugleich auch spröder. Faßt man diese Harzkrusten als feste

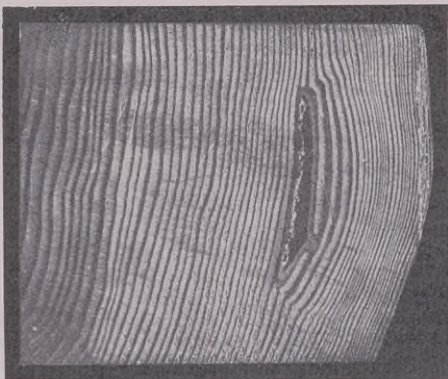


Bild 25 c. Harzgalle in einem Kiefernstück.⁵⁹⁾

Bestandteile auf, so verringert sich dadurch das spezifische Gewicht, wie schon S. 13 bemerkt ist.

Auf gutem Boden und auf der Sonnenseite werden mehr Harzgänge erzeugt als auf magerem Boden an der Winterseite, ja ersterenfalls ist die Erzeugung oft so reichlich, daß auch noch Harzgallen entstehen, d. h. flache Ablagerungen im Jahrringumfang von wechselnder Größe. Sie können Handbreite und bis 7^{mm} Stärke erreichen und sind für die Verwendung des Holzes oft recht unangenehm. Der Wert von Brettern kann dadurch sehr herabgesetzt werden, auch leiden manche Holzverbände dadurch stark. So zeigt die Hängesäule Bild ... gerade in einer Zerreißfläche eine so breite Harzgalle, die beim Bearbeiten nicht zu erkennen war⁵⁹⁾, daß dadurch die Festigkeit der ganzen Hängesäule schwer beeinträchtigt wurde. Dies ist ein weiterer Grund für die Minderwertigkeit der am freien Südrande von Wäldern erwachsenen Fichten und Kiefern. Bei Tannen und Tsugen sind Harzgallen nicht zu fürchten, vgl. oben. — Bäume, die zur Harzgewinnung ausgenutzt werden, enthalten nach dem Abzapfen im Splint so wenig Harz, daß der Splint alsdann minderwertiger wird, wie schon S. 80 bemerkt ist. Der Kern leidet darunter nicht, weil die Verbindung seiner Harzgänge mit dem Splint durch Füllzellen verstopft ist.

Bezeichnungen: Ehe wir zur Einzelbeschreibung der wichtigsten Nadelhölzer übergehen, ist noch etwas über deren Bezeichnungen zu sagen. Im folgenden sind nur die wichtigsten und heute gebräuchlichsten Bezeichnungen in Sperrdruck hervorgehoben, die örtlichen und weniger verbreiteten Handelsnamen aber beigelegt. Welche Verwirrungen noch vorkommen, habe ich in einer Zusammenstellung a. a. O.²⁾ S. 132 gezeigt. Bemerkte sei hier besonders, daß auch die botanischen Namen keine untrügliche Bezeichnung sichern, es sei denn,

⁵⁹⁾ Bild 25 c zeigt zwar, daß die nächsten Jahrringe hinter der Harzgalle verdrückt sind, doch schließt schon der vierte bis fünfte wieder glatt an; das Vorhandensein einer Harzgalle, die mitten in einem Brettstück liegt, ist somit schwer oder gar nicht zu erkennen. Bemerkenswert sind in Bild 25 c auch die dunklen Fleckenstreifen entlang den Markstrahlen, die den Anfang des „Blauwerdens“ bedeuten, das ja immer in den Markstrahlen beginnt.

daß man den Anfangsbuchstaben des Botanikers, von dem die betreffende Bezeichnung stammt, in Klammern beisetzt. Im folgenden sind nur die heute verbreitetsten botanischen Namen angegeben.

1) Die Fichte, *picea excelsa* (Lk.), auch Rottanne (Süddeutschland) und Grähne (Ostseeprovinzen) genannt, ist wohl in Deutschland der verbreitetste und zu Bauzwecken (neben Kiefer) am meisten verwendete Nadelholzbaum, der auch am gründlichsten auf seine bautechnischen Eigenschaften untersucht ist⁶⁾ und daher zuerst besprochen werden soll:

Die Fichte ist der schlankste unserer Nadelbäume, ein Splintholzbaum (s. S. 66), dessen Stamm bei freiem Stande stark abholzige ist, d. h. sich stark nach oben verzweigt (bei im Schlußstand erwachsenen Bäumen weniger stark) bis zu einer dünnen Spitze, die freilich der Blitzgefahr sehr ausgesetzt ist; sie hat flache, sich weit ausbreitende Wurzeln, daher unterliegt sie oft strichweise dem Windbruch und ist im deutschen Mittelgebirge (neben der auf Kalkböden vorherrschenden Buche) wohl der verbreitetste Waldbaum⁶⁰⁾ mit im Alter dicker, zerklüfteter gerbstoffreicher Borke und bei guter Erziehung auch von hoher Astreinheit (vgl. später). Die Fichte eignet sich demnach ebensogut für hohe Masten als für Balken, Bretter und Bohlen, zeigt keinen Farbunterschied zwischen Splint- und Kernholz und liefert als Fettbaum bei richtiger Fällzeit oder bei vorheriger Ringelung auch ein dauerhaftes Holz. Im Vergleich zur Kiefer gilt sie zwar für weniger wetterfest, weil ihr Harzreichtum geringer ist; sie leistet aber bei richtiger Behandlung doch Treffliches und findet daher vielseitige Verwendung trotz ihrer im Durchschnitt etwas geringeren Härte und Festigkeit (vgl. Liste III u. IV). Die Kennzeichen von Fichtenholz

⁶⁰⁾ Nach Büsgen gehört etwa $\frac{1}{5}$ des nutzbaren deutschen Waldbodens der Fichte. In Süddeutschland (Bayern, Oberschwaben, Schwarzwald, Vogesen) macht die Weißtanne ihr oft den Platz streitig, doch findet sie sich wieder vorherrschend in den Alpen und reicht auch weit nach Norden hinauf, verkümmert dort allerdings mehr und mehr, wird schon in Riga als „Grähne“ wenig geachtet, liefert aber in dem wärmeren Schweden und Norwegen noch höher im Norden treffliches, wenn auch langsamer wachsendes und daher engringiges Holz.

an lebenden Bäumen sind allgemein bekannt, nicht aber die Unterscheidung von anderen Nadelhölzern am gefällten und bereits verarbeiteten Holze. Hierzu dienen folgende Merkmale, die sie von der Tanne unterscheiden: Im Hirnschnitt zeigt sie eine mäßige Zahl von Harzgängen, die allerdings meist nur am Dünnschnitt mit

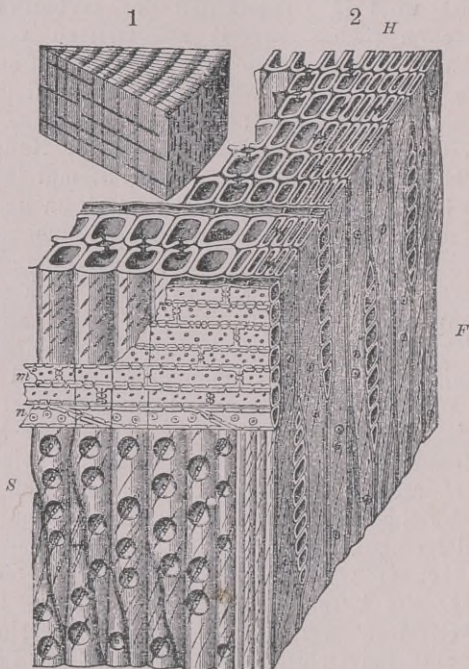


Bild 26, 1 und 2 Fichte (aus R. Hartig¹⁸⁾, S. 4.)

H = Hirnschnitt; F = Eladenschnitt; S = Spiegelschnitt.

Lupe Bild 27 zu erkennen sind. Im Spiegelschnitt sind die Nährzellen der Markstrahlen (mit einfachen Tüpfeln) oben und unten je durch eine einzige Reihe von Leitzellen mit gehöften Tüpfeln begrenzt. Etwa hierbei durchschnittene Harzgänge erscheinen dem bloßen Auge wie Nadelrisse. Im Fladenschnitt erkennt man, daß die Markstrahlen je nur aus einer Reihe lotrecht übereinander liegender Zellen bestehen. — Zur Unterscheidung von der

Kiefer und anderen Nadelhölzern dienen die dort angegebenen Kennzeichen. Bild 26 zeigt bei 1 den keilförmigen Ausschnitt aus einem zehnjährigen entrindeten und ziemlich weitringigen Fichtenstamm, auf dem Hirnschnitt mit einigen unbestimmten Flecken, die Harzgänge bedeuten. Bild 26, 2 ist die hundertfache Vergrößerung der vorderen oberen Ecke von 1 nach R. Hartig¹⁰⁾, mit Hirn-, Spiegel- und Fladenschnitt, aber unter Weglassung der Harzgänge. In Bild 26, 3 hat Hartig den Hirnschnitt durch die Rundfasern, Breitfasern und Harzgänge einiger engerer Jahrringe dargestellt, wozu er selbst bemerkt, daß

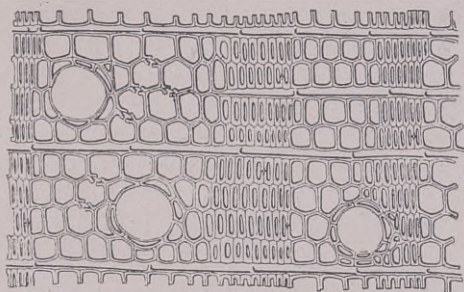


Bild 26, 3. *Fichte Hirnschnitt. V. 100/1.*

die Wandungen der Harzgänge etwas zu fein geraten sind. Er hätte hinzufügen können, daß dies auch für die Wandungen der Breitfasern gilt, die besonders in Bild 26, 2 zu dünn im Verhältnis zur Wandstärke der Rundfasern geraten sind. Bild 27 zeigt bessere Verhältnisse. Wie stark der Unterschied in der Dicke und daher auch Festigkeit und Widerstand gegen Abnutzung ist, zeigt sich, wie bereits S. 72 bemerkt ist, daran, daß die Frühzellen schon durch den vom Wind bewegten Staub und Sand tief hinein abgenutzt werden. Bild 23 stellt die ungleiche Abnutzung eines Eisbrecherpfahls aus Fichtenholz von der alten Weserbrücke bei Nienburg dar, die lediglich durch strömendes Wasser erfolgt ist. Wie ungleich die Vertiefungen sind, zeigen zwei Längsschnitte *aa* und *bb* über den Lichtbildern. Diese Vertiefungen sind dadurch entstanden, daß einzelne Jahrringe besonders viel Frühholz und wenig Spätholz besaßen, so daß, als alles Frühholz

links und rechts abgeflößt war, die zurückgebliebenen dünnen Spätholzrippen schließlich ebenfalls teilweise abbrechen.

Bild 28 zeigt unten die Hirnfläche, oben die geblasene Seitenfläche eines aus zwei Fichtenstücken zusammengeleimten Rahmholzes, das der Wirkung unseres Sand-

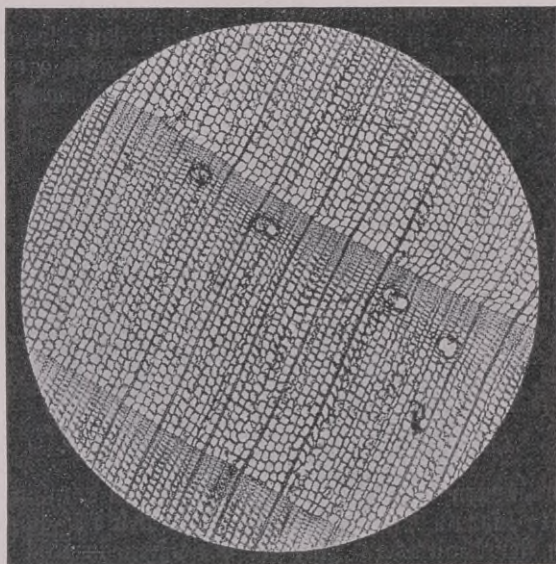


Bild 27. *Hirnschnitt durch Fichtenholz. V. 10/1.*

strahlgebläses mit 2^{at} Preßluft zwei Minuten lang ausgesetzt war. Man sieht aus dem Hirnschnitt, wie verschieden die Jahrringe beider Stücke laufen, was erklärlich macht, warum die Breite der ausgeblasenen Frühholzstreifen auf beiden Seiten so verschieden ist. Bild 28 a zeigt die angeblasene Fläche noch deutlicher.

Bild 29 stellt unten den Hirnschnitt einer Fichtenbohle von 27,5 cm Breite und 7,5 cm Stärke dar, der die Markröhre mit enthält (was meist mit dem nicht ganz eindeutigen Namen Kernbohle bezeichnet wird; zutreffender wäre „Markbohle“). Das abgesägte Stück dieser Bohle ist

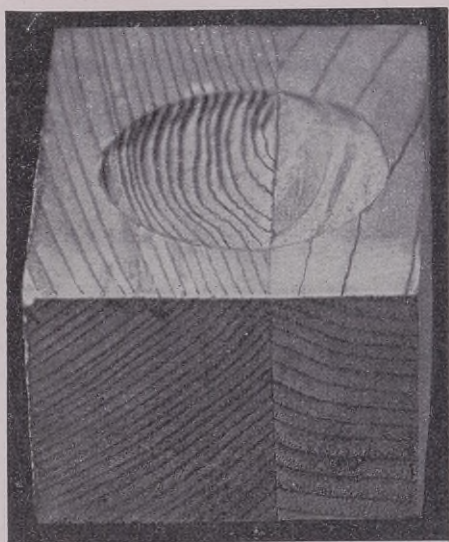


Bild 28. *Zusammengeleimtes Rahmenstück aus Fichtenholz.* []



Bild 28 a. *Draufsicht zu Bild 28.*

in fünf Würfel zerschnitten, die zwei Minuten lang dem Sandstrahlgebläse ausgesetzt und dann über der Bohle aufgestellt wurden. Die Bohle stand lange Jahre im Hausflur, konnte daher für völlig lufttrocken gelten. Die Luftfeuchtigkeit während des Blasens betrug $+ 86 \%$. Die abgenutzten Kreisflächen haben je $4 \text{ cm } \varnothing$; der Gewicht-

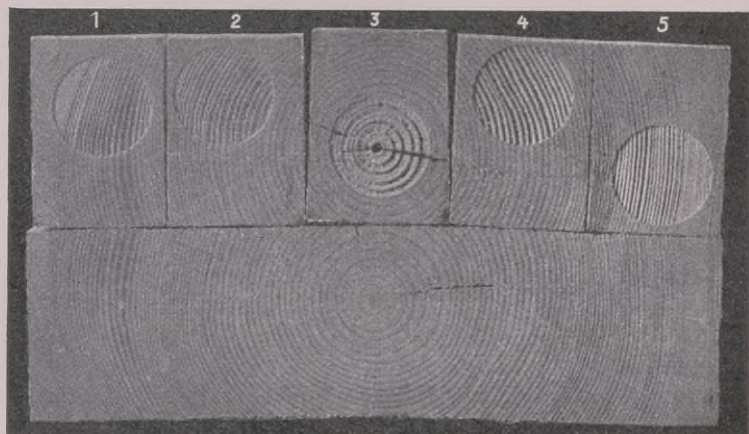


Bild 29. Markbohle einer Fichte; darüber Blasflächen des angrenzenden Stückes.

verlust durch das Blasen ist in Liste III angegeben. Das Blasen fand am 16. September 1912 statt, nach $1\frac{1}{2}$ -monatlicher Regenzeit. Um den großen Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Abnutzung zu zeigen, wurde am 17. April 1913 nach 6monatlicher Heizung des Flurs und bei großer Trockenheit der Außenluft die Bohle selbst in fünf Scheiben geteilt und diese gleichfalls dem Sandstrahlgebläse ausgesetzt, wobei sich die zweite Zahlenreihe ergab. Ein ganz strenger Vergleich beider Zahlen ist allerdings nicht möglich, da die geblasenen Flächen sich nicht genau decken und der Einfluß kleiner Verschiebungen oft beträchtlich schlechtere Jahrringe trifft. Die auffallend kleine Zahl 0,17 (?) rührt vielleicht daher, daß die angeblasene Fläche sehr viel enge Jahrringe hatte, in die die gröberen Sandkörner nicht eindringen konnten. Es soll mit feinerem

Liste III.

Abnutzung von Bild 29 im Sandstrahlgebläse.

Nummer	1	2	3	4	5	Durchschnitt	Feuchtigkeit der Luft
Gewichtverlust am 16. September 1912	0,38	0,46	0,33	0,55	0,42	0,43	86 %
Gewichtverlust am 17. April 1913.....	0,31	0,26	0,27	0,34	0,17 (?)	0,27 (?)	56 %

Sand nachgeprüft werden. Festigkeitzahlen s. später.

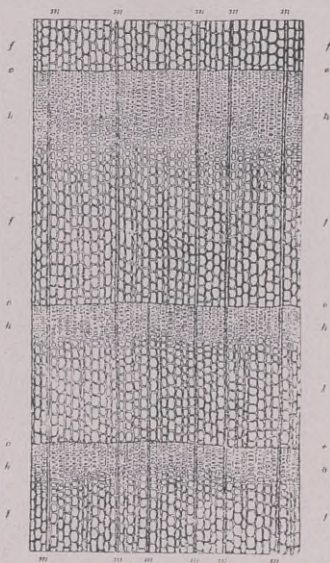
Harzgallen kommen leider bei manchen Fichten recht häufig vor (vgl. S. 95/6).

2. Die Weißtanne⁶¹⁾ oder Edeltanne, *abies pectinata* (D. C.) ist gleichfalls ein Splintholzbaum wie die Fichte, ihr Holz hat auch große Ähnlichkeit mit der letzteren und läßt sich am bearbeiteten Stamme nur mit dem Mikroskop sicher von ihr unterscheiden⁶²⁾, nämlich

⁶¹⁾ Manche sagen schlechtweg „Tanne“, was ungenau. Im Harz z. B. gibt es fast nur Fichten, trotz des bekannten Bergmannspruches: „Es grüne die Tanne...“ Tanne war eben früher der Sammelname für alle Nadelhölzer, ja, von unsern Dichtern wurde „der Tann“ sogar noch allgemeiner für „der Wald“ gebraucht, wenn es der Reim verlangte. Nach Joh. Hoops: Waldbäume und Kulturpflanzen im germanischen Altertum, Straßburg 1905, sollen Tanne und Fichte uralte deutsche Worte sein, Tanne mit der alten Bedeutung von Lohe zum Gerben, Fichte mit der von Pech oder Harz zusammenhängen, während Fuhre im Nordwesten, Kiene im Brandenburgischen uralte Namen sind, aus denen erst im Mittelalter, und zwar vermutlich zuerst in Thüringen Kiefer zusammengezogen wurde. Ahd. Forha hängt ursprünglich mit Eichwald zusammen infolge einer von der Wanderung der Germanen aus Eichen- in Kiefernwaldgegenden herrührenden starken Verschiebung der Wortbedeutung.

⁶²⁾ Aeltere norddeutsche Tischler haben mir gegenüber schon behauptet, daß sie den Unterschied zwischen Tannen- und Fichtenholz am Hobelstoß sicher herausfühlen. Sie täuschten sich aber jedesmal, wenn ich ihnen ein gut gewachsenes Tannenstück zusammen mit einem minderwertigen Fichtenstück zu untersuchen gab.

dadurch, daß der Hirnschnitt keine Harzgänge zeigt, der Spiegelschnitt keine Leitzellen in den Markstrahlen. Letztere bestehen daher nur aus Nährzellen, und ein Dünnschnitt des Hirnholzes zeigt die regelmäßige Anordnung von Bild 30. Die lebenden Bäume sind leicht zu unterscheiden von Fichte und Kiefer durch die breiten flachstehenden Nadeln, wie bei Eibe, aber unten mit zwei weißen Streifen



o o = Grenzen von Jahrringen; ff = Frühholz; hh = Spätholz; m m = Markstrahlen
(Nach Hempel und Wilhelm. I. S. 16.)

Bild 30. Querschnitt aus dem Stammholze der Weißtanne
(*Abies pectinata*), V. 24/1.

(Wachspünktchen) statt der gelben Färbung der Eiben. Die Krone läuft nicht so spitz aus wie bei der Fichte, die Verjüngung ist daher etwas geringer, was für Balkenholz noch geeigneter; der meist geringere Harzgehalt (s. S. 419) läßt sie aber weniger dauerhaft erscheinen als die Fichte, und in Norddeutschland gilt ihr Holz im allgemeinen für weicher und minderwertiger; allgemein anerkannt ist nur, „daß es besser steht“, d. h. weniger schwindet als die Fichte, s. Liste V. S. 117. Als Blindholz ist es daher be-

lieber. In Süddeutschland wird die Tanne höher geschätzt, was daher rührt, daß sie im wärmeren Klima besser gedeiht als die Fichte; ausschließlich örtliche Erfahrungen mußten daher im Norden und Süden zu entgegengesetzten Ansichten führen. Da die Festigkeit der Nadelhölzer von ihrem Darrgewicht abhängt, so zeigt Liste V, daß in der Tat gute Tannen zwar den minderwertigeren Fichtensorten überlegen sind, nicht aber den besten Fichten. Für Tischlerwaren und Fußböden ist die Tanne auch dadurch im Nachteil, daß das Holz im Alter grau wird, während das Holz der Fichte bei gutem Scheuern weiß bleibt. Die Rinde der Tanne ist in der Jugend glatt, dunkelgrün, später grauweiß, die der Fichte rötlich, daher die in Süddeutschland üblicheren Bezeichnungen Weiß- und Rot-tanne. Der stattliche gleichmäßige Wuchs macht die Weißtanne beliebt als freistehenden Parkbaum, daher der Name Edeltanne. Solche freistehenden Bäume, ob Fichte oder Tanne, liefern aber nach S. 73/4 stets ein minderwertiges und sehr ästiges Holz, und in Norddeutschland mag dies bei der Seltenheit der Tanne als Waldbaum gleichfalls zur Geringschätzung ihres Holzes gegenüber der geschlossen aufgewachsenen Fichte beigetragen haben. In Süddeutschland findet man die besten Tannen im Gebirge (Schwarzwald und Vogesen); die auf dem nassen und weichen Boden Oberschwabens gewachsenen Tannen gelten auch dort für minderwertig. Manchmal überragen die Gipfeläste die Stammspitze, was man im Hügelland als Storchnest, im Hochgebirge als Adlerhorst bezeichnet.

Die übrigen Nadelhölzer sind durchweg Kernholzbäume. Das wichtigste ist:

3. die Kiefer, Föhre, Fuhre, *pinus silvestris* (L.). In Süddeutschland und Oesterreich ist noch allgemein der alte Name Föhre verbreitet (auch Forche und Forle), in Niedersachsen und Skandinavien Fuhre; im Ostseegebiet von Berlin bis Reval heißt sie leider noch vielfach „Fichte“ was dem Holzhandel nachteilig. Einzelne besonders harzreiche Späne heißen Kienholz; daraus schnitten unsere Altvorderen als einzige Abendbeleuchtung die Kienfackeln. Kienholz und Föhre wurde dann erst im Hochdeutschen zu „Kiefer“ zusammengezogen. Letzterer Name

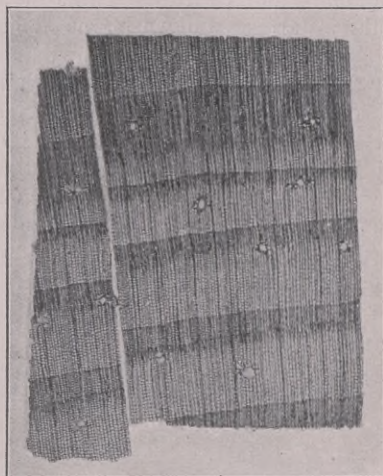
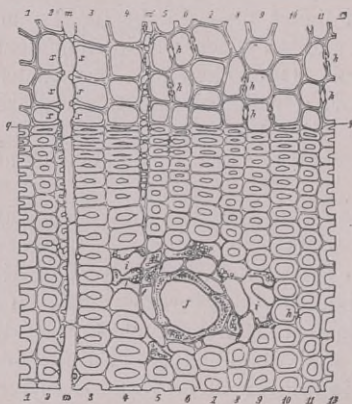


Bild 31. Kiefer. V. 4/1.



Oberhalb *q q*: Frühholz (Rundfasern des nächsten Jahresringes); unterhalb *q q*: Spätholz mit Harzgang *J*, umgeben von weiten Nähzzellen, die teilweise Stärkekörnchen enthalten. (Die Lücken *i* sind nur infolge Verschiebung beim Dünnschnitt entstanden.) Das Harz in *J* ist durch Alkohol aufgelöst und entfernt worden. 1—12 sind Leitzellen, bei *h* durchschnittene Hofstüpfel; *m m* = Markstrahl mit sehr dünnwandigen Nähzzellen (bei *x*); *m'* = Nebenmarkstrahl. V. 150/1, aus H. und W. I, S. 125.

Bild 31 a. Hirnschnitt durch Kiefernholz.

herrscht heute in der Schriftsprache vor. Zahlreiche örtliche Bezeichnungen s. z. B. in Brockhaus.

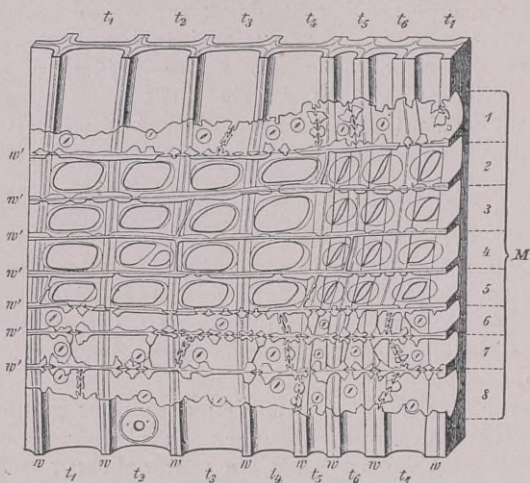
Die Kiefer ist nächst der Fichte der weitestverbreitete Nadelholzbaum der gemäßigten Zone, wird nach Norden hin immer vorherrschender, gedeiht auf allen Böden, selbst auf dem dürrsten Sandboden, daher zur Anpflanzung von Oedländereien sehr geeignet (Strandkiefer in Les Landes mit berühmter Harzbalsamgewinnung) und liefert im Alter ein Kernholz, das nächst der Eiche und Lärche für besonders wetterbeständig gilt, daher für Wasserbauten wohl am verbreitetsten ist. Dies trifft jedoch nur für gut gewachsene ältere Stämme zu, während jüngere zu viel Splint enthalten und, falls sie nicht zur Fettzeit gefällt sind, wenig Dauer besitzen. Das Äußere mit seinen büschelförmigen Nadeln, seiner in der Sonne rotleuchtenden und in Schuppen sich von selbst abstoßenden Rinde, dem schlanken, bei gutem Aufwuchs auch astreinen Stamme, aber mit der Neigung zu schräg aufwärts steigenden Ästen, die als Astquirle sich rings um den Stamm in Abständen gleich einem Jahreslängstrieb ansetzen und entfernt werden müssen, ist bekannt. Die Spitze zeigt häufig Gabelung bis zu schirmartigen Kronen (bes. die Pinien).

Farbe des oft bis handbreiten Splintes gelblich bis rötlichweiß wie die des frischen Kernholzes. Letzteres färbt sich aber beim Austrocknen bräunlichrot und hebt sich dann scharf vom Splint ab. Die Jahrringe sind etwas wellig, Bild 33, die Harzgänge zahlreich, größer und deutlicher als bei anderen Nadelhölzern, oft in der Mitte des Jahrringes reihenweise geordnet, im ersten Frühholz meist fehlend. Bild 31 zeigt einen Dünnschnitt durch Hirnholz V. 4/1, Bild 31a desgl. V. 150/1. Markröhre oft recht groß, bis 4^{mm}, manchmal aber verschwindend klein.

Die Markstrahlen bestehen aus dünnwandigen Nährzellen, die oben und unten durch Leitzellen mit zackigen Wänden und kleinen Hoftüpfeln begrenzt sind. Meist finden sich mehrere Reihen Leitzellen, wodurch sich das Holz von dem der Fichte unterscheidet, ebenso durch die Zacken Bild 31b aus H. und W. Je nach Standort und Bodenfeuchtigkeit ist bald die Frühholz-, bald die Spät-

zone des Jahrringes kräftiger entwickelt, so daß Raumgewicht und Festigkeit zwischen weiten Grenzen schwankt und unter das guter Fichten sinken kann (s. Liste V).

Bild 32a zeigt die Wirkung des Sandstrahlgebläses auf den Hirnschnitt einer weichen Kiefer (d. h. mit vorherrschendem Frühholz); die halb im Schatten liegenden dunklen Punkte sind Harzgänge. Bild 32b zeigt einen anderen Schnitt desselben Holzes mit eingewachsenem Aste. Bild 32c zeigt einen Sehnenschnitt, entsprechend der unteren Fläche



t_1 bis t_7 = angeschnittene Leitzellen (Rund- und Breitfasern); M = Markstrahl mit wagerechten Längswänden w' ; die Reihen 2 bis 5 sind Nährzellen, 1, 6, 7 und 8 Leitzellen mit zackigen Wandverdickungen; aus H. und W. I, S. 40.

Bild 31 b. Spiegelschnitt durch Kiefernholz. V. 225/1.

von Bild 33, bei dem das Spätholz in der Mitte des Bildes weggeholt war, so daß dort der nächstuntere Jahrring teilweise freigelegt wurde. Man erkennt aber, daß die Abnutzung beim Begehen geringer wird, als wenn die andere Seite des Brettes begangen würde, da dann ganze Jahrringspäne freigelegt und abgezogen werden könnten, wie man das so oft bei fehlerhaft gelegten Fußbodendielen sehen kann. Bild 33 zeigt im unteren Teil den Hirnschnitt einer Bohle aus der trefflichen Kiefer, die von der Mark Brandenburg bis nach Ostpreußen hin wächst (sie wird im Holzhandel häufig als polnische

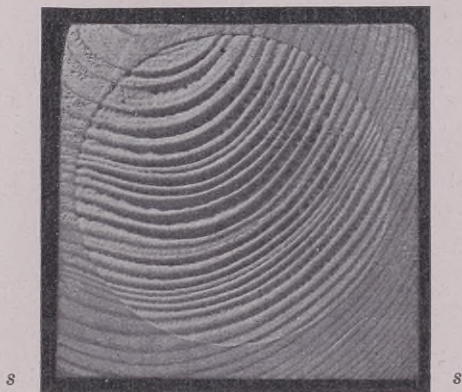


Bild 32 a. *Wciche Kiefer.*

Kiefer bezeichnet, obgleich sie dort seltener; in Sümpfen wachsen nur geringere Kiefern). Die Festigkeit und Dauer dieser Kiefer ist so hervorragend, daß sie den besten ausländischen Kiefern gleichkommt. Das Spätholz herrscht vor, auch der breite helle Splint ist ziemlich fest, der Wechsel der Witterung in den verschiedenen Jahrgängen läßt sich deut-

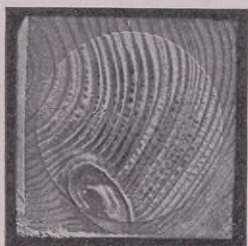


Bild 32 b.
Desgleichen mit Ast.

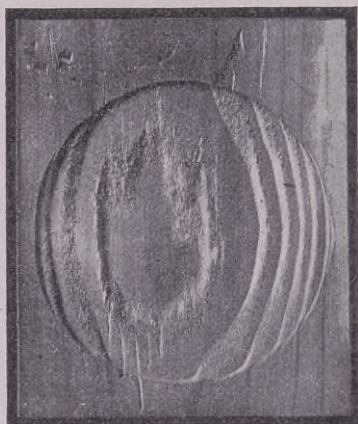


Bild 32 c.
Seitenansicht ss zu Bild 32 a.

lich ablesen (vgl. [S. 75]). Die flachen Wellenlinien der Jahrringe sind zu erkennen. Das angrenzende Bohlenstück wurde in sechs Platten zerschnitten, die in gut luft-trockenem Zustand je zwei Minuten lang bei 15° C und 86 % Luftfeuchtigkeit im nassen Herbst 1912 dem Sandstrahlengebläse ausgesetzt wurden und dabei folgende Gewichtverluste ergaben, denen diejenigen vom 18. April 1913 bei trockener Witterung hinzugefügt sind (wie in Liste III).

Liste IV.

Abnutzung der Kiefer (Bild 33) im Sandstrahlgebläse.

Nummer	1	2	3	4	5	6	Durchschnitt	Luftwärme	Luftfeuchtigkeit
Gewichtverluste in Gramm am 16. Sept. 1912	0,23	0,30	0,32	0,33	0,34	0,32	0,307	14°	86 %
Gewichtverluste in Gramm am 18. April 1913	0,22	0,26	0,28	0,27	0,24	0,21	0,247	17°	55 %

wozu betreffs der stärkeren Abweichungen dieselben Bemerkungen zu machen sind wie zu Liste III und Bild 29.

Man sieht daraus: erstens, daß die gute ostpreußische Kiefer viel widerstandsfähiger ist als die wenig Spätholz enthaltende Fichtenprobe Bild 29, zweitens, daß die Abnutzung (Gewichtverlust) im Splint eher kleiner ist als im Kern. Letzteres darf allerdings nicht verallgemeinert werden, sondern hängt wesentlich davon ab, ob der Sandstrahl mehr breite Jahrringe mit vorherrschendem Frühholz oder schmale mit viel Spätholz getroffen hat, läßt aber vermuten, daß die Minderwertigkeit des Splints im allgemeinen nicht in dessen geringerer Festigkeit, sondern lediglich in seiner geringeren Dauer begründet ist, die jedoch durch geeignete Fällzeit und entsprechende Voroder Nachbehandlung verbessert werden kann. Drittens aber beweist dies, daß die viel verbreitete Ansicht, engringiges Holz sei fester als weitringiges, nur dann zutrifft, wenn in den weiten Jahrringen das Frühholz vorherrscht. Die Abmessungen der Bohle 33 in Zentimetern sind aus Bild 33a ersichtlich, ebenso die Kern- und Splintzone.

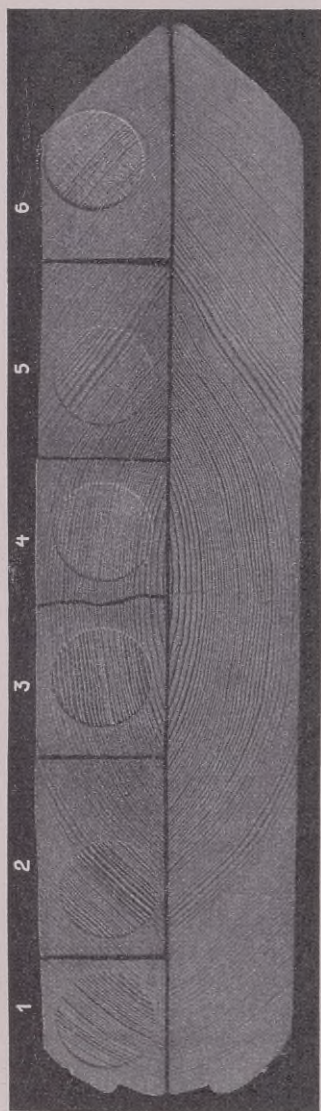


Bild 33. Unten ostpreussische Kiefernbohle darüber Blasflächen des angrenzenden Stückes.

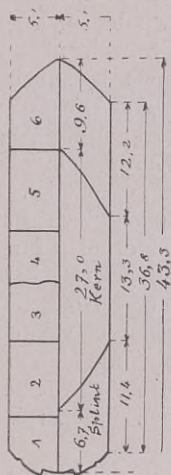


Bild 33 a. (Gerippe zu Bild 33.)

Abarten der gemeinen Kiefer sind sehr zahlreich. Unter den europäischen Kiefern sind zu nennen:

a) Die Gotlandkiefer, die für besonders gut gilt, aber wohl mit der ostpreußischen übereinstimmt,

b) die österreichische Schwarzkiefer, deren Holz von dem harzreichen Holze der gemeinen Kiefer nach R. Hartig nicht zu unterscheiden ist. Wilhelm gibt jedoch ihr durchschnittliches r_t zu 0,67 an gegen 0,52 der gemeinen Kiefer.

c) Die Zirbelkiefer oder Arve, *Pinus Cembra*, die kreisrunde Jahrringe zeigt, breiten Splint und sehr leichtes weiches und leichtspaltiges Holz besitzt, das wenig schwindet und schön Politur annimmt, als Bauholz gar nicht, wohl aber für Tischler, Drechsler und Holzschnitzer gesucht ist, auch sehr dauerhaft und harzduftend.

d) Die Weimutkiefer, *pinus strobus* L., eine amerikanische Abart von c, die 1705 von Lord Weymouth in Europa eingeführt und zur Aufforstung von Waldblößen sehr gesucht ist. Sie hat sehr hohen Harzgehalt (s. Liste II), gleichmäßiges gut stehendes Holz und ist daher als Tischlerholz, für Rolläden usw. sehr gesucht. Oberforstmeister Kraft hat sie in Hannover eingebürgert und ältere Stämme trotz ihrer Weichheit auch für Fußböden von Förstereien verwendet, die sich ihrer Gleichmäßigkeit halber wenig abnutzten. In der Jugend soll ihr Holz nach R. Hartig weniger Harz enthalten und geringere Dauer haben. Neuerdings wird sie kurzweg als „Strobe“ bezeichnet.

e) Die Strandkiefer, *pinus pinaster*, ist schon S. 107 erwähnt. Sie bedarf warmes Klima. Das Kernholz soll sehr gut sein. Weiteres bei Petsche⁸⁹⁾ S. 91 ff.

Hervorragend gutes Holz liefern folgende amerikanischen⁶³⁾ Abarten:

f) die Pechkiefer, *pinus australis* oder *palustris*, auch als *pinus ponderosa* wegen ihres hohen Raumgewichtes $r_t = 0,75$ bezeichnet. Die englische Bezeichnung pitch-pine ist in Nordwestdeutschland geläufiger als die deutsche Uebersetzung Pechkiefer. Sie wächst hauptsächlich an der Ostküste der Vereinigten Staaten und ist in älteren Jahren so harzreich, daß sie sich fettig anfühlt und keinen Anstrich verträgt, hat auch so sehr vor-

herrschendes Spätholz, daß sie als druck- und wetterfesteste Nadelholzart gilt und zum Schiff- und Wasserbau, aber auch zu Fensterrahmen hoch geschätzt ist. Bild 34 a zeigt einen Hirschnitt, dessen Rückseite angeblasen wurde und sehr geringe Abnutzung ergab, (0,20 g auf die Blassefläche von Bild 33 umgerechnet). Die Lichtbildaufnahme dieser Rückseite konnte nicht wiedergegeben werden, weil die breiten dunklen Spätholzstreifen, die unversehrt ge-

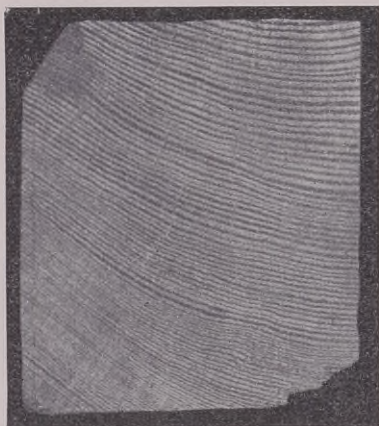


Bild 34 a.

Pechkiefer.



Bild 34 b.

blieben, im Bild wie Vertiefungen wirken würden. Bild 34 b stellt Querrahmen und Wasserschenkel zu einem Fenster dar, wie es in Amerika ohne Anstrich beliebt ist. Leider ist die Pechkiefer durch Raubbau so selten und teuer geworden, daß die Ausfuhr fast ganz aufgehört hat. In Nordostdeutschland nennt man sie yellow pine wie die folgende:

g) Die Gelbkiefer (yellow pine), *pinus mitis*, der Pechkiefer sehr ähnlich (manche wollen nur einen Unterschied im Standort, nicht in der Holzart zugeben), aber von mehr rötlich leuchtender Farbe (gegenüber dem Dunkelbraun der Pechkiefer) und etwas weniger dauerhaft, aber immer noch eine der besten Kieferarten, die im Südosten der Vereinigten Staaten, besonders in Florida, früher massenhaft wuchs⁶³) und bei uns sehr begehrt

ist, sowohl als bestes Tischlerholz zu Türen, Fenster-
rahmen (Bild 35), Fußböden, wie auch zu Laufbohlen bei
Wasserbauten usw.

Das Harz leuchtet bei dünnen von der Sonne be-
schienenen Türfüllungen sehr schön durch. Oelanstrich
verträgt auch dieses Holz schlecht; man soll es nur
lackieren, nachdem vorher mit einem sogenannten Holz-
füller die Poren verstrichen sind (s. „Farbe und Lack“



Bild 35. Gelbkiefer.

1913, S. 55). Leider wird auch dieses Holz immer
seltener und teurer, die Einfuhr bei uns ist aber noch eine
beträchtliche⁶³⁾.

⁶³⁾ Eine gute Zusammenstellung über Vorkommen, Eigen-
schaften und Festigkeit der amerikanischen Nadelhölzer s. in
Cline und Heim: Tests of structural timbers, Bulletin 108 des
Un. St. Forest Service, Washington 1912. Demnach teilt man
im Handel die Gelbkiefer ein in Longleaf-pine mit schmalen
Jahrringen (mehr als 4 auf 1 cm), höchstens 30 % Splint, auch
vorherrschendem Spätholz und Shortleaf-pine mit breiteren
Jahrringen, viel Splint und vorherrschendem Frühholz.

Das Handbuch der Yellow Pine Manufacturers
Association vom Jahre 1911 (neue Auflage im Druck) gibt
nach Engineering Record 1913, II, S. 27, folgende Zahlen über
die Holzvorräte der Südstaaten im Jahre 1912:

h) Die Rotkiefer, *pinus resinosa*, red pine Californiens und Kanadas, früher Ersatz für Pech- und Gelbkiefer, jetzt fast verschwunden; auch ist es fraglich, ob dies nicht eine ältere Bezeichnung für Douglastanne ist (s. unten). Cline und Heim⁶³⁾ bezeichnen *pinus resinosa* als „Norway pine“, die von Neu-England und den großen Seen stamme, sich aber scharf von Weiß- und Rottanne unterscheide. Sie wird auch oft schlechtweg als Rotholz bezeichnet, doch ist letzterer Name heute im Handel so vieldeutig geworden, daß man sich ohne genauere Angabe der Herkunft nicht auf dessen Kauf einlassen sollte. Sequoia- und Eucalyptusarten werden im Handel gleichfalls häufig als Rotholz bezeichnet.

4. Die Lärche, *larix europaea* D. C. (oder *decidua*), den vorgenannten europäischen Nadelhölzern überlegen an Festigkeit, Harzgehalt, Schönheit und Dauer des Holzes, $r_t = 0,62$, ist heimisch und gedeiht besonders gut in den Hochalpen (Steinlärche) und in den Karpathen, auch im mährischen Gesenke, während sie in den Niederungen Deutschlands nur auf ihr zusagendem Boden Anpflanzung verdient, aber z. B. im Wiener Wald gut fortkommt⁶⁴⁾;

232,3	Billionen Fuß von Longleaf-pine	= 36,5 %
152,1	„ „ „ Shortleaf- „	= 24,1 %
40,4	„ „ „ Cypressenholz	= 6,4 %
209,2	„ „ „ Harthölzer	= 33,0 %

Zus. 634,0 Billionen Fuß Gesamtzahl 100,0 %

Florida liefert nur noch wenig Gelbkiefer. Von den 2 Milliarden Fuß, die im Jahre 1912 verschifft wurden, kommt das meiste aus Luisiana, Arkansas, Texas, Mississippi (30 bis 22 %), Alabama liefert 7,4, Missouri und Oklahoma 4,7, Georgia und Florida nur 1,21 % der ganzen Gelbkiefernverschiffung aus den Südstaaten; dabei stammt aus Arkansas, Missouri und Oklahoma hauptsächlich Shortleaf- und Loblolly-pine, aus den anderen Staaten hauptsächlich Longleaf-pine.

Weiteres über Hölzer der Ver. Staaten und Kanadas s. in Bäterden: Timber, London 1908, S. 65/120. Loblolly-pine ist hiernach grobringlger, leichter und enthält mehr Splint als Longleaf-pine, hat aber letzteres in vielen Südstaaten verdrängt bzw. ersetzt; ihr Holz gleicht mehr dem Shortleaf-pine, das zwar besser, aber oft schwer zu unterscheiden ist. Die neuesten Anschauungen des U. S. Forest Dep. gibt Foster wieder in „A Treatise on Wooden Trestle Works New York“ 1913, S. 139 ff.

⁶⁴⁾ Janka hat soeben in Heft IV seiner Holzuntersuchungen (Heft 37 der ganzen Folge)⁶⁾ Lärchen aus dem Wiener Wald, Schlesien (mährisches Gesenke) sowie Nord- und Südtirol be-

sehr häufig ist sie in Sibirien, das ihre zweite Heimat sein soll. Einige wollen die sibirische als besondere Abart (*larix sibirica*) unterscheiden, die teils für weniger gut, teils für besser als die europäische angesehen wird. Es mag wohl auch dort auf Standort und Klima ankommen, wie bei uns. Vom Fichtenholz sind Splintstücke minderwertiger Lärchen sehr schwer zu unterscheiden (vgl. Wiesner II, S. 150). Jedenfalls hält die Lärche sehr hohe Kältegrade aus und zeichnet sich vor allen andern Nadelhölzern dadurch aus, daß sie ihre hellgrünen Nadeln im Winter abwirft, weshalb sie weniger unter Schneedruck leidet als die immergrünen Nadelhölzer. Da sie als Tischlerholz sehr begehrt ist, wird sie für Bauholz meist zu teuer; nur in der Nähe ihrer Hauptstandorte legt man noch heute besonderen Wert auf Lärchenholzbauten. Täfelungen aus Lärchenholz sind der Stolz der Alpenbauernhäuser. Für Rammpfähle gibt es nichts Besseres (Kampanile in Venedig) als ungekrümmte Lärchenpfähle — häufig findet man leider den Stamm am Boden etwas gekrümmt, ja sogar förmlicher Säbelwuchs kommt vor — und zu Caesars Zeit wurde die Lärche sogar für unbrennlich gehalten, da sie ihres Harzreichtums wegen langsamer verkohlt, was bei der heute beliebten Harz- und Terpentinölgewinnung nur selten mehr zutrifft (vgl. S. 96). In Amerika scheint das Lärchenholz weniger geschätzt zu sein. Cline nennt zwei Arten, Western Larch (*larix*

handelt. Er findet schon die schlesische Lärche physiologisch verschieden von der Alpenlärche und erklärt die Südtiroler Lärche für die minderwertigste; am besten ist das Holz aus dem Wiener Wald (angepflanzt), dann aus Schlesien, dann aus Nordtirol; die Anzahl der Proben ist aber noch zu klein.

Es kommt auch viel auf Boden und Standort an. Nach D. D. G. ⁶⁵⁾ 1905, S. 203, unterscheidet man in der Schweiz und anderen Alpenländern zwischen 1. Grasläarchen, die auf bestem grasreichen Boden rasch wachsen, aber ein weiches, weißliches Holz liefern, das nur gegen die Mitte zu hellrot wird und dessen Dauer die der Kiefer nicht überschreitet, und 2. Steinläarchen, die auf steinigem oder festem lehmigen oder auch auf besserem Boden in den ersten 30 Jahren rasch in die Höhe, von da aber mehr nur in die Dicke wachsen; je sonniger der Standort und je älter sie werden, um so dunkelroter und wertvoller wird das Holz. Im Wallis scheint auf Urgebirgsboden nur diese dunkelrote Sorte zu wachsen, der Kalkboden Südtirols scheint ihr demnach weniger zu behagen.

occidentalis) und Tamarack (*larix laricina*). Baterden⁶³) unter S. 82 scheidet nur Tamarack und Hackmatack oder Black larch, hält aber beide für besser als die europäische Lärche.

Ungetränkte Eisenbahnschwellen aus Hemlock- (s. u.) und Tamarackholz sollen auf einer Versuchstrecke bei Janesville, Wis., nach $5\frac{1}{2}$ Jahren verfault sein, während getränkte nach dieser Zeit wie neu aussahen.

Vergleich der bisherigen vier Nadelholzsorten:

R. Hartig gibt folgende Zusammenstellung von Mittelwerten über die vier genannten Nadelholzsorten:

Liste V.

Holzart	Darrgewicht r_0	Schwindmaß
Lärche	0,62—0,55	12,1 $\frac{0}{0}$
Kiefer	0,51—0,45	11,2—12 $\frac{0}{0}$
Fichte	0,48—0,43	13,1—13,5 $\frac{0}{0}$
Weißtanne	0,45—0,42	11,5 $\frac{0}{0}$

Da nach S. 27 die Druckfestigkeit der Nadelhölzer mit ihrem Darrgewicht steigt, so erscheint hiernach das Lärchenholz als das festeste, dann die Kiefer. Doch sind gute Fichten den minderen Sorten von Kiefer überlegen, ebenso gute Tannen den minderen Sorten von Fichte.

5. Die Tsugaarten sind den Weißtannen verwandt, kommen nur in Nordamerika, am Himalaja und in Japan vor, heißen auch Schierlings- oder Hemlocktannen, haben für uns aber wenig Verwendung — unterliegen auch leicht den Pilzangriffen — bis auf die falsche Tsuga 5a. Weiteres s. bei v. Tubeuf a. a. O.⁵⁷) S. 86.

5a. Die Douglastanne oder -fichte, *Pseudotsuga Douglasii*, auch red(?) fir und Oregon pine genannt, stammt aus Amerika, erreicht dort Höhen bis 90, ja 100 m, wird aber als eines der dankbarsten Nadelhölzer seit 1827 auch in Europa gepflanzt (in größerem Maßstab von

Fürst Bismarck im Sachsenwalde)⁶⁵⁾; sie wächst sehr schnell und liefert breite Jahrringe, aber mit vorherrschendem Spätholz (Bild 22), hat auch große Dauer und

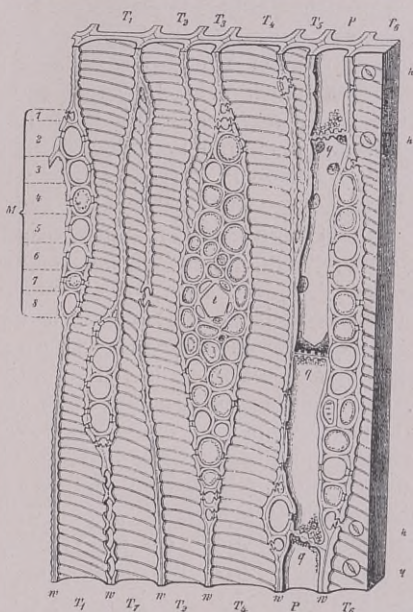


Bild 22. Stammscheibe einer Douglasfichte (*Pseudotsuga Douglasii*) mit sehr deutlichen Jahrringen. (Nach Wilhelm.)

Festigkeit, kommt an Güte dem Lärchenholz nahe, verdient daher bei uns größere Verbreitung. Bemerkenswert sind einzelne breite Markstrahlen, z. B. dreireihige

⁶⁵⁾ Vgl. John Booth: Die Einführung ausländischer Holzarten in die preußischen Staatsforsten unter Bismarck, Berlin 1903. — Nach Semler soll die Güte des Holzes je nach Standort stärker wechseln, als bisher verlautete. Dies bestätigte die Erfahrungen in Cassel, wo in der Carlsau mit ihrem hohen Grundwasserstand und Diluvialboden die Douglastanne schlecht, auf dem Basaltboden von Wilhelmshöhe aber so gut gedeiht wie im Sachsenwalde. Ueber neuere Erfahrungen mit Anpflanzung der so dankbaren Douglastanne berichten die Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft, auf die wir mit der Abkürzung D. D. G. häufig verweisen werden. Diese verdienstvolle Gesellschaft scheint in unseren Botaniker- und Forstkreisen noch viel zu wenig bekannt zu sein; besser würde sie sich „Gesellschaft der Baumfreunde“ nennen. Ihre Mitteilungen (Jahresberichte) bieten reiche Anregung. Ueber Douglasfichte vgl. D. D. G. 1908, S. 95, und 1909, S. 69/95. Danach gibt es in Amerika zwei Arten, die Gebirgs- und die Küstenform. Nur letztere eignet sich für Europa, an südlichen Berghalden leidet sie oft durch die Wintersonne.

bei *i*, Bild 36. L. Klein⁶⁶⁾ beschreibt die Douglastanne so: „Sie hat die Gestalt der Fichte, Nadeln ähnlich der Weißtanne, Kern und Splint wie die Kiefer, auf tiefgründigem,



T = Leitzellen mit schraubenförmigen Verdickungstreifen; *P* = Nährzellen, *q* deren Querwände; bei *M* ein einschichtiger, bei *i* ein mehrschichtiger Markstrahl mit Harzgang; 1 und 8 sind Leit-, die übrigen Nährzellen; zwischen *T*₄ und *T*₅ oben ein Markstrahl mit nur einer Leitzelle.

Bild 36. Sehnenschnitt durch das Frühholz der Douglastanne, aus H. und W. I, S. 39. V. 200/1.

Bild 25 b, S. 95, zeigt den Strahlschnitt dazu (dessen breiter Markstrahl mit Harzgang *i* übrigens auch bei der Fichte vorkommt).

fruchtbarem, frischem Boden bei erheblicher Luftfeuchtigkeit erreicht sie fast die Holzfestigkeit der Lärche.“

⁶⁶⁾ Ludwig Klein: Waldbäume und -sträucher. Band IV der Sammlung naturwissenschaftlicher Taschenbücher, Heidelberg 1910, mit 100 trefflichen Farbentafeln ist für Waldwanderungen als handliches Taschenbuch sehr zu empfehlen; kostet gebunden nur 3 M. Für eine zweite Auflage wäre eine kurze Inhaltübersicht und fortlaufende Seitenzahlen zu wünschen, da sich der Anfänger sonst nicht rasch genug zurechtfindet.

6. Küstensequoie, *Sequoia sempervirens*, auch Rotholz = red-wood, genannt, kommt an der kalifornischen Küste noch massenhaft vor und liefert ein hochgeschätztes Bauholz mit schmalem Splint, bläulichrotem Kern, harzarm und ohne Harzgänge, aber sehr gerbstoffreich, daher trotzdem dauerhaft, wird viel nach Westen und Süden ausgeführt. Es brennt auch sehr langsam und wurde für einen angeblich unverbrennlichen Hotelbau in San Francisco verwendet, der aber gänzlich niederbrannte.

Der Name „red-wood“ oder Rotholz wird übrigens in unseren Handelshäfen für zahlreiche andere rötliche Holzarten verwendet (vgl. S. 115), daher *Sequoia sempervirens* oder (nach Wilhelm)⁵⁾ „Küstensequoie“ vorzuziehen ist.

Von anderen *Sequoia*arten ist nur noch die *Sequoia gigantea* zu nennen, auch Mammutbaum — früher *Wellingtonia gigantea* — genannt, ein beliebter Baum unserer Ziergärten, in Nevada aber zu Riesenbäumen gediehen. Es ist der zweithöchste Baum der Welt (vgl. S. 90), aber die angeblich mehrtausendjährigen Riesen, deren einer für die Chicagoer Ausstellung gefällt wurde und von dem Probestücke in die verschiedenen Sammlungen wanderten (im botanischen Museum in Dahlem⁷¹⁾) ist ein Keilstück von 2,33 m Halbmesser und 1387 Jahrringen), sind nur noch in wenigen Stücken vorhanden und genießen Naturdenkmalschutz, ähnlich wie:

7. die Zedern des Libanon, deren Vorfahren angeblich zum Bau des Tempels Salomos verwendet sein sollen, was nach neueren Forschungen, z. B. von Francé, angezweifelt wird, ebenso ihr Ruhm, das beste Bauholz zu sein. Im Atlas und Himalaja sollen bessere Zedernhölzer wachsen. Das Holz der Zeder (*Cedrus*, auch *Larix cedrus*) ist dem der Lärche verwandt, weicher als letzteres, aber ebenso dauerhaft und sehr zähe, daher zu Schnitzereien beliebt. Als Bauholz selten verwendet, daher sei wegen der verschiedenen Abarten auf Kraus⁵⁾; S. 662/4, verwiesen.

Mit dem Namen Zeder wird übrigens vielerlei bezeichnet, besonders die weichen Zypressen- und Wacholderarten, wie z. B. der gemeine Wacholder (*Juniperus communis*), der Sadebaum oder Sebenbaum (*Juniperus sabina*), bei uns nur als Gesträuch gepflanzt und zu Oelarten ver-

wendet, auch als Abtreibmittel, daher ihr Zuname Kindermord, ferner das hochgeschätzte virginische Zedernholz (*Juniperus virginiana*), das wohlriechende Bleistiftholz, das aber für Bleistiftfassungen jetzt so massenhaft verbraucht wird, daß schon Mangel eintritt und die Preise so hoch sind, daß selbst für Kunsttischler nichts mehr übrig bleibt. (Auch das echte Zigarrenkistenholz wird fälschlich Zedernholz genannt; es stammt aber von einem südamerikanischen Laubholzbaum, *cedrela odorata*, der übrigens durch Raubbau schon so verteuert ist, daß für billigere Zigarrenkisten heute Erlen und Lindenholz vorherrscht.)

Zuletzt sind zwei Nadelhölzer mit Beeren statt der Zapfen zu nennen, nämlich:

8. die Eibe (*Taxus baccata*), die weitaus das beste, festeste und trotz ihres Harzmangels dauerhafteste Nadelholz besitzt, das früher zu Waffen sehr geschätzt war (in den Mooren unserer Heide werden ab und zu große Stämme ausgegraben) und noch heute bei den Japanern zu Pfeil und Bogen benutzt wird. Ihrer düsteren schwarzgrünen Blätter wegen war die Eibe der altgermanische Totenbaum, beim Uebergang zur Viehzucht wurde er aber meist ausgerodet, da die Nadeln (fälschlich wird dies auch den Beeren nachgesagt) giftig sind, vom Vieh aber gern gefressen werden, deshalb heute bei uns fast nur auf unzugänglichen Felsen oder als Zierbaum in Parks zu finden. Die Giftigkeit wird noch manchmal bestritten. In Hessen sollen die Bauern im 18. Jahrhundert sogar die Nadeln unter das Viehfutter der Milchkühe gemischt haben, um die Milcherträge zu steigern. Neuere Untersuchungen von Ehrenberg und Romberg haben das Gift der Nadeln und Samen aber nachgewiesen. Mäßige Gaben zum Futter gemischt wirken zwar auf Wiederkäuer nicht schädlich, wohl aber auf Einhufer. Es scheint, daß man die Kühe daran gewöhnen kann, wie den Menschen an seine täglichen Nikotinvergiftungen. Francé zählt a. a. O.²⁸) Band 4, S. 100, die jetzt als Naturdenkmäler geschützten berühmten alten Eiben auf, wobei Harburg vergessen ist. Neuerdings sind wieder Anpflanzungen erfolgt. Als Nutzholz aber ist es seines langsamen Wachstums wegen leider meist zu teuer. Letzteres gilt auch von den oben genannten Wacholder, *Juniperus*, und den weichen Zypressen-

arten. Dagegen findet sich noch eine Abart von *Taxus* in den Wäldern Floridas, nämlich:

9. das *Taxodium distichum*, auch Sumpfcypresse genannt, ein wegen seines guten Stehens und gleichmäßiger Dichtigkeit hochgeschätztes Tischlerholz, das massenhaft bei uns eingeführt wird, ohne Schongesetze aber wohl bald seltener und teurer werden dürfte. Es war in früheren geologischen Zeiten auch bei uns der verbreitetste Baum (s. S. 34).

10. Die *Araucarien* Australiens und Südamerikas sollen nach Wiesner für Tischler gutes, seidenartig glänzendes, polierfähiges Nutzholz liefern, manche auch zu Werkholz, Schiffmasten und anderen Schiffbauteilen sich eignen; bei uns sind sie nur Zierbäume in Gärten und müssen im Winter bedeckt werden.

C. Die Laubhölzer.

Die Laubhölzer bilden die jüngste, verwickeltste, aber auch vollkommenste Baumart mit vorwiegender Trennung der Zellen und ihrer Tätigkeit in Leit-, Stütz- und Nährzellen. Die Zahl der Laubhölzer ist so groß, daß wir nur die wichtigsten besprechen können; aber auch deren Zahl hat sich in den letzten 20 Jahren besonders durch Einfuhr aus Australien und unseren Kolonien stark vermehrt.

Die Gefäße sind oft so weit, daß sie als Poren dem unbewaffneten Auge erkennbar sind; je nach deren Verteilung im Jahrring unterscheidet man:

ringporige und zerstreutporige Laubhölzer. Bei ersteren sitzen die Gefäße meist in den Frühholzzonen, und dann erkennt man die Jahrringe deutlicher, als bei den zerstreutporigen, bei deren Gefäßen in der Regel die Lichtweite vom Früh- bis Spätholz allmählich abnimmt. Manchmal hat ein und dieselbe Baumart teils ring-, teils zerstreutporige Vertreter, doch heben die Jahrringe der Laubhölzer nur bei den ausgesprochen ringporigen sich so scharf voneinander ab, wie bei den Nadelhölzern.

Harzgänge fehlen ganz, obwohl auch manche Laubhölzer Harz führen.

Die Markstrahlen enthalten nur Nährzellen, oft aber in solcher Menge, daß einzelne derselben im Hirnschnitt

als breite Strahlen deutlich hervortreten, während sie bei den Nadelhölzern nur mit der Lupe zu erkennen sind, und daher im allgemeinen als unkenntlich bezeichnet werden; (höchstens werden einzelne Markstrahlen, z. B. ein Schnitt durch den Harzgang *i* in Bild 36 der Douglas-tanne, mit bloßem Auge wahrnehmbar). Natürlich gibt es solch feine Markstrahlen auch bei den Laubhölzern, teils ausschließlich (wie in Bild 43/48), teils neben breiteren, mit bloßem Auge deutlich erkennbaren, wie z. B. bei der Rotbuche (Bild 18) oder Eiche (Bild 39 bis 41).

Die in den Botanikbüchern übliche Einteilung der Laubbölzer geht von deren Verwandtschaft in den Blüten- oder Fruchtformen aus und weist demnach z. B. die Eiche der Gattung der nußfrüchtigen Kätzchenträger und deren Unterabteilung (Familie) „Fagaceae“, d. h. buchenartige Laubbölzer, zu; den letzteren gehören dann z. B. Rotbuche und Eiche an.

Da wir uns hier aber ausschließlich mit dem Bau des Holzes befassen, teilen wir die Laubbäume nur in die zwei Hauptgruppen der ring- bzw. zerstreutporigen ein und besprechen zuerst die für Bauzwecke wichtigsten, die ringporigen.

I. Ringporige Laubbölzer.

1. Die Eiche (*Quercus* L.), der wichtigste einheimische Laubbaum für Dauerbauten, als solcher schon von den Indogermanen benutzt, die nach Hoops⁶¹⁾ ursprünglich in Gegenden mit vorherrschendem Eichwaldbestande gehaust haben, also vermutlich in Mitteleuropa, oder nach neuesten Forschungen an der unteren Donau, wo früher Eichenwälder vorgeherrscht haben müssen, wie noch jetzt in Jütland. Heute gehören reine Eichenwälder zu den Seltenheiten, denn die Eiche ist licht- und raumbedürftig, die schwächeren Triebe gehen im Schatten der stärkeren Bäume ein und machen anderem Unterholz Platz, das dann nach dem Absterben der alten Eichriesen die Vorherrschaft erlangt und weiteren Eichennachwuchs verkümmern läßt; nur wo das fremde Unterholz ausgerodet wird, wie auf den alten Bauernhöfen (Eickhöfen), Tingplätzen und Richtstätten, besonders in Niedersachsen

und Westfalen, entstehen Rasenplätze mit weit auseinander stehenden stattlichen alten Eichen, als Festplätze deutscher Städte und Dörfer, oder als Weideplätze für Vieh (Hütewald). Der Neuenburger sogen. Urwald ist nach Büsgen⁷⁰⁾, S. 129, wahrscheinlich aus einem solchen Hütewald entstanden, in dem die vielhundertjährigen Eichen mehr und mehr durch Buchen verdrängt werden.

Zum kräftigen Gedeihen braucht die Eiche einen guten Boden und zur Ausbreitung der mächtigen Krone Luft und Licht, alsdann entwickelt sie breite Jahrringe mit vorherrschendem Spätholz von hoher Festigkeit, Dauer und derben Fasern, das sogenannte grobe Eichenholz, im Gegensatz zu dem engringigen milden Eichenholz geschlossener Waldbestände (z. B. im Spessart, Eilenriede usw.), vgl. Bild 40 a bis 41 b. Im Gegensatz zu den meisten Nadelhölzern, bei denen der geschlossene Waldbestand kräftigeres Holz liefert als freistehende Bäume, gedeihen die Stämme der Eichen und auch der meisten anderen Hartholzlaubebäume besser bei freiem Stand; sie brauchen dann aber auch besondere Pflege, wenn der Stamm sich gerade und astfrei entwickeln soll.

Die Eiche gehört zu den ringporigen⁶⁷⁾ Kernholzbäumen mit kräftigen Markstrahlen und hellem Splint, der sich deutlich vom dunkleren, durch Gerbstoffgehalt gebräunten Kern abhebt; sie ist ein Stärkebaum, dessen Splint daher von Wurmfraß und Fäulnis pilzen stark befallen wird, wenn ihm nicht durch geeignete Fällzeit oder Ringelung (s. S. 81 ff.) die Nährstoffe entzogen werden. Der Splint gilt daher für sehr minderwertig und wird bei den meisten Lieferbedingungen für Bauholz z. Z. noch ausgeschlossen. Da aber der Splint besonders bei knorrigen Stieleichen oft recht unbequem sitzt, so daß seine Entfernung das Maß der Stämme stark herabmindert, suchen ihn unzuverlässige Holzhändler durch oberflächliche Färbung zu verdecken und dann als Kernholz einzuschmuggeln. Die Lieferbedingungen z. B. für Eichenschwellen sollen daher stets die Forderung enthalten, daß verdächtige Stellen vom Abnehmer mit dem Beil bloß

⁶⁷⁾ Es kommen allerdings auch zerstreutporige Eichensorten vor, vgl. S. 130.

gelegt werden dürfen, um sich vor Täuschung zu schützen, ohne daß dadurch Entschädigungsansprüche für den Verkäufer erwachsen. Meist ist der Splint heller als der Kern und dann genügt ein Beilhieb zur Feststellung. Bei längerer Lagerung dunkelt freilich der Splint so stark nach, daß es oft schwer hält, ihn vom Kern zu unterscheiden, falls sich noch kein Wurmfraß eingestellt hat⁶⁸⁾. Ja manchmal sieht sogar das Kernholz heller aus als der Splint. Durch Bestreichen der frischen Hobelfläche mit „chromsaurem Kali“⁶⁹⁾ wird aber der Kern dunkler, der Splint heller, wie Bild 37 zeigt, das vor diesem Bestreichen fast einfarbig war; denn der Gerbstoff des Kerns geht mit dem chromsauren Kali eine gelblichbraune Verbindung ein, beim Splint aber fehlt es an Gerbstoff zur Verfärbung.

Wirtschaftlicher ist es freilich, durch rechtzeitiges Ringeln dem Splint seine Fäulnisstoffe zu entziehen auch Gerbsäure in ihm anzusammeln (vgl. S. 85) und den Splint dadurch brauchbar zu machen, wozu nachgeholt sei, daß Nördlinger schon 1860 schrieb: „Bei Eichen, die im Mai geschält werden, verwandelt sich der Splint durch Absterbenlassen auf dem Stock nahezu in Kern“. Ob derart zulässiger Splint vorliegt, entscheidet die Jodprobe (S. 78). Wie wichtig dies für bessere Ausnutzung des Eichenholzes wäre, erhellt z. B. daraus, daß für den Eisenbahnwagenbau möglichst gerade gewachsenes, astreines und splintfreies Holz vorgeschrieben ist. Nun werden in Preußen die Eichenstämme in der Rinde verkauft, so daß nach Pifrement vom Festmeter im Walde

68) Das Kernholz enthält wenig Stärke und ist durch seinen höheren Gerbstoffgehalt vor Wurmfraß geschützt. Wenn trotzdem manche Kernholzstücke stellenweise Wurmlöcher zeigen, so rühren diese aus der Zeit, wo diese Stellen im lebenden Baum noch Splint waren; beim Verkernen erhalten diese Löcher meist schwarze Umränderung unter Absterben der Würmer. Solche Wurmlochstellen haben oft nur geringe örtliche Ausdehnung und treten dafür bei der Bearbeitung um so unvermuteter auf, wie z. B. bei einigen Sattelhölzern unserer Stützenproben, wovon Bild 38 einen Ausschnitt zeigt.

69) In Tischlereien ist diese Probe längst eingeführt, da man bei der beliebten Beizung der Hölzer mit „Kali“ — so wird diese Lösung kurzweg bei den Drogenhändlern verlangt — ganz von selbst auf deren verschiedene Farbwirkung aufmerksam wurde (nicht zu verwechseln mit Jodkali, vgl. S. 78).

gekauften Eichenholzes durchschnittlich nur $\frac{1}{4}$ für den Wagenbau brauchbar ist. Anderwärts werden die Stämme geschält verkauft, und dafür je nach Astreinheit und geradlinigem Wuchs in Bretter- oder Bohlenform 120 bis

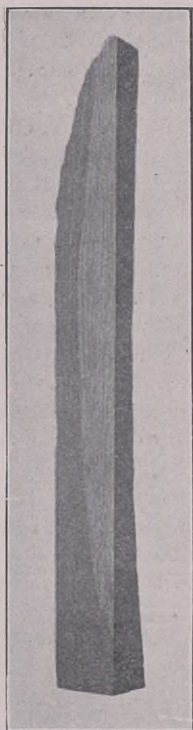


Bild 37.

Eichenstück mit Splint.



Bild 38.

Eichenkern mit Wurmlöchern.

180 Mk./m^3 erzielt. Die berühmten schlanken Eichenstämmе des Spessart, soweit sie zur Herstellung von Furnieren⁷⁸⁾ unmittelbar verwendbar erscheinen, erzielen oft bis 400, ja 1913 sogar bis 500 Mk./m^3 .

Im Wasser bewirkt die Gerbsäure der Eiche allmählich ein Schwarzwerden des Holzes, da sie mit den

Eisensalzen des Wassers feste Verbindungen eingeht, was das Holz schwarz und steinhart macht. In meiner Sammlung sind Stücke aus früheren Jahrhunderten mit verschieden starker Färbung. Bekannt ist das dunkelschwarze Eichenholz der Pfähle von Cäsars Rheinbrücke bei Mainz, die nach 1900 Jahren herausgezogen und als „deutsches Ebenholz“ zu teuren Möbeln verarbeitet wurden. Ob der Splint mit gerammt wurde, ist nicht bekannt geworden. Vielleicht lagen ähnliche Erscheinungen vor wie bei Bild 43. Man nennt solche schwarze Stämme Moor- oder Wassereichen.

Neuerdings hat man das Färben des Eichenholzes durch Einpressen gefärbter Flüssigkeiten in die lebenden Bäume mit Erfolg versucht. Die Schwarzfärbung wird dann „künstliches Altern“ genannt, sie gelingt am besten bei gerbstoffhaltigen Hölzern. Versuche durch Einpressen von gerbstoffhaltigen Flüssigkeiten in lebende Bäume, deren Dauer und Wert zu erhöhen, sind im Gange. (Vgl. z. B. Rig. Ind.-Ztg. 1913, 15, S. 237/8 nach Z. f. angew. Chemie 1913, 33, S. 239.) Versuche zum Färben des lebenden Stammes werden schon seit 1839 gemacht. (Vgl. Wislicenus im Gewerbefleiß 1907, S. 423.)

Es gibt etwa 200 verschiedene Eichensorten, die sich allerdings mehr in den Laub- und Blütenformen als in dem Kleingefüge des Holzes voneinander unterscheiden. Für Deutschland kommen eigentlich nur die zwei folgenden in Betracht:

a) Die Traubeneiche oder Wintereiche = *Quercus sessiliflora* Sm. (von manchen auch Steineiche genannt, welche Bezeichnung aber zu Verwechslungen mit Sorte *k* führt) und

b) die Stieleiche oder Sommereiche = *Quercus pedunculata* Ehrh., die sich nur durch ihre ebenen glänzenden Blätter, ihre Blüten und die Wuchsform von a unterscheidet. Linné faßt beide als „*Quercus robur*“ zusammen. Man hat früher die erstere für die festere und dauerhaftere gehalten, auch sollen (nach Förster) bei der Traubeneiche die Spiegel im Längsschnitt weiter voneinander abstehen und nicht so glänzend sein wie bei der Stieleiche. R. Hartig betont aber nach Wiesner²³⁾ II, Seite 896, daß im Kleingefüge des Holzes keine sichere

Unterscheidung möglich sei, daß es also mehr auf Standort, Klima und Bodenverhältnisse ankomme, ob die eine oder die andere festere Holz liefere.

Immerhin bevorzugt die Stieleiche mehr die Ebene und Feuchtigkeit, während die Traubeneiche mehr das Mittelgebirge und trockenere Standorte liebt; auch ist der Wuchs der Stieleiche knorriger; mächtige Aeste und Verzweigungen beginnen bei freiem Stande schon früh über dem Boden, so daß lange Stützen und Balken aus ihr schwieriger zu gewinnen sind als bei der schlankeren Traubeneiche, deren kräftiger Stamm nach Büsgen⁷⁰⁾ (S. 127) fast bis zur Spitze gerade durchgeführt ist, so daß auch die stärksten Aeste dem Stamme untergeordnet erscheinen, und sie „im Wuchse fast an die Fichte erinnert“ (?); sie beansprucht auch nicht ganz so guten Boden wie die Stieleiche; ihre Mastjahre, d. h. Jahre mit sehr reichlichem Eichelertrag, sind so selten wie gute Weinjahre und fallen mit letzteren zusammen. Ney betont in D. D. G.⁶⁵⁾ 1910, S. 24, daß Verwechselungen der Samen mit denen der häufiger tragenden Stieleiche oft vorkommen, und daß es auch viele Bastarde aus Trauben- und Stieleiche gibt, so daß manchenorts ihre Unterscheidung schwer fällt. Nach Büsgen besitzt Deutschland an Eichenbeständen etwa 4,2 0/0 der gesamten Waldfläche und 12,9 0/0 der Laubholzfläche, was für den großen Bedarf an Eichenholz lange nicht genügt, so daß massenhafte Einfuhr aus Rußland, Ungarn, Nord-Amerika und Japan stattfindet. Reine Eichenhochwälder sind selten, Mittelwälder gemischten Bestandes herrschen vor⁷¹⁾. Der

⁷⁰⁾ Büsgen: Der deutsche Wald, Leipzig 1910.

⁷¹⁾ Der neue botanische Garten in Dahlem (Berlin) zeigt junge deutsche Mischwälder sehr anschaulich. Sein Besuch ist auch für alle Techniker sehr lehrreich; im zugehörigen botanischen Museum sind viele Proben von Holzschnitten auch aus unseren Kolonien und dem Ausland vereinigt.

Die Eilenriede bei Hannover ist ein noch prächtigeres Beispiel älterer deutscher Mischwälder, nach den Wirtschaftsplänen von Burckhardt und Kraft sorgsam gepflegt. Vgl. H. Steinvorth: Die Wald- und Parkflora der Eilenriede, Hannover 1899. Die Stieleiche herrscht dort vor, „ihre kleinen Kronen deuten auf Kampf mit den Buchen“. Die Traubeneiche ist nur zerstreut eingesprengt.

früher viel gepflegte niedrige Eichenschälwald zur Gewinnung der Rinde für Gerberlohe geht immer mehr zurück, seit Quebracho und andere Auslandshölzer mit viel höherem Gerbstoffgehalt eingeführt werden. Würden alle Eichen so rasch wachsen wie die 150jährige der Fußnote 49, so käme stärkerer Anbau bei uns in Frage. Dazu gehört aber sehr guter Boden, den wir für Ackerbau brauchen. Man muß also nach Ersatzhölzern suchen, wozu bei richtiger Erziehung vielfach Schotendorn und Rotbuche dienen kann.

c) Die ungarische Eiche = *Quercus conferta* Kit.; sie bewohnt Südost-Europa, ähnelt der Stieleiche, ist eher noch krummwüchsiger, härter und dauerhafter als diese, aber stark reißend, daher mehr für Wasserbauten geeignet, und erst nach Einführung des Ringelns für Möbel und Faßdauben. Für letztere ist dagegen sehr gesucht die

slawonische Eiche, wenigstens in ihren besseren, breitringigeren und dichten Sorten, während die feinringigere für Wagenbau gesuchter ist (s. z. B. Laris ⁴⁾ S. 56). Im Holzhandel ist die slawonische Eiche sehr bekannt, in Botanikbüchern fand ich nichts darüber. In den Niederungen herrscht nach Jentsch die Stieleiche vor, in den Bergen vielleicht auch die

d) südeuropäische weichhaarige Eiche, auch Schwarzeiche = *Quercus pubescens* Willd. genannt. Ihre Festigkeit scheint nach Weiskopf ⁷²⁾ der der deutschen milden Eiche zu ähneln, während Wiesner ²³⁾ II, S. 897 die weichhaarige Eiche für fester, dichter, härter und schwerer erklärt als die Stieleiche, noch dauerhafter, aber weniger elastisch als letztere. Der Widerspruch erklärt sich vielleicht daraus, daß in den letzten Jahren Raubbau getrieben wurde und die Wälder durch Dürre, Frost und Insektenfraß stark gelitten haben sollen. (In England, dessen mildfeuchtes Klima der Eiche sehr zusagt, sollen nach The Builder 1912, II, S. 744 die besten Eichenhölzer der Welt wachsen.)

e) Die Zerreiche = *Quercus cerris* L. wächst in Südeuropa und Kleinasien, ist als Bauholz minderwertig und wird hier nur erwähnt wegen der Ähnlichkeit ihres

⁷²⁾ Weiskopf: Harthölzer für den Eisenbahnwagenbau in Glasers Annalen 1913, Heft 6/8.

Holzgefüges mit der im Osten der Vereinigten Staaten heimischen, jetzt aber auch bei uns angepflanzten:

f) Roteiche = *Quercus rubra* L., die, als Red oak massenhaft eingeführt, aber weniger zu Bauholz als zu Tischlerholz geschätzt ist (Bild 41 a). Die Angaben über Güte sind widerspruchsvoll, ebenso wie bei:

g) Weißeiche = White-oak = *Quercus alba*. Rot- und Weißeiche sind zusammenfassende Handelsnamen für eine große Anzahl (angeblich 140) nordamerikanischer Eichensorten verschiedener Güte, die Laris⁴⁾ in seiner Liste S. 59 nach Zahl, Abstand und Breite ihrer Markstrahlen unter sich und von den europäischen unterscheiden will (?); er hält die Weißeiche fast für gleichwertig mit der Stieleiche, was andere anzweifeln. Weißkopfs Biegeversuche, a. a. O.⁷²⁾ S. 118, erwiesen sie teils fester, teils der deutschen groben Eiche unterlegen. Ausgedehntere Versuche sind wohl bald von dem „U. S. Forest Service“ zu erwarten. Da aber der Bedarf in Nordamerika selbst sehr groß ist und der Vorrat immer mehr schwindet, wird neuerdings bei uns bevorzugt die billigere:

h) japanische Eiche, die seit 1906 in steigender Menge bei uns eingeführt wird und nach Weiskopfs Versuchen⁷²⁾ sich sehr gut erwiesen hat, so daß sie jetzt für Eisenbahnwagenbau zugelassen wird; sie soll unserer Traubeneiche gleichen, aber geradfaseriger sein und in den nördlichen Bergwäldern massenhaft vorkommen. Hch. Mayr³⁰⁾ erwähnt nichts davon. Es gibt nach⁷⁾ Bd. 4 S. 822 in Japan etwa 20 Eichensorten, von der südlich immergrünen bis zu unseren nördlichsten Vorkommen. Der Bedarf ist aber in Japan für Eisenbahnschwellen so groß, daß wohl bald Schutzgesetze folgen werden, die die Ausfuhr alsdann verteuern.

i) Indische, australische oder afrikanische Eiche sind Handelsbenennungen für Holzarten, die mit der Eiche nichts gemein haben als Härte und Dauer, die wir daher als immer wichtiger werdende Ersatzstoffe für Eiche später unter ihrem eigentlichen Namen besprechen werden.

Von den wenigen zerstreutporigen Eichensorten seien noch kurz erwähnt:

k) die Steineiche oder Immergrüne Eiche = *Quercus ilex* L., die im ganzen Mittelmeergebiet

wächst, gleichmäßiger fest ist als die ringporigen, aber schwerer zu bearbeiten und oft von maserigem Wuchs, besonders die Wurzelstöcke, die für Tischler und Drechsler gesucht sind. Die Aufreißgefahr ist bei unvorsichtig raschem Austrocknen sehr groß; als Bauholz kommt sie so wenig in Betracht wie die folgende:

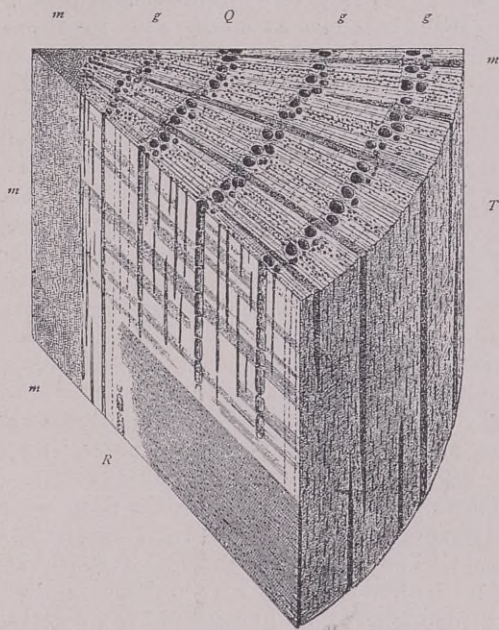


Bild 39. Keilausschnitt der Stieleiche aus H. und W.²²⁾ I, S. 15.
V. etwa 7/1.

1) Korkeiche = *Quercus suber* L., die noch vorherrschend Ringporen aufweist, deren Holz aber der Steineiche sonst ähnelt. Ihre Rinde liefert den heute auch im Bauwesen so begehrten Kork; sie gedeiht aber nur im westlichen Mittelmeergebiet gut und wird dort jetzt wegen der Korkgewinnung sorgsam gepflegt. Schnitte durch die Korkrinde s. Bild 54a und b.

Die Farbe des einheimischen Eichenholzes wechselt von hellgelb bis braun, je nach Standort und Bodenart.

Die Roteiche hat einen Stich ins Rötliche. Scharlach- und Schwarzeiche zeigen die entsprechend dunkleren Farbtöne.

Das Kleingefüge des Eichenholzes ist für dessen Verständnis und Verwertung wichtig. Wir beschränken uns dabei auf die Trauben- und Stieleiche, deren Holzgefüge nach S. 127 keine Unterschiede zeigt, deren Jahrringe aber je nach Standort und Ernährung bald engringig sind — sogenanntes mildes Eichenholz für Tischler —, bald wetringig und letzterenfalls in der Hauptsache aus den dickwandigen kräftigen Stützzellen des Spätholzes bestehen, denen ein Frühholzring mit grobporigen Gefäßen vorgelagert ist und die im Handel als grobes Eichenholz bezeichnet werden, das zwar schwerer zu bearbeiten aber auch fester ist, daher zu Bauholz vorgezogen wird. Die Ringporen sind bis $\frac{1}{2}$ mm groß, so daß sie der Tischler vor dem Polieren von Hirnholzflächen erst mit dem sogenannten Porenkitt ausfüllen muß. Bild 39 zeigt den Keilausschnitt einer Stieleiche mit Hirn-, Spiegel- und Fladenschnitt, etwa siebenmal vergrößert. Im Hirnschnitt *Q* (Querschnitt) erscheinen die weiten Frühjahrgefäße als zum Ring gereihte Löcher (Ringporen), während engere Gefäße oder Leitzellen in strahligen Punktreihen im Spätholz liegen; zwischen den kräftigen Hauptmarkstrahlen, die bis zum Mark reichen, und manchen fast ebenso breiten Nebenmarkstrahlen finden sich zahlreiche feinere einreihige Markstrahlen, die im Fladenschnitt *T* (Tangentialschnitt) als dünne kurze Striche erscheinen. Der Spiegelschnitt *R* (Radialschnitt) zeigt diese Markstrahlen als wagerechte Streifen verschiedener Länge und Breite, die auf gehobelter Fläche als glänzende Spiegel erscheinen und zum Teil zusammenhängende bandartige Formen annehmen, unterbrochen durch die Gefäße, die hier als verschieden weite und lange Röhren (bis zu 2 mm, vgl. S. 64) erscheinen, ohne Vergrößerung aber nur wie dünne Nadelrisse aussehen.

Bild 39 a zeigt ein Stück des Fladenschnittes *T* stärker vergrößert, so daß die dünnen Striche auf der Rückseite von Bild 39 jetzt als Reihen von Nährzellen *mm*

erscheinen, mit Stärkekörnern als Inhalt ⁷³⁾, wie bei dem breiten mehrreihigen Markstrahl *MM*; *tt'* sind Leit-
zellen, *p* kurze Strangnährzellen mit verschmälerten End-
gliedern, auf der Strecke *p'p''* erscheinen solche in voll-
ständiger Ausdehnung; *l* sind Stützzellen (Libri-formfasern),
die den größten Teil des Raumes zwischen den großen
Markstrahlen ausfüllen (vgl. Bild 39 c).

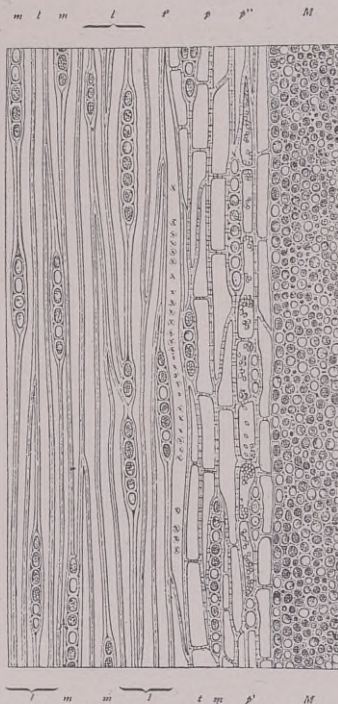


Bild 39 a. *Fladenschnitt der Stieleiche nach H. und W. I, S. 14*
V. 133/1.

Bild 39 b zeigt die wie Mauersteine aneinander ge-
reichten Nährzellen eines Markstrahles. Die Wände dieser

⁷³⁾ Ein Beweis, wie notwendig das künstliche Entstärken
(nach S. 83) ist, um den Eichensplint dauerhaft und wetterfest
zu machen.

Zellen sind ringsum mit einfachen Tüpfeln versehen, auf der linken Hälfte (das einem weiten Gefäß benachbart zu denken ist) sind diese Tüpfel besonders groß.

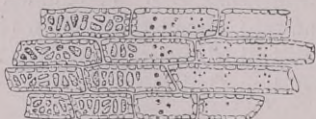


Bild 39 b. Markstrahl der Stieleiche aus *H. und W. I, S. 16. V. 250/1.*

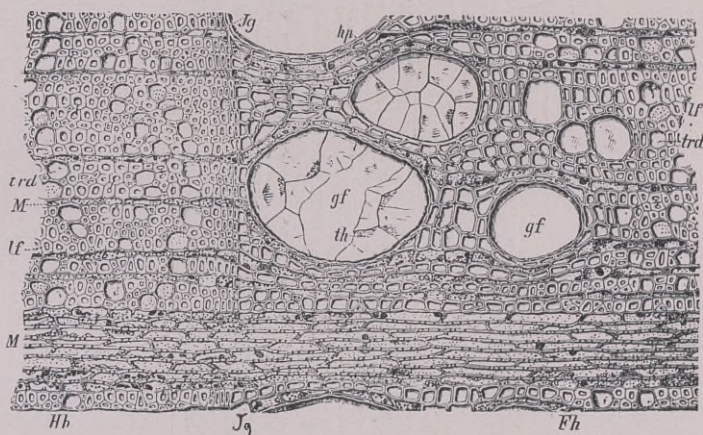


Bild 39 c. Eichenhirnschnitt, aus *Hassack*⁷⁴⁾, *Fig. 145. V. 150/1.*

Bild 39 c endlich zeigt einen Teil des Hirnschnitts in *V. 150/1*, nach *Hassacks Wandtafeln*⁷⁴⁾. Man erkennt

⁷⁴⁾ Aus *Hassacks Warenkunde*, Wien 1904, S. 251. (Dort findet sich auch Seite 250 ein richtiges Verhältnis zwischen den Wandstärken der Rund- und Breitfasern der Nadelhölzer, als in Bild 26. *Hassacks Fig. 143* entspricht daher unserem Bilde 31 a, ergänzt letzteres aber durch Einzeichnung der Harzklümpchen, die in den Markstrahlen auftreten.) Die Buchstaben in Bild 39 c sind Abkürzungen der bisherigen zopfigen Bezeichnungen *Hh* für Herbstholz, *Fh* für Frühlingholz, *th* für Thyllen, *trd* für Tracheiden, *lf* für Libriformzellen, *hp* für Holzparenchym, während *gf* für große Gefäße und *M* für Markstrahlen ein reinliches Deutsch zeigen (s. S. 54).

die Jahrringgrenze *Jg* durch das Vorherrschen der Stützzellen *lf* im Spätholz *Hh* links; ferner die Verteilung der



Bild 40 a₁. *Milde deutsche Eiche. V. 5/7.*



Bild 40|a₂. *Seitenfläche ss₁ zu 40 a₁. V. 5/7.*

Leitzellen *trd* und der großen Gefäße *gf* im Frühholz *Fh* des nächsten Jahrringes, zum Teil mit Füllzellen *th* (vgl. S. 428) und umgeben mit Strangnährzellen *hp*; endlich die verschieden breiten Markstrahlen *MM*.

Die Bilder 40 und 41 zeigen die Wirkungen des Sandstrahlgebläses auf verschiedene Eichensorten und ver-

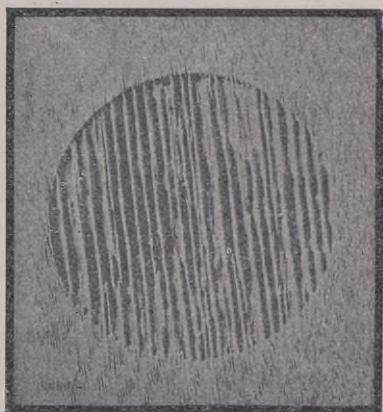


Bild 40 a₃. *Seitenfläche s₁ s₂ zu 40 a₁. V. 5/7.*

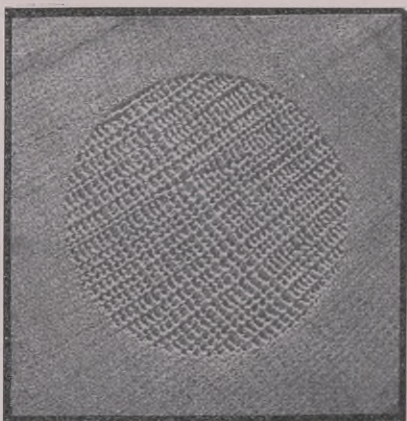


Bild 40 b. *Milde deutsche Eiche. V. 5/7.*

schiedene Flächen derselben. Man sieht zunächst an den Hirnholzschnitten, wie kräftig die breiten Markstrahlen widerstehen, so daß sie bei der engringigen milden Eiche

(Bild 40 a₁), bei der die Frühholzgefäße überwiegen, fast gleich stark hervortreten wie die Spätholzzonen; bei Eichen mit etwas breiteren Ringen (Bild 40 b) zeigt sich ein regelrechtes Netz aus Markstrahlen und Spätholzringen; bei



Bild 40 c₁. *Mittlere deutsche Eiche.* V. 5/7.

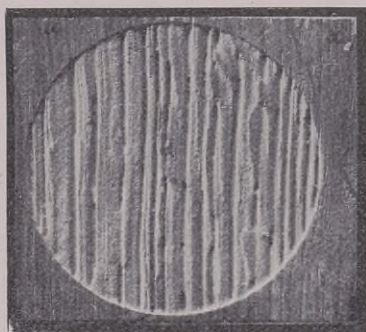


Bild 40 c₂. *Seitenfläche ss zu 40 c₁.* V. 5/7.

mittleren (Bild 40 c) und groben Eichen (Bild 40 d) treten die Markstrahlen gegenüber den Spätholzringen zurück. Unter der Lupe, noch mehr mittels Binokular, sieht man an der Stelle der Gefäße in wahre Abgründe von Höhlungen hinein, in deren Tiefe trotz kräftigen Abklopfens noch manche größere Sandkörner sich befinden, welche die

Genauigkeit der Messung der Abnutzgröße durch Gewichtbestimmung etwas beeinträchtigen, wie schon S. 102 be-

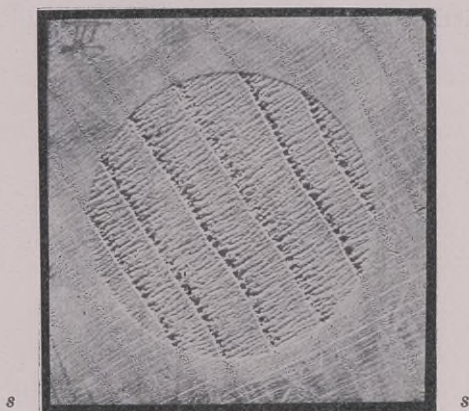


Bild 40 d₁. *Grobe deutsche Eiche. V. 5/7.*

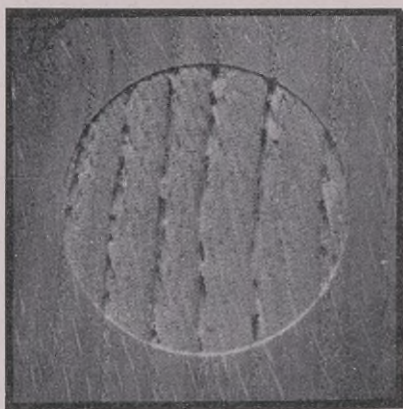


Bild 40 d₂. *Seitenfläche ss zu 40 d₁. V. 5/7.*

merkt ist. Dagegen tritt die Abnutzung durch Stoßwirkung besonders deutlich mittels des Sandstrahlgebläses in Erscheinung; sie läßt auch darauf schließen,

daß die Markstrahlen der Eiche einen kräftigen Widerstand gegen Belastung quer zur Stammrichtung leisten; in Bild 40 a₂ (der Seitenfläche ss₁ zu Bild 40 a₁) treten diese Markstrahlflächen besonders deutlich hervor, so daß trotz der großen Frühjahrporen die Eichen (und andere ringporige Harthölzer mit breiten Markstrahlen) bedeutend geringere Zusammenpressung durch Querbelastung erfahren als die Nadelhölzer, wie die Versuchsbilder mit Holzver-



Bild 40 e zu 40 c₁. V. 4/1.

bänden am Schluß dieser Abhandlung zeigen und die dort beigefügten Festigkeitzahlen scharf erkennen lassen werden. Dem Wechsel der Jahrringbreite entspricht auch der des Trockengewichts, das nach Petsche⁸⁹⁾ zwischen $r_t = 0,60$ bis $0,90$ wechselt.

Im übrigen ist zu den Bildern 40 und 41 nur noch zu bemerken, daß die Breite der Jahrringe zwischen 1 und 11 mm wechselt; Bild 41 a zeigt, wie verschieden breit sie in aufeinander folgenden Jahrgängen eines und desselben Baumes ausfallen können, und zwar zwischen 1 und 7 mm in der Nähe eines Astes der amerikanischen Roteiche. Von letzterer lag mir nur eine Brettprobe von $3,2\text{ cm}$ Stärke vor, die Blasfläche mußte daher auf $2\frac{1}{2}\text{ cm}$ beschränkt werden; sie ist in Bild 41 a in natürlicher Größe, in Bild 41 b 3,7fach vergrößert wieder-



Bild 41 a. *Amerikanische Roteiche*. V. 1/1.

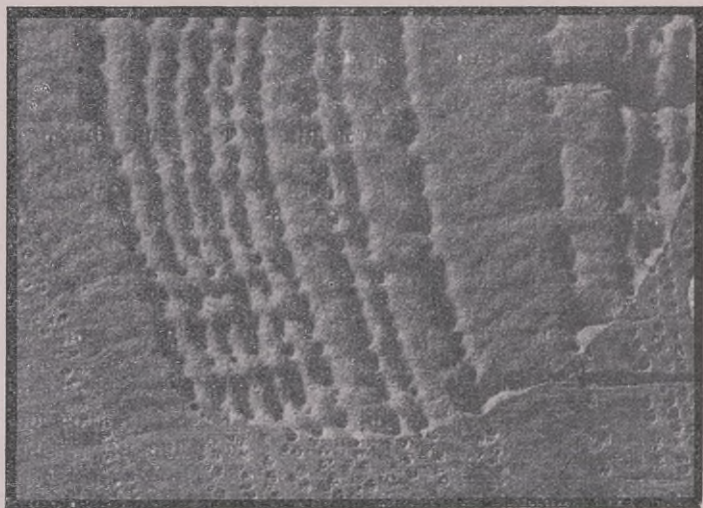


Bild 41 b. *Einzelheiten zu 41 a*. V. 3,6/1.

Liste VI.

Abnutzung der Eichensorten Bild 40/41 im Sandstrahlgebläse. *)

Bildnummer	40 a ₁	40 a ₂	40 a ₃	40 b	40 c ₁	40 c ₂	40 d ₁	40 d ₂	41 a	Japanische Eiche	
										Hirn	Seite
Gewichtverlust ΔG in Gramm durch 2 min blasen	0,51	0,85	0,97	0,62	0,27	0,88	0,41	0,64	0,11	0,86	1,16
							0,20	0,42			
Blasflächen-Durchmesser in cm	5,12	5,12	5,08	5,08	5,13	5,13	5,13	5,13	2,50	5,1	5,1
Umrechnung von ΔG auf 4 ^{cm} Ø wie in Liste III und IV . . .	0,31	0,52	0,60	0,38	0,165	0,54	0,251	0,393	0,28	0,53	0,714
							0,122	0,256			
Feuchtigkeit in % n =	12	12	12	12	15	15	38,7	38,7	15	15	15 ?
							15	15			

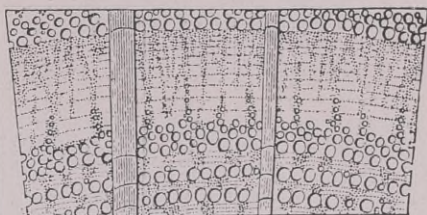
*) Erläuterungen zu Liste VI. Die Proben 40 a₁ bis 40 c₂ lagen jahrelang in unserer Tischlerwerkstatt, hatten daher durchschnittlich nur 12 bis 15 % Feuchtigkeit; für 40 d sind zwei Zahlen angegeben, die den Unterschied zwischen der Abnutzung im Anlieferzustand (nach Lagerung im Freien bei Regenwetter) und nach Austrocknen in Zimmerluft zeigen. Die Zahlen für japanische Eiche stammen von Weiskopf⁷²⁾, S. 143; die Breite ihrer Jahrringe liegt zwischen 40 b und c; ihre Feuchtigkeit ist leider nicht bestimmt.

gegeben, so daß man oben erwähnte „Abgründe“ erkennen kann. Die Abnutzzahlen siehe in Liste VI, S. 141.

Ähnlichkeit mit dem Eichenholz in Bau, Eigenschaften und Dauer zeigen folgende 4 ausländische Hölzer, die manchmal als Ersatz dienen können und daher hier angereiht werden sollen:

2. Die Edelkastanie = *Castanea vesca*. Sie gedeiht nur in wärmeren Ländern, besonders in Südeuropa, Nordafrika und der ganzen gemäßigt warmen Zone Asiens, ist dort häufiger als die immergrüne oder Steineiche und besitzt als Bauholz noch wertvollere Eigenschaften wie letztere; sie ist ringporig, unterscheidet sich von der Eiche hauptsächlich durch das Fehlen der breiten Markstrahlen und weniger dichtes Zusammenstehen der Ringporen, wie R. Hartig durch Gegenüberstellung zu der Eiche in Bild 42 zeigt.

A. Eiche.



B. Edelkastanie.



Bild 42. Vergleich der Hirnschnitte von Eiche und Edelkastanie nach R. Hartig¹⁸⁾. V. 3/1.

Anmerkung¹⁾. Die echte Kastanie findet sich auch in geschützten Lagen Süddeutschlands; dort ist noch die gotische Bezeichnung „Käste“ verbreitet. In Baden werden

fünfjährige Stämme zu Rebpfählen bevorzugt. Das Holz scheint jedoch dem südlich der Alpen gewachsenen nachzustehen, wechselt doch nach französischer Quelle sein r_t zwischen 0,55 und 0,77; Wiesner gibt als Mittel 0,66 an.

Seit etwa 70 Jahren wird der echte Kastanienbaum in Italien von der sogen. Pest heimgesucht, die sich auch schon in Süddeutschland gezeigt haben soll, deren Bekämpfung daher wichtig ist.



Bild 43a. Maulbeerbaum = *morus alba*, Rumpfpfahl aus der chinesischen Mauer, 2500 Jahre alt. V. 1/2,6.

Anmerkung 2). Warnung vor Verwechselung der Edelkastanie mit der in ganz Deutschland heimisch gewordenen Roßkastanie = *Aesculus hippocastanum*, deren Holz zerstreutporig, viel weicher und wenig dauerhaft ist, daher nur als Blindholz und zu Mulden, Holzschuhen und anderen Geräten Verwendung findet.

3. Maulbeerbaum = *Morus*.

Der schwarze = *Morus nigra* L. ist in Vorderasien,

der weiße = *Morus alba* L. in China heimisch; in Südeuropa wird letzterer als schattiger Alleebaum und zur Seidenraupenzucht viel angepflanzt. Dem Licht ausgesetzt, wird das Kernholz rotbraun wie altes Mahagoni, daher für Tischlerarbeiten gesucht. Weniger bekannt ist seine treffliche Dauer als Bauholz, die ihn für unsere asiatischen Kolonien so wertvoll macht. Bild 43 a zeigt

eine ganz schwarz und steinhart gewordene Scheibe aus einem Pfahl von 12^{cm} Ø, der vor 2500 Jahren beim Bau der chinesischen Mauer nahe dem Golf von Petchili eingerammt und beim Durchbruch der ersten englischen Bahn herausgezogen worden ist. Ich verdanke dieses Stück einem früheren Hörer, dem dänischen Ingenieur Carl Krag, der bei diesem Bau tätig war. Der ziemlich breite Splint

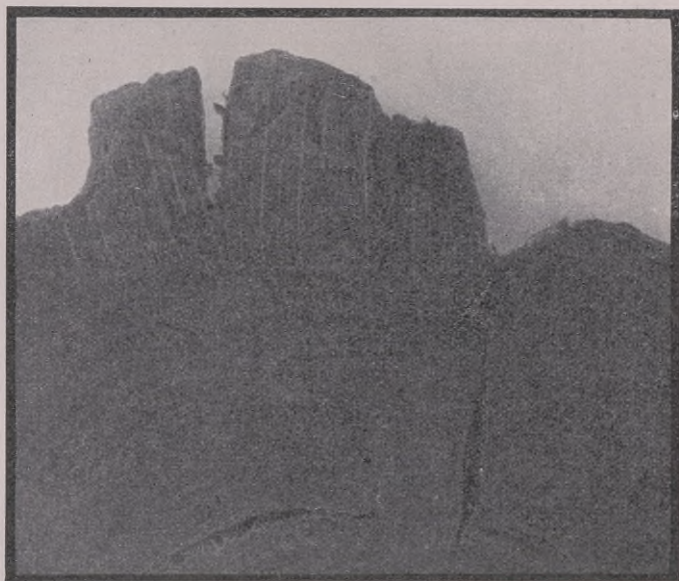


Bild 43b. Einzelheiten zur Splintzone von 43a. V. 1,3/1.

(Hartig spricht von sehr schmalem, gelbweißem Splint) wurde seinerzeit am Rammpfahl belassen und ist stellenweise noch deutlich zu sehen. Er ist poriger und weicher als das Kernholz, aber noch gut erhalten; leider wurde beim Herumreichen viel davon abgebrochen. Bild 43b zeigt die Splintzone von Bild 43a in 1,3facher natürlicher Größe. Die lotrechten Höhlungen rühren vermutlich nicht vom Bohrwurm (*Teredo navalis*), sondern von der krausen Fingermuschel (*Pholas crispata*) her, Abb. Z.-Bwltg. 1913, S. 274; sie sind ziemlich glattwandig und zeigen auf der

Rückseite auch wagrechte Gänge; das Holz ist aber so fest, daß der Fingernagel keine Spuren einzudrücken vermag. Der einseitige Wuchs und die unregelmäßigen Jahrringe haben in Südeuropa seine Verwendung eingeschränkt auf Rebpfähle, Zaunpfosten und Drechslerwaren. Der frische Schnitt ähnelt dem Eichen- oder noch mehr dem Tiekholz.

Versuche zur Anpflanzung des Maulbeerbaumes und Einführung der Seidenraupenzucht hat schon Friedrich der Große in der Mark Brandenburg gemacht. Nach D. D. G. 1910, S. 240, sind noch einige uralte Bäume dort erhalten geblieben. Um 1860 versuchte Wilhelm I. die Einführung an den württembergischen Staatstraßen, wovon nur noch wenige Reste vorhanden sind, die aber zu Namenverwechselungen führten mit dem

3 a. Mehlbeerbaum (*sorbus aria*), einem in Mittel- und Süddeutschland sowie in den Alpen verbreiteten, vornehmlich auf Kalkboden gedeihenden, rote eßbare Beeren tragenden Baume aus der Gattung der Eberesche (Abb. in L. Klein, S. 62), der 6 bis 12^m Höhe erreicht und dessen Holz mit dem der Elsbeere (*Sorbus torminalis*) übereinstimmt. Es ist also sehr wertvoll, im Kern rotbraun, einfaserig, sehr fest und elastisch, schwer und hart und wird zu Möbeln und feinen Holzarbeiten sehr geschätzt, vgl. auch 8 a. Bei meinen Wanderungen im Sommer 1913 traf ich einen stattlichen Mehlbeerbaum von 12^m gesamter und 2^m Schafthöhe bei 70^{cm} Schaft $\varnothing$ (auf 2^m Höhe) an einer Straße auf der rauhen Alb bei Genkingen, fragte eine vorübergehende Bäuerin, wie sie diesen Baum, der sich so sehr von allen anderen unterschied, benenne, und erhielt die sichere Antwort: „Das ist ein Maulbeerbaum, dessen Früchte wir gern essen.“ Ein Kgl. Straßenwärter, den ich nachher antraf, bestätigte mir diese Auskunft, ein bemerkenswerter Beitrag zu den so häufigen Namenverwechselungen im Volksmunde.

4. Das Tiekholz (englisch Teak wood) = *Tectona grandis* L., wird wohl auch als „indisches Eichenholz“ bezeichnet, da es ähnlichen Bau, aber hellere bräunlich rote Farbe hat; es wird aus Hinterindien, Ceylon und Java massenhaft eingeführt, für Tischlerarbeiten viel verwendet und spielt bei uns im Schiffbau und für Seehafenbauten schon

lange eine wichtige Rolle, da es dem gefürchteten Bohrwurm (*Teredo navalis*) besser widersteht als unser bestes Eichenholz; schließlich wird es aber doch angegriffen, weshalb neuerdings zu Seebauten andere Hölzer vorgezogen werden, wie Grünherz, manche Eukalyptusarten (s. dort), künftig auch wohl Kameruner Hölzer und das für uns immer größere Bedeutung erlangende Quebracho, dessen hoher Gerbstoffgehalt freilich das Eisen angreift, weshalb das Tiekholz z. B. für Eisenbahnschwellen vorgezogen wird, da seine öl- und gummihaltigen Füllzellen das Eisen schützen. Deshalb ist es auch als Unterlage für die Panzerung bei Kriegsschiffen hochgeschätzt. Wachstum sehr langsam; erst im Alter von 80 Jahren erlangt es volle Reife, manche Bäume erst mit 200 Jahren. Wo Raubbau getrieben wird, schwindet es immer mehr, wird oft schon mit 50 Jahren gefällt, wo es 1 bis 2^m Umfang besitzt, und enttäuscht dann die Erwartungen über seine Dauerhaftigkeit. In Java werden jetzt sorgsam gepflegte Tiekpflanzungen angelegt. Um ein gutes Austrocknen zu ermöglichen, sollen die Stämme schon 2 Jahre vor dem Fällen geringelt werden, wobei aber fälschlicherweise auch der Splint abgeschält wird, was das Austrocknen erschwert und zu Rissebildungen führt⁷⁵⁾. Im Eisenbahnwagenbau ist Tiekholz als Ersatz für Eiche sehr beliebt, besonders wegen seines geringeren Schwindmaßes.

5. Das Quebrachoholz, aus den La-Plata-Staaten stammend, hat wegen seines im Kern besonders hohen Gerbstoffgehaltes (16—20 %) in unseren Gerbereien die Eichenrinde mehr und mehr verdrängt, seine Rinde ist als Fieberschutzmittel geschätzt. Als besonders schweres, festes und dauerhaftes Bauholz (daher der Name Quebracho, sprich: Kebradscho mit der Bedeutung „Axtbrecher“ nach Meyer's Weltwörterbuch) wird es in seiner Heimat namentlich für Eisenbahnschwellen verwendet, während seine Krummwüchsigkeit und Schwere es für Balken und Stützen weniger geeignet erscheinen läßt. Nach Laris a. a. O.³⁾, S. 118, sind im Jahre 1900 für Versuche der preußischen Eisenbahnver-

⁷⁵⁾ Vgl. „Eisenbahn und Industrie“ 1913, 6/8, S. 63 ff., wo Th. Wolff einige: „Exotische Hölzer und ihre Verwendung in der Technik“ beschreibt. Baterden⁶³⁾, S. 181, ringelt 3 Jahre vor dem Fällen.

waltung 25 000 Stück rote Quebrachoschwellen eingeführt worden zum Preise von 9,50 M. das Stück frei Hamburg; sie müssen also eine 20—25 jährige Dauer zeigen, um weiteren Bezug zu lohnen. Man fürchtet, daß der hohe Gerbstoffgehalt den Eisennägeln und Schrauben gefährlich werden könnte, wie aus Argentinien verlautet (Z. Bwltg. 1908, S. 9). Da sehr viel minderwertige Holzarten als Quebracho eingeschmuggelt werden, ist nach Wehmer⁷⁶⁾ Vorsicht geboten, er unterscheidet: 1. *Aspidosperma* = Quebracho blanco, hellfarbig, besitzt geringen Gerbstoffgehalt und soll nur mäßiges Nutzholz liefern. 2. Rotes Quebrachoholz = *Quebracho colorado*, dort als *Schinopsis Lorentzii*, von Linné als *Loxopterygium* bezeichnet, mit höherem Gerbstoffgehalt. Laris nennt noch 3. das echte Quebracho (*Quebrachia Lorentzii* Grisb.), das wegen seiner Gallusgerbsäure an der Luft nachdunkelt bis zu tief blutrot, ja schwarzrot. Proben sind in den botanischen Museen und denen der Handelskammern zu sehen, zum Teil in sehr starken Abmessungen. Laris betont a. a. O.⁴⁾, S. 166, den sehr langsamen Wuchs der echten Quebrachobäume, zählt sie (nach argentinischen Botanikern) zur Gattung *Swietania* und berichtet, daß sie meist nur 12—15^m hoch werden und der Stammumfang im allgemeinen nur 30—50^{cm}, selten (?) bis zu 100^{cm} betrage. Der Baum soll auch im Äußeren Ähnlichkeit mit unserer Eiche haben, die immergrünen Blätter sind aber kleiner und lanzettförmig, das Holz so dicht, daß man Jahrringe schwer unterscheiden kann. Raumgewicht $r_t > 1,1$.

Die Markstrahlen sind sehr fein und erst mit Lupe zu erkennen. Die zwei mir vorliegenden kleinen Proben von weißem und rotem Quebracho sind eher zerstreutporig als ringporig, Bild 44 a und b stellen rotes Quebracho dar. Stone²⁹⁾ gibt auf Tafel 15 den Hirnschnitt von Quebracho dreifach vergrößert, ohne nähere Bezeichnung. Die Farbe sei rot bis nußbraun.

⁷⁶⁾ C. Wehmer: Die Pflanzenstoffe, Jena 1911, gibt wohl die umfassendste Aufzählung mit kurzer Beschreibung der chemischen Bestandteile der Phanerogamen, d. h. Blüten- oder Samenpflanzen. Dort wird auch (S. 620) auf die vielen Verwechselungen nicht bloß bei Holzhändlern, sondern sogar bei Botanikern hingewiesen.

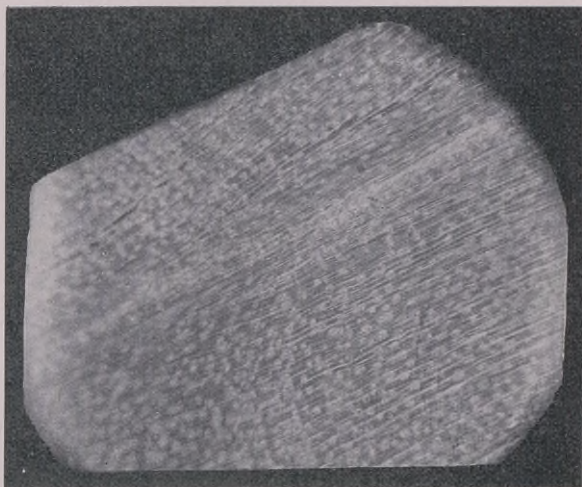


Bild 44 a. *Quebracho colorado*. *Hirnschnitt mit einem Zweig-*
ansatz. V. 4,2/1.

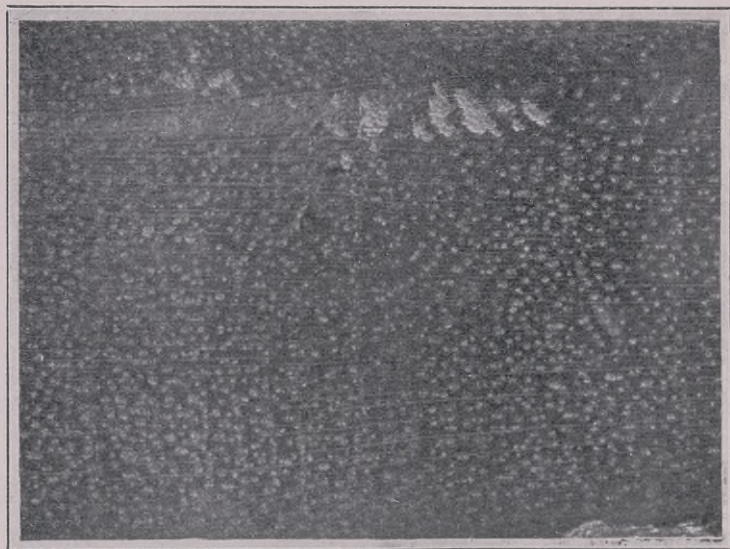


Bild 44 b. *Einzelheiten zu 44 a. V. 6,5/1.*

Da nach den Vereinigten Staaten besonders viel Quebracho eingeführt wird, hat der staatliche Forstdienst eine kleine Belehrung darüber herausgegeben, wie echtes gerbsäurereiches Quebracho von den minderwertigeren Sorten und von Verfälschungen (Substitutes) zu unterscheiden ist. Dieses Schriftchen enthält gute Abbildungen, ich habe es aber leider erst nach Schluß dieser Niederschrift erhalten unter dem Titel: „Quebracho Wood and its substitutes“, als Zirkular 202 des U. S. Forest Service 1912, 12 Seiten Text und 2 Tafeln von Mell & Brush, Preis 1 M. Es sei daraus nachgeholt, daß es hauptsächlich am La Plata und seinen Nebenflüssen wächst, daß Raubbau getrieben wird, der bei dem sehr langsamen Wachstum und weil es keine geschlossenen Bestände bildet, so daß ein Acre Waldfläche selten mehr als 1 bis $\frac{5}{4}$ Stämme enthält, doppelt bedenklich ist, daß das echte Quebracho Lorentzii von Insekten nicht angegriffen, hart und unverwüstlich ist. Weißes und rotes Quebracho ist nicht so wertvoll, wird aber vielfach im Handel untergeschoben.

Anmerkung: Nach Wilhelm (in Kraus a. a. O.⁵), S. 700) ist auch das in Kamerun wachsende hellfleischrote Wuláholz (*Coula edulis*) dem Quebracho verwandt.

Von weiteren ringporigen Laubhölzern werden heutzutage nur wenige mehr als Bauholz verwendet. Die meisten einheimischen sind so begehrt bei Tischlern, Drechslern, Wagnern zu Möbeln, Vertäfelungen und Werkzeuganfertigung, daß sie als Bauholz zu teuer geworden sind und daher nur kurz erwähnt werden sollen. Ausführlicher seien jedoch zwei einbürgerungsfähige und -würdige, auch immer stärkere Verwertung zu Bauholz findende Bäume, nämlich Schotendorn und Hickory besprochen.

6. Der Schotendorn = Robinie = *Robinia pseudoacacia* L. wird bei uns heute noch meist fälschlich als Akazie (*Lagatsche*) bezeichnet; man müßte zum wenigsten „falsche Akazie“ sagen; da dies jedoch unbequem und für die Wertschätzung irreführend ist, empfiehlt sich der Name Schotendorn, der in den Stuttgarter kgl. Anlagen bereits angeschrieben und auch in Kraus⁵), S. 677 angewendet ist, oder Robinie. (Rothert nennt sie a. a. O.⁷), Bd. VII „weiße Akazie“. Der Baum stammt aus Nordamerika, wurde 1601 durch Robin in Paris einge-

führt, in Deutschland erst 1763, und zwar zunächst nur als Zierbaum, bald aber durch Burgdorfs und Wangen-

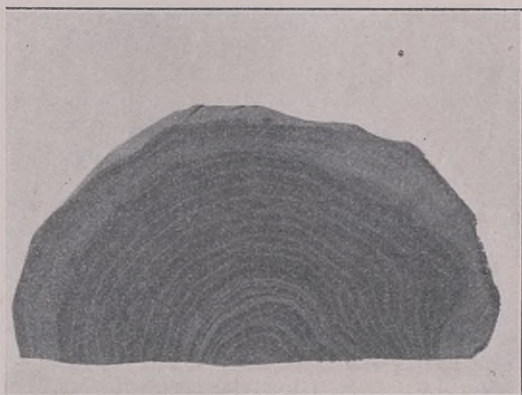


Bild 45 a. *Schotendorn* = *Robinie*, 25 cm Ø. V. 1/4,3.



Bild 45 b. *Schotendorn*. V. 3/4.

heims Fürsprache [vgl. Booth⁶⁵], S. 89] als Waldbaum gepriesen und derart überschätzt, daß von Medicus 1794 bis 1803 eine besondere Zeitschrift „Der unächte Acacienbaum“ herausgegeben, die bisher z. T. falsche Behandlung (auch durch Wangenheim) aufgeklärt und bessere Anpflanzung empfohlen wurde. Doch half dies wenig, die Zeitschrift ging in den napoleonischen Wirren ein, die falsche Behandlung führte zu Mißerfolgen und dann zur Mißachtung des



Bild 45 c. Einzelheiten zu 45 b, ohne Blasfläche. V. 6,5/1.

Schotendorns. Noch in meiner Bauführerzeit 1872/75 diente er beim Bahnbau nur zur Befestigung der Böschungen unfruchtbarer Mergelschnitte, in die kurze Stecklinge eingedrückt wurden, die sich schnell bestockten und bei ihrer Anspruchlosigkeit und Raschwüchsigkeit bald ein undurchdringliches Gestrüpp bildeten, das wegen der am Grunde jeden Blattstiels sich findenden je zwei scharfen Stacheln bei den Bahnwärtern sogar als Brenn-

holz unbeliebt war, bei stärkerem Wuchse auch bald zu weit in das Bahnprofil hineinreichte, durch die Funken der Lokomotive dann leicht entzündet wurde und daher abgeschlagen werden mußte, nachdem es seinen Dienst getan, d. h. die Böschung entsprechend gelockert und gedüngt hatte, um sie begrasen zu können. Von gewerblicher Benutzung des Holzes hörte ich in Schwaben damals wenig. Erst später lernte ich diesen Prachtbaum der Ziergärten Hannovers näher kennen, z. B. den 1795

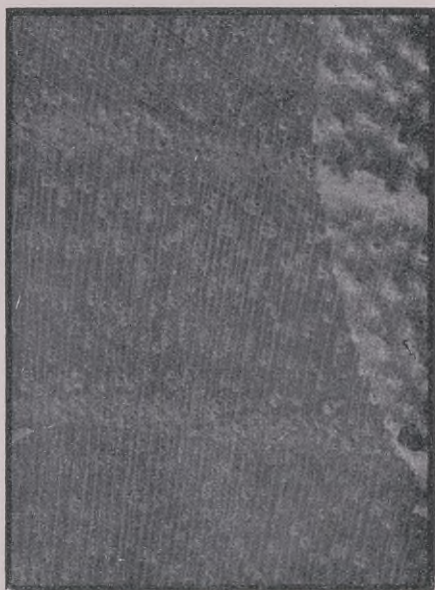


Bild 45 d. *Rechte obere Ecke von 45 b. V. 6,5/1.*

gepflanzten mächtigen Schotendorn des Berggartens (dort als falsche Akazie bezeichnet), der in seinem mächtigen knorrigen Wuchs der Eiche nicht nachsteht und auch nach Erreichen einer gewissen Höhe keine Stacheln mehr austreibt, da die Stacheln nur junge Pflanzen gegen Wildfraß zu schützen bestimmt sind, der aber ein sehr festes, dauerhaftes und ziemlich hartes Holz liefert, mit schmalem hellgelben Splint (nur 2—5 Jahrringe breit) und hell- bis dunkelbraunem Kern mit bis 15 mm breiten Jahrringen und

Ringporen, die aber als Füllzellen meist verstopft sind; daher ergab sich bei Bild 45 b unter dem Sandstrahlgebläse, trotz der einbezogenen zwei breiten Splintringe, nur 0,09 g Abnutzung, bei 4 cm $\varnothing$ und 12 % Feuchtigkeit. Bild 45 a zeigt den halben Hirnschnitt einer gesunden Robinie. Bild 45 b einen Ausschnitt hieraus mit Blasfläche, Bild 45 c und d die 6 1/2 fache Vergrößerung zweier Jahrringe, die erkennen läßt, daß neben den Frühjahrringporen auch viele zerstreute Poren im Spätholz auftreten. Bild 45 e endlich zeigt den Hirnschnitt eines in dichtem Gestrüpp

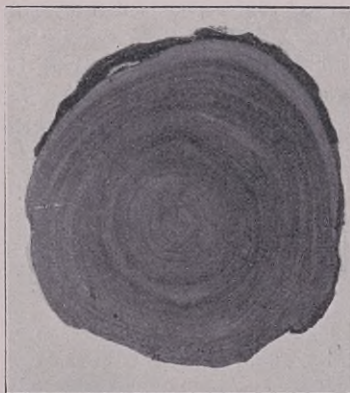


Bild 45 e. *Hirnschnitt des verkrüppelten Schotendorns mit Ringfäule, dessen Ansicht in Bild 57 dargestellt ist.*

nur kümmerlich gediehenen und daher schon ringfauligen Stammes, auf den wir beim Drehwuchs noch zu sprechen kommen. Das Raumgewicht r_t beträgt im Mittel = 0,77 (Grenzen 0,58 bis 0,88), das Holz spaltet sich schwer aber schön, nur die Zähigkeit ⁷⁷⁾ läßt angeblich zu wünschen (?). Für Geräte, Drechsler- und Wagnerarbeiten, z. B. zu Radspeichen, wird das Holz schon länger hochgeschätzt, in Wein-

⁷⁷⁾ Zu Festigkeitsversuchen mit Schotendorn hatte ich noch keine Gelegenheit, teile daher hier die Ergebnisse von Baumann³⁴⁾ mit, die inzwischen etwas ausführlicher in „Forschernarbeiten“, Heft 131, S. 41/70, erschienen sind. Er spricht dort nur von Akazienholz, meint aber höchstwahrscheinlich Schotendorn,

baugewendeten werden fünfjährige Pflanzen bereits als Rebpfähle benutzt; vierzigjährige Bäume liefern das trefflichste Grubenholz; in Amerika wird es auch zu Bahnschwellen und Schuhnägeln verwendet und heißt dort Black-Locust. Es dürfte überall, wo die Eiche wegen zu mageren Bodens schlecht gedeiht, einen guten und besonders raschwüchsigen Ersatz des Eichenholzes liefern, was in Ungarn bereits ausgenutzt wird. Dort ist (nach Booth, S. 65) sogar zwanzigjähriger Umtrieb auf den ehemaligen öden Sandflächen eingeführt; Booth findet es unbegreiflich, daß man deutsche Oedstellen nicht damit aufforstet. Der Akazienbohrer, ein Insekt, das ganze Wälder verwüstete, soll angeblich in Nordamerika den Anbau verleidet haben, läßt sich aber bei uns hoffentlich ebenso abhalten wie bei den großen Neupflanzungen der Pennsylv. R. Rd. seit 1902 (vgl. Engg. news 1908, I, S. 523). In den Steppen Südrußlands ist es der einzige zur Aufforstung taugliche, gegenwärtig daher viel angepflanzte Baum. Wie trefflich würde er unserem Riesenbedarf an Grubenholz, zu dem er den weit- aus besten Baustoff liefern soll, zugute kommen! Am Palmenhaus in Herrenhausen ist er viel verwendet als

und findet sein Raumgewicht r_t	= 0,82 bis 0,86
Zerreißfestigkeit bei hellgelbem Holz (Splint?) $\sigma' =$	1400 " 1843 at
" " braunem " (Kern?) $\sigma' =$	1175 " 1309 "
Druckfestigkeit längs $\sigma'_l =$	740 " 800 "
" quer, im Durchmesser $\sigma'_q =$	177 " 195 "
" " " Umfang $\sigma_u =$	195 " 197 "
die mittlere Elastizitätszahl längs $E =$	150 000 "
also mittlere Dehnzahl	$\delta = \frac{1}{150\,000}$

im einzelnen wechselten die Dehnzahlen für

Zug von	$\frac{1}{89\,000}$ bis $\frac{1}{128\,000}$
---------------	--

die mittlere Dehnzahl für Druck betrug $\delta'' =$	$\frac{1}{173\,000}$
---	----------------------

die mittlere Dehnzahl für Biegung..... $\delta_b =$	$\frac{1}{150\,000}$
---	----------------------

Der Arbeitsverbrauch zum Durchschlagen eines Quadratstabes von 2 cm Seite und 25 cm Stützweite beträgt 1,1 bis 1,5 mkg/cm². Die hellgelbe Sorte ist vermutlich Splint-, die braune Kernholz. Demnach wäre der Splint zugfester als der Kern. Die Schlagprobe ist fast so günstig wie bei Hickory und beträchtlich günstiger als bei Eiche, Esche und Tanne, daher obiges Fragezeichen betreffs Zähigkeit berechtigt.

einziges in der Treibhausluft nicht faulendes Holz. Gegen Anpflanzung in geschlossenen Beständen haben viele Forstleute Bedenken, weil der Laubfall zur Düngung nicht genügen soll, um den starken Bedarf an Mineralien zu decken. Das ließe sich aber durch billige Düngemittel beseitigen; im übrigen ist der Baum so anspruchlos, daß er sich zur Aufforstung von Oedflächen sehr empfiehlt. Junge Stämme sollen frostempfindlich sein.

Verwandte Eigenschaften hat der Christusdorn = *Gleditschia*, der aber nicht so schnellwüchsig ist.

6a) Die echte Akazie (*Acacia*) ist ein Baum oder Strauch der warmen Zone; eine westindische Akazie (*Acacia formosa*) kommt auch unter dem falschen Namen *Sabicu* auf unseren Markt, ist ebenso dauerhaft wie Robinie, von dunkelkastanienbrauner Farbe, liefert schöne Maserstücke und wird oft als Rosen- und Jakarandaholz, auch Pferdefleischmahagoni, an den Mann gebracht. Weitere Bezugquellen für Kunsttischlerholz s. Laris a. a. O.⁵⁾, S. 93; hier seien nur noch erwähnt einige australische Akazienarten, das Veilchenholz = *Acacia homalophilla* für Drechsler, das Schwarzholz = *Acacia melanoxylon* in Neustüdwaes und Tasmanien, dunkelbraun und zu Furnieren⁷⁸⁾ zerschnitten massenhaft im Handel, für Bauholz zu schwach und zu teuer, da der Baum früh gefällt wird. Hierher gehört auch das gewöhnlich zu den Eisenhölzern zählende Mulgaholz, das zu Waffen und Bumerangs dient. In Australien soll es 400 Arten geben, viele davon gedeihen auch in Südafrika gut. In Mexiko soll die Akazie auch Bauholz liefern. Wehmer⁷⁶⁾ zählt 79 Akazienarten auf. Das Gummiarabicum wird aus Akazienarten gewonnen.

7. Die Ulme oder Rüster ähnelt im Holze der Robinie und war früher als Bauholz sehr geschätzt (Glockenstuhl des Iwan Weliki in Moskau), besonders die

⁷⁸⁾ Die sog. Furniere, d. h. dünne mit besonderer Maschine vom Stamme abgeschälte Holzscheiben edlerer Hölzer, die auf gut stehendes einheimisches Holz aufgeleimt werden, spielen heute im Tischlergewerbe eine große Rolle. Es sei verwiesen auf die in Buchform zu beziehende „Holzfurnier-Sammlung“, herausgegeben von der A.-G. Vereinigte Holz-Industrie Frankenthal (Pfalz). 39 Proben, Preis 4,50 M.

Feldulme oder Korkrüster = *ulmus campestris* oder *suberosa*, deren Holz der Robinie insofern überlegen scheint, als es auch sehr zähe ist. Es trocknet sehr langsam und schwindet dabei um 12 0/0; heute ist die Feldulme für Werkholz, Gewehrschäfte und Wagenbau so gesucht und teuer, daß sie als Bauholz selten mehr in Betracht kommt. Bild 46 a zeigt den Hirnschnitt nach R. Hartig,

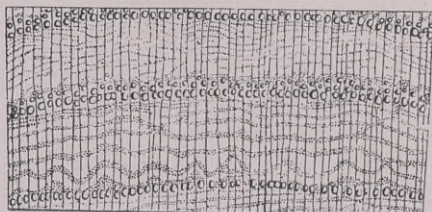


Bild 46 a. *Ulme oder Rüster* nach R. Hartig¹⁸⁾. V. 3/1.

Oben: *Feldulme oder Korkrüster* = *ulmus suberosa* (*campestris*).

Unten: *Weißelme oder Flatterrüster* = *ulmus effusa*.

zusammen mit dem der beträchtlich weniger guten *Flatterrüster* = *ulmus effusa*, die aber ihrer schönen

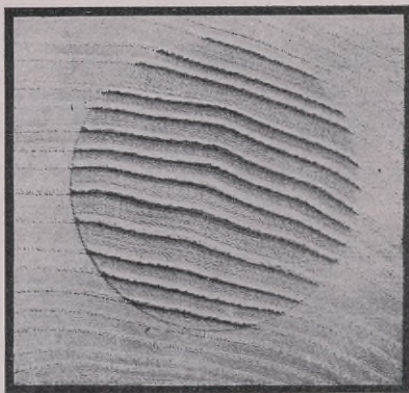


Bild 46 b. *Feldulme. Hirnschnitt*. V. 5/7.

Maserbildungen halber von Tischlern geschätzt wird. Die *Bergrüster* = *ulmus montana* steht in der Mitte

zwischen beiden. Im Trocknen verwendet ist das Holz sehr dauerhaft und wird vom Wurmfraß nicht befallen.

Gegen Wind und Wetter soll es weniger widerstandsfähig sein, doch sind die Ansichten darüber stark widersprechend, was wohl von Wachstum, Fällzeit und Behandlung beeinflußt sein mag und weiterer Aufklärung bedarf. Bild 46 b zeigt den Hirnschnitt, dessen Frühholzporenring im Sandstrahlgebläse tief ausgehöhlt ist, während die Spätholzringe kräftig widerstehen, Bild 46 c die Seitenfläche ss.



Bild 46 c. *Feldulme*. Seitenfläche ss zu 46 b. V. 5/7.

Die Abnutzung betrug bei Bild 46 b nur 0,15 g für 14 0/0 Feuchtigkeit; bei Bild 46 c nur 0,26 g, alles auf 4 cm Ø umgerechnet (2^{at} Druck und 2^{min} Blaszeit).

8. Die Esche = *Fraxinus excelsior* hat im Kernholz die hellbraune Farbe und zeigt im Frühholz gleich starke Porenringe wie das Eichenholz, ihr Splint ist gelblichweiß, aber breiter als bei Eiche; er umfaßt 30 bis 40 Jahrringe. Die Markstrahlen sind kaum erkennbar (Bild 47). Auf gutem Boden wächst die Esche sehr rasch. Jahrringbreiten bis zu 16 mm sind nichts Seltenes. Als Tischlerholz ist sie sehr beliebt, zu Sitzbänken in Eisenbahnwagen wird sie bevorzugt, ist auch ein sehr geschätztes Werkholz, fest, schwer, hart, glänzend, zähe und biegsam, als

Bauholz aber meist zu teuer (s. a. Alf. Léon über Einfluß der Feuchtigkeit auf Schlagbiegeproben von Eschenholz in Fußnote ¹⁶⁾ nebst Fortsetzung in Bd. II, 2, 1913, des

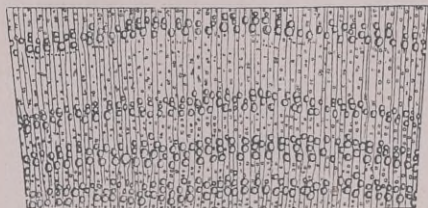


Bild 47. Esche = *Fraxinus excelsior* nach R. Hartig ¹⁸⁾. V. 3/1.

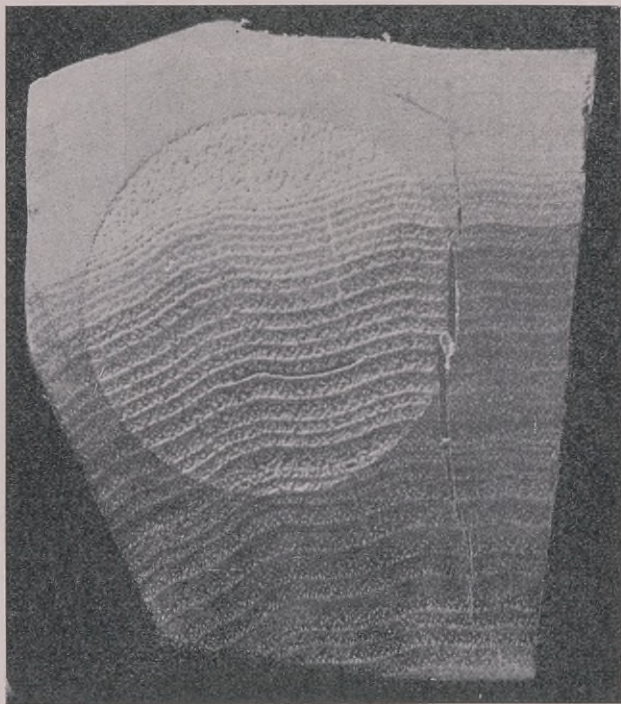


Bild 48 a. Hickory. Hirnschnitt. V. 0,96.

Wiener Versuchantes mit Kerbproben, ferner Hatts und Baumanns Versuche). Schon bei den alten Deutschen war das Eschenholz zu Speeren und anderen Waffen geschätzt; die „Weltische Yggdrasill“ ist in der Göttersage berühmt. Die Esche gehört zur Familie der Oelbaumgewächse, die meist treffliches Holz besitzen, und ist nicht zu wechseln mit:

8 a. Die Eberesche = *sorbus aucuparia* und ihre Verwandten, z. B. Mehlbeerbaum 3 a, gehören zur Familie

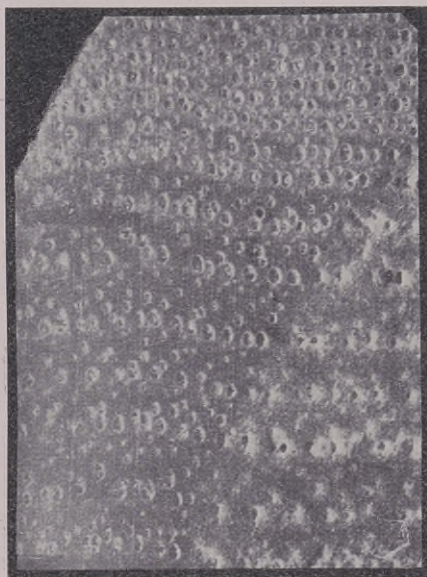


Bild 48 b. *Ausschnitt aus 48 a. V. 6,5/1.*

der rosenartigen Gewächse, wie die Weißdorne und Obstbäume, die so sehr als Drechsler- und Möbelholz geschätzt sind, daß sie als Bauholz nicht in Betracht kommen. Alle unter 8 a genannten Hölzer gehören übrigens zu den zerstreutporigen.

9. Hickorybaum = *Carya alba*. Von den Nußbaumhölzern (Juglandaceae) sind die bei uns heimischen Walnußbäume die zu den zerstreutporigen gehören,

zu wertvoll, um als Bauholz zu dienen; wir besprechen daher nur die nordamerikanischen *Carya*-Arten, deren es zwar sehr viele gibt, von denen aber der weiße Hickorybaum besonders geschätzt ist und auf gutem Boden ein sehr festes, hartes, dichtes und derbfaseriges, dabei außerordentlich zähes und elastisches, dauerhaftes und schwerspaltendes Holz liefert, das für alle Werkzeuge, wo früher Esche und Hainbuche in Betracht kamen, einen willkommenen Ersatz liefert, neuerdings aber auch zu Futterklötzen für das Rammen von Eisenbetonpfählen stark begehrt ist. Bild 48 a zeigt die geringe Abnutzung durch das Sandstrahlgebläse (nur 0,05 g bei $n = 14\%$



Bild 48 c. *Hickory-Rammklotz (als Futter für einen schwer einzutreibenden Eisenbetonpfahl benutzt).*

Ursprüngliche Abmessungen: 36 cm Ø und 31 cm Höhe; durch Rammen und Trocknen eingeschrumpft auf 34 cm Ø und 25 cm Höhe.

Feuchtigkeitsgehalt und 5,12 cm Ø der Blasfläche); auf 4 cm Ø umgerechnet, gibt dies also nur 0,03 g, wovon der größere Teil auf den Splint entfällt, trotzdem dieser weniger als ein Drittel der gesamten Blasfläche einnimmt. Bild 48 b zeigt einen Ausschnitt aus 48 a; Bild 48 c endlich die Wirkung des Rammens auf einen Hickory-Futterklotz

beim Schlagen der Eisenbetonpfähle für den neuen Wasserturm zu Hannover, wobei der zähe Zusammenhang der Fasern deutlich hervortritt. Die mittleren Teile, die vom Rammbar unmittelbar getroffen wurden, waren nachher völlig verkohlt.

Man hat den Hickorybaum seit 1629 auch bei uns anzupflanzen versucht, jedoch erst neuerdings mit größerem Erfolg, da seine Wurzeln beim Umpflanzen sehr leicht beschädigt wurden, auch ist er in der Jugend frostempfindlich. Forstmeister Rebmann in Straßburg wird demnächst seine Erfahrungen über die Aufzucht veröffentlichen und empfiehlt die Anpflanzung für ganz Deutschland. Die Heimat des Hickory ist an den großen Seen und im Alleghanygebirge bis nördlich zum Lorenzstrom. Das beste Holz liefern die Westhänge des Alleghany, wo schöne glattschaftige und vollholzige Stämme bis zu 90, ja 120 cm Ø bei 24—30 m Höhe nicht selten sind, deren Alter aber auf 200 Jahre geschätzt wird, da sie sehr langsam wachsen⁷⁹⁾. In den südlichen Unionstaaten gewachsenes Hickory taugt nur zu Brennholz. Bei guten Stämmen erreicht das Trockengewicht r_t bis 0,91; der Splint ist gelblichweiß und ziemlich breit (bis 50 Jahrringe), der Kern erscheint bläulichbraun, nach der

⁷⁹⁾ Auch von Hickory fehlen mir eigene Festigkeitversuche, so daß ich mich wie beim Schotendorn⁷⁷⁾ darauf beschränke, die Zahlen von Baumann mitzuteilen. Er fand $r_t = 0,75$ bis 0,80.

Dehnzahlen für Zug		$\frac{1}{165\ 000}$	bis	$\frac{1}{206\ 000}$
"	" Druck	$\frac{1}{182\ 000}$		
"	" Biegung	$\frac{1}{145\ 000}$		
Zerreißfestigkeit		$\sigma'_t =$	1843 bis	2198 at
Druckfestigkeit längs		$\sigma'_l =$	609 "	667 "
"	im Durchmesser	$\sigma'_d =$	153 "	267 "
"	" Umfang	$\sigma'_u =$	188 "	270 "
Biegefestigkeit	" Mittel	$\sigma'_b =$	997 at.	

Der Arbeitsverbrauch beim Durchschlagen war 1,1 — 1,9 mkg/cm² bei gleichen Abmessungen wie Robinie⁷⁷⁾. Baumann sagt aber: Hickory = weißer nordamerikanischer Walnußbaum = juglans alba, was nach obigem nicht stimmt. An derselben Ungenauigkeit leiden auch seine Benennungen der zum Vergleich herangezogenen „Akazie“ und „Tanne verschiedener Herkunft“ (s. Fußnote 61 und 77).

Mitte zu dunkler. Die Ringporen sind deutlich zu sehen, besonders unter dem Sandstrahlgebläse; die Jahrringe etwas wellig, die Markstrahlen fein, erst unter der Lupe erkennbar. Neben diesen guten auf trockenem Boden gewachsenen Stämmen gibt es aber auch viel minderwertige auf sumpfigem Boden gewachsene, daher porige, wenig elastische und nicht dauerhafte (nach Baterden ⁶³) auch dem Wurmfraß unterliegende) Ware, mit der früher Europa bedacht wurde, daher Vorsicht in Zukunft um so nötiger, als die guten Bestände immer mehr schwinden und der Nachwuchs sehr langsam ausreift (vgl. Laris ⁴), S. 179). Schwindmaß groß, daher Vorsicht beim Austrocknen; sogar das kleine Stück Bild 48a zeigte nach dem Blasen Schwindrisse. Ringeln auf dem Stamm ist zu empfehlen.

Anmerkung: Zur Herstellung von Schneeschuhen wurden früher ausschließlich die langfaserigen zähen Eschen- und Hickoryhölzer verwendet; neuerdings wohl auch Birkenholz, das sehr leicht ist und sich sehr gleichmäßig abnutzt, ferner Rot- und Rostbuche, Ahorn, Nußbaum, Ulme und Schotendorn.

II. Zerstretporige Laubhölzer.

Hierher gehören z. B. die unter 8a genannten Hölzer. Das wichtigste unter unseren einheimischen zerstretporigen Laubhölzern ist aber:

10. die Rotbuche = *fagus silvatica*, die 17% unseres gesamten Waldbestandes und 40% unserer deutschen Laubholzbestände einnimmt, in Polen aber schon selten ist und erst am unteren Pruth nach Osten bis zum Kaukasus weiter vordringt (Kosmos, Bd. 35, S. 225). Sie besitzt ein rötlichweißes, dichtes, hartes und schweres Holz, dessen r_t je nach Standort usw. zwischen 0,68 und 0,97 wechselt, das leicht spaltbar, in gedämpftem Zustand auch leicht zu biegen (Wiener Möbel) und ganz unter Wasser sehr dauerhaft ist, daher vielfach zu Rammpfählen verwendet wird; unter dem neuen Rathaus zu Hannover stehen dank alten guten Erfahrungen 6000 Rotbuchenpfähle. Leider ist es aber im Trockenen als Stärkebaum dem Insektenfraß und bei wechselnder Feuchtigkeit der Fäulnis ausgesetzt, reißt auch stark beim Trocknen.

Die letzteren drei Uebelstände haben die Rotbuche trotz ihrer sonstigen trefflichen Eigenschaften im 19. Jahrhundert als Bauholz derartig in Verruf gebracht, daß sie für Bauzwecke in manchen Gegenden ganz ausgeschlossen wurde und neben geringer Verwendung zu Werkholz hauptsächlich nur als Brennholz Benutzung fand, wozu sie sich zwar trefflich eignet, aber seit allgemeiner Einführung der Stein- und Braunkohle auch zur Zimmerofenheizung immer mehr im Werte sank, daher häufig durch andere Pflanzungen ersetzt wurde.

Neuerdings ist man jedoch angesichts der großen Bestände unserer Wälder an Buchenholz bestrebt, seine guten Eigenschaften besser auszunutzen und es durch Tränkung mit fäulniswidrigen Stoffen gegen Vergänglichkeit zu schützen. Hierzu dient erstens für Möbel, Fußböden und Werkzeuge aus Buchenholz, überhaupt alle Zwecke, die Geruchlosigkeit verlangen, das Tränken mit Paraffin, das zwar behufs tieferen Eindringens meist in Benzin gelöst wird, welches letzteres sich aber nachher rasch und unschädlich verflüchtigt, — zweitens für die immer mehr sich ausdehnende Massenverwendung zu Eisenbahnschwellen und Straßenpflasterklötzen die Tränkung mit Kreosotöl oder gereinigtem Teeröl. Neuestens wird Teeröl + Paraffin empfohlen in „Sc. Am.“ 5. Juli 1913, S. 13. Anfänglich versuchte man die Tränkung mit den billigeren Metallsalzen, besonders Zinkchlorid, ist aber mehr und mehr davon abgekommen, weil sie durch Regen leicht ausgewaschen werden.

Nun nimmt aber gesundes Buchenholz, das ja nach S. 66 zu den Reif- oder Splintbäumen zählt, bei denen selbst die innersten Jahrringe, wenn auch in stark beschränktem Maße, an der Wasserleitung im lebenden Baume teilnehmen, bei der Tränkung sehr viel mehr Teeröl auf als andere Harthölzer, nämlich jede Schwelle 28 bis 36 Liter gegen nur 8 bis 10 bei Kiefern- und 11 bis 15 bei Eichenholz, und deshalb scheute man anfänglich die hohen Kosten der Teeröltränkung. Dies erklärt die noch heute bei manchen Eisenbahnverwaltungen herrschende Abneigung gegen Buchenholzschwellen, trotz der guten Erfahrungen, welche bei der französischen Ostbahn schon vor 1870 gemacht worden sind und seitdem von den Reichs-

eisenbahnen, die viele Buchenschwellen im Elsaß vorfanden, nur bestätigt werden konnten. Sie sind auch die Vorkämpfer für Einführung der Buchenschwellen in Deutschland geworden, besonders Geh. Baurat Schneidt⁸²⁾, der in Wort und Schrift dafür eintrat.

Durch die Einführung von Rüplings Sparverfahren⁸⁰⁾ ist mittlerweile der Bedarf auf die Hälfte herabgedrückt worden, man braucht nur noch 15 Liter, ohne die Schutzwirkung zu beeinträchtigen. Man hofft nach den guten Erfahrungen in Frankreich auf zwanzig- bis dreißigjährige Dauer getränkter Eisenbahnschwellen aus gutem Buchenholz bei geeigneter Anordnung der Schienenaufleger (gegen nur zwei- bis fünfjährige Dauer von ungetränkten Buchenschwellen), und bei dem großen Bedarf an Schwellen erwartet man eine so gute Verwertung des Buchenholzes, daß für Länder mit großen Buchenwäldern (ganz Westeuropa) der massenhafte und teure bisherige Bezug ausländischer Schwellen beträchtlich eingeschränkt werden kann und die Buchwaldwirtschaft bedeutend lohnender als bisher zu werden verspricht, wenn noch folgenden zwei Mängeln des Buchenholzes begegnet wird, die die bisherige Abneigung mancher Eisenbahnverwaltungen verstärkten, nämlich 1. das leichte Aufreißen und 2. die Ansteckgefahr, der gesunde Schwellen auf dem Stapel durch eingeschmuggelte Schwellen mit faulem Kern ausgesetzt sind. Diese zwei Punkte seien daher kurz besprochen.

Die Neigung zum Aufreißen rührt her von dem großen Wassergehalt (über 45 %) des grünen Holzes, der bei schlechter Stapelung zum einseitigen Austrocknen an den Hirnenden Anlaß gibt, was zu bedenklichen Luftrissen führt. Man sucht dies zu verhindern entweder mittels Einschlagens ∞ förmiger Klammern ins Hirnholz, deren Form neuerdings wesentlich verbessert bzw. durch Rüplings

⁸⁰⁾ Unter den zahlreichen Veröffentlichungen über Buchenholz und Buchenschwellentränkung ist wohl eine der ausführlichsten und zurzeit vollständigsten die des rumänischen Ingenieurs Samitca: *La Conservation des traverses en hêtre par l'imprégnation économique et spécialement par le procédé. Rüping, Paris 1911.* Er gibt seine Quellen gewissenhaft an. Wir nennen von den neueren besonders Tuzson: *Untersuchungen über Zersetzung des Rotbuchenholzes, Berlin 1905.*

Z förmige Klammern ersetzt wird, oder mittels Bestreichens der Hirnflächen mit „Schutzanstrichen gegen Luftrisse“⁸¹⁾, die billig sind und gut wirken, aber den Nachteil haben, daß das Hirnholz verdeckt wird (sie dürfen also erst aufgebracht werden, nachdem die Gesundheit des Holzes am Hirnschnitt nachgeprüft ist, und sie verlangsamen das gesamte Austrocknen sehr stark). Als drittes Schutzmittel empfiehlt Schwappach das Liegenlassen der im Sommer gefällten Stämme in der Laubkrone, was nach S. 86 die Verdunstung sehr fördert, aber bei Buchen ganz besonders sorgfältige Lagerung verlangt, um Pilzbefall zu vermeiden. Ich selbst möchte zur Einführung des oberen Ringels im Frühjahr vor dem beabsichtigten Fällen raten (vgl. S. 85), wodurch zugleich die zur Fäulnis neigenden Säfte dem Holze sicherer entzogen werden als durch das bloße Liegenlassen in der Krone. Meydenbauer empfiehlt statt dessen das schon früher geübte sechs- bis achtwöchige Flößen der Buche oder deren Einlegen in fließendes Wasser, wodurch die Nährstoffe für Pilze und Insekten ausgelaugt und dann sehr dauerhafte Bauhölzer erzielt werden, wie alte Erfahrungen aus dem Eichsfelde bestätigen, wo noch Fachwandhäuser vom Jahre 1563 stehen (vgl. Z. d. Bwltg. 1886, S. 1 und 38), an denen nur die Grundswellen aus Eiche, alle anderen Hölzer aus Rotbuche bestehen. Gefloßtes Holz trocknet bekanntlich auch rascheraus als grünes. Ob es aber so sicher vor dem Aufreißen ist wie geringeltes, erscheint fraglich, ebenso ob bei rotem Kern ein genügendes Auswaschen erzielt wird.

Der falsche Kern der Rotbuche. Während gesunde, äußerlich unbeschädigte Buchenstämme an frischgefallten Hirnenden eine rötlichweiße Farbe haben, die im Innern wegen des geringeren Feuchtigkeitsgehaltes eher heller ist als am Umfang, zeigen sehr viele Buchen im Innern Flecken von stärkerer Rötung (roter Kern) oder gar braungraue Flecke (den eigentlichen faulen Kern) an Stellen, die nicht immer in der Achse des Stammes, sondern

⁸¹⁾ Schwappach empfiehlt in „Z. f. Forst u. Jagdwesen“ 1910, S. 427, den Anstrich der „Rheinischen Holzverwertung, A.-G.“ zu Rheinau bei Mannheim. Ich selbst habe trefflichen Schutz gegen Aufreißen erzielt mit der Anstrichmasse gegen Luftrisse von Daniel Lörach, Mülhausen i. Els.

oft seitlich liegen und unregelmäßige eckige Formen annehmen. Die Verfärbungen rühren von äußeren Verletzungen des Stammes her, sei es durch Frostrisse oder durch splitteriges Abbrechen von Aesten, die teils durch Menschenhände, häufiger aber durch Anstreifen an Nachbarbäume bei Windschwankungen bewirkt werden. Wenn man diese Verletzungen nicht schleunigst durch Verstreichen schützt, so dringen dort Pilze ein, die durch die Astwunde bis zum Stamm vordringen und dort Ansätze von

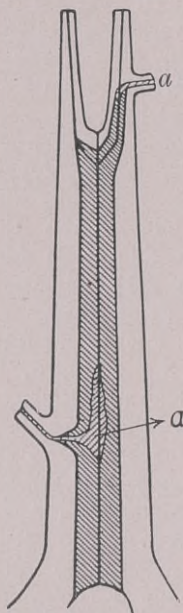


Bild 49 a. Roter (■) und grauer (▨) Kern der Buche.

Fäulnis erzeugen, die sich durch graubraune Färbung (oft mit schwarzen Rändern) kenntlich macht. An der Luft greift diese Fäulnis rasch um sich, und zerstört den ganzen Stamm, greift auch auf benachbart lagernde Hölzer über. Zwar wehrt sich der lebende Baum gegen weiteres Umsichgreifen der Fäulnis, indem die bereits eingedrungenen Pilze zur Bildung von Holzgummi anregen, der aus den

Nährzellen sackartig in die Gefäße eindringt und sie allmählich verstopft, d. h. Füllzellen (Thyllen) bildet, die die Pilze umhüllen und am Weiterwachsen verhindern. Solche verstopfte Gefäße sind dann stark rötlich gefärbt, so daß sie sich oft schroff gegen das benachbarte pilzfreie Holz abheben; bei Verwendung im Trockenem sind solche rote Kerne nicht zu beanstanden, sie würden aber im Regen allmählich in die faulende braune Farbe übergehen, wenn sie nicht mit fäulniswidrigen Flüssigkeiten umgeben und so vor Pilzbefall geschützt würden. Bild 49 a zeigt das Vordringen des roten Kerns im lebenden Buchenstamm als

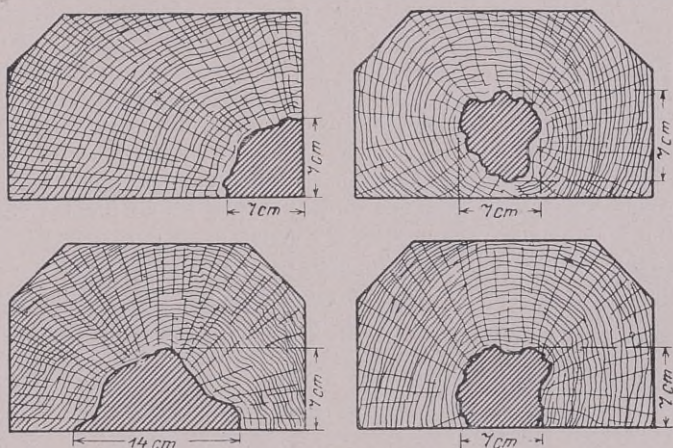


Bild 49 b. Zulässige Ausdehnung der roten Kerne bei den Buchenschwellen der preußischen Eisenbahnverwaltung.

Umhüllung der zwei graubraunen pilzbefallenen faulen Kernstellen *a*, die von zwei abgebrochenen Aesten ausgehen, aber an gefährlicher Weiterentwicklung durch Luftabsperrung, d. h. roten Kern verhindert sind. Die Erfahrung hat gezeigt, daß das Ausschneiden des grauen Kerns und das Tränken unter Hochdruck genügt, um Eisenbahnschwellen mit rotem Kern anwenden zu dürfen, wofern letzterer ganz im Innern oder wenigstens im unteren Teil der Schwelle liegt und nicht mehr als 25 % (früher 10 %) der ganzen Querschnittfläche einnimmt. Bild 49 b zeigt

die heute bei der preußischen Bahnverwaltung noch als zulässig erachteten Rotkerne⁸²⁾, falls sie fest und frischfarbig sind, während tiefbraune oder graue Kerne bereits in Zersetzung begriffen und von der Verwendung auszuschließen sind. Da diese graue Kernfärbung manchmal geringe örtliche Ausdehnung hat, wird sie oft erst beim Zerschneiden des Stammes wahrgenommen. Um unnütze Arbeit zu ersparen oder sich vor Ankauf unbrauchbarer Stämme zu schützen, empfiehlt sich das Absuchen des gefällten Stammes nach äußeren älteren Verletzungen, Astlöchern u. dgl. sowie die Prüfung durchs Ohr, vgl. S. 94. Erfahrungsgemäß dämpfen nämlich frischrote Kerne den Schall nicht sehr, wohl aber graubraune und unzulässige Faulstellen, die sich manchmal im Innern roter Kerne befinden. Man hat früher bei der preußischen Eisenbahnverwaltung auch die roten Kerne von der Verwendung zu Schwellen ausgeschlossen und das war für ungetränkte Schwellen auch geboten, ist aber seit Einführung der Rüplingschen Spartränkung jetzt glücklicherweise überflüssig geworden, denn sonst wären nicht viele Buchenstämme verwendbar. Kommt doch der rote Kern so häufig vor, daß Schwappach, der zu Vorversuchen über die Verwendbarkeit von Buchenschwellen 70 Stück aus den Oberförstereien Chorin und Freienwalde beziehen wollte, sich schließlich mit 35 völlig kernfreien Schwellen begnügen und 35 Stück, die nur 10 % Kernfläche zeigten, zulassen mußte, da er sonst gar zu viele Stämme hätte verwerfen müssen.

Samitca⁸⁰⁾ verlangt für die rumänischen Staatsbahnen mit Recht ein Zusammenwirken der Staatsforstverwaltung und der Eisenbahnverwaltung, ein möglichst rasches Entfernen der Stämme aus dem Walde (er vergißt dabei nur das Austrocknen durch vorhergehendes Ringeln sowie das Bestreichen mit Falcks Dinitrophenolnatrium vgl. S. 88) und richtige Stapelung auf trockenen Plätzen (gemäß den preußischen Vorschriften hierüber) bis zum Trocknen, unter

⁸²⁾ Die Bilder 49 a und b sind entnommen aus dem Vortrag von Schneidt über Beschaffung und Verwendung buchener Schwellen in Glasers Annalen 1910 I., S. 88. Samitca⁸⁰⁾ hat diese Bilder gleichfalls benutzt und zum Teil ergänzt.

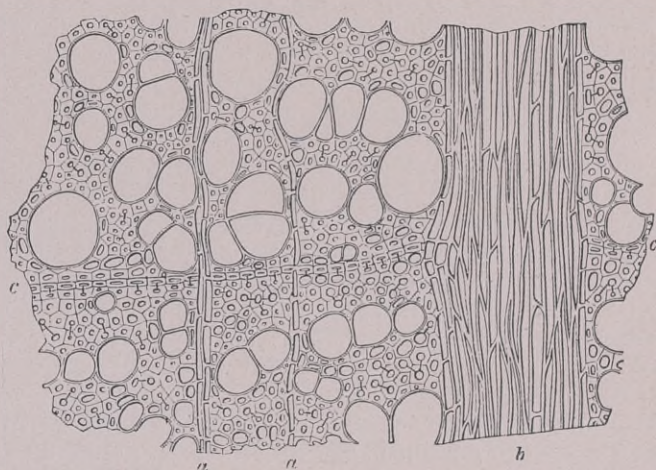
peinlichem Ausschluß pilzbefallener Stücke. Die Pariser Straßenbauverwaltung kauft schon längere Zeit ihre Stämme im Walde und besorgt deren Fällen, Nachbehandlung usw. selbst, vgl. Petsche, „Le bois“⁸⁹⁾, S. 405, wobei allerdings die Buche zu kurz kommt.

Man sieht, daß eine sorgfältigere Erziehung unserer Buchenwälder erforderlich ist, mit Verschmieren von Astwunden und anderen Verletzungen des Stammes durch Teer oder Zement, besser künstliches Aesten und Wiedereinführen des Frühjahrtringels vor dem Fällen⁸³⁾. Alsdann wird das Buchenholz wieder zu Ehren kommen und eine bedeutend bessere Verwendung als im 19. Jahrhundert ermöglicht werden, insbesondere wird es für den Riesenbedarf an Eisenbahnschwellen, zu dem sich die gutgetränkte Buche — auch bei rotem Kern — vorzüglich eignet, verwertbar gemacht werden können. Das erfordert natürlich eine etwas teurere Waldpflege, die sich aber reichlich lohnt und auf die wir bei der Forderung der Astreinheit noch zurückkommen werden. Preis getränkter und verklammerter Buchenschwellen in Württemberg 1913 nur 5,80 M., während getränkte Kiefernswellen mit Hainbuchendübeln auf 5,70 M. zu stehen kommen und viel geringere Dauer haben. In Württemberg werden jetzt auf freier Strecke fast ausschließlich Buchenschwellen verwendet. Nur für die Weichenschwellen ist Eichenholz noch beliebter, was aber in Zukunft sich zugunsten der Buche ändern dürfte. Die Buchenschwelle nimmt nach dem Sparverfahren 15^{kg} Teeröl auf gegen 6^{kg} der Kiefern- und 12^{kg} der Eichen- schwellen.

Ueber das Aufreißen vor und nach dem Tränken der Buchenschwellen wird dort allerdings sehr geklagt, so daß oft Klammern nicht mehr genügen und durch Bolzen ersetzt werden müssen. Auch dieser Uebelstand ließe sich durch rechtzeitiges Ringeln vor dem Fällen beseitigen oder wenigstens stark ermäßigen, und dann kämen die herrlichen Buchenwälder der rauen Alb, die in den letzten

⁸³⁾ Wolfram in seinem damals maßgebenden Lehrbuch der Baukunst Bd. I. 1833, S. 158, empfiehlt bei Buchen das Schälen des Stammes ein Jahr vor dem Fällen oder vier- bis sechswöchiges Auslaugen nach dem Fällen, scheint aber damit nicht durchgedrungen zu sein. Heute genügt doppeltes Ringeln.

Jahrzehnten durch Kahlhiebwirtschaft (bei den Buchen besonders schädlich) mißhandelt und überall stark eingeschränkt worden sind, für die aber der Kalkboden — auf Basaltboden sollen sie noch fester werden und gedeihen ebenfalls sehr gut, z. B. im Habichtswald — so vorzüglich geeignet ist, wieder zu Ehren, da der Schwellenbedarf ein sehr großer ist und die feste dichte Beschaffenheit des Buchenholzes sowie sein großes Gewicht es hierfür besonders geeignet erscheinen läßt, bei 30jähriger Dauer auch der Wettbewerb gegen Eisen- oder Eisenbeton-



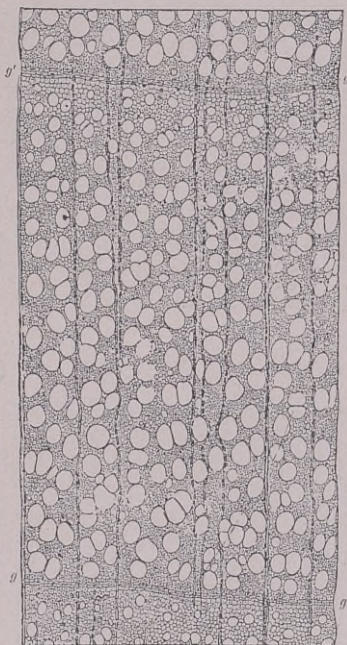
aa = schmale Markstrahlen; *b* = breiter Markstrahl; *cc* = Jahringgrenze; die dickwandigen, eckigen und englichtigen Zellen sind Stützzellen; die ebenso großen, aber weitlichtigen Zellen sind Nähr- oder Leitzellen. Unterhalb *cc* Spätholz des älteren, oberhalb *cc* Frühholz des nächsten Jahrringes.

Bild 18. Querschnitt durch Rotbuchenholz. V. 100/1, nach R. Hartig.

schwellen sich immer mehr zugunsten der Buchenschwelle entscheiden würde.

Wie vorzüglich sich gesundes und rissefrei getrocknetes Buchenholz für alle möglichen Bau- und Werkzeugzwecke eignet, geht aus der nachstehenden Beschreibung seines Kleingefüges und den daraus sich ergebenden Eigenschaften unmittelbar hervor: Die Buche gehört, wie schon gesagt, zu den zerstreutporigen Hölzern, d. h. ihre Gefäße liegen nicht wie bei den ringporigen

hauptsächlich im Frühholzring, sondern sind über den ganzen Jahrring zerstreut, wenn sie auch im Spätholz meist etwas enger werden. Dies zeigte schon das hier wiederholte Bild 18 in V. 100/1 und besonders Bild 49 c, das einen Jahrringausschnitt in V. 40/1 aus H. und W. II., S. 3, darstellt; die geringere Weite der Buchengefäße (0,016



gg = Jahrringgrenzen.

Bild 49 c. Jahrringausschnitt aus Rotbuche. V. 40/1.

bis 0,08 mm) gegenüber denen der Eiche erhellt daraus, daß letztere im Frühholzring Gefäße von 0,2 bis 0,5 mm $\varnothing$ besitzt, im Spätholz allerdings nur wenige engere von 0,02 bis 0,12 mm $\varnothing$. Dafür sind aber die Gefäße der Buche ziemlich gleichmäßig über den ganzen Jahrring verteilt ⁸⁴⁾

⁸⁴⁾ In den älteren Auflagen von Schmeil ²⁷⁾ ist die Verteilung der Gefäße viel ungleichmäßiger, sich mehr den ringporigen Hölzern nähernd, dargestellt, was nur ausnahmsweise vorkommt und daher in den neueren Auflagen weggelassen ist.

ihre oberen und unteren Enden zeigen je ein weites Loch, weshalb die Wasserleitung der Buche viel rascher vor sich geht als z. B. bei der Erle mit ihren sieb- oder

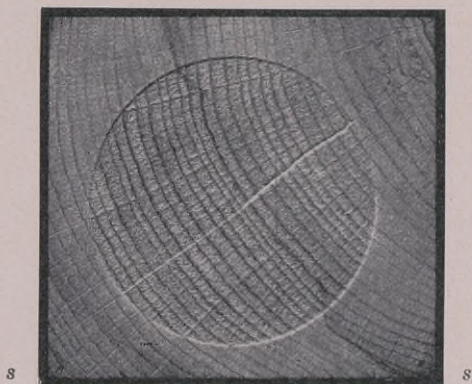


Bild 49 d. *Hirnschnitt durch Rotbuche mit rotem Kern.* V. 5/7.

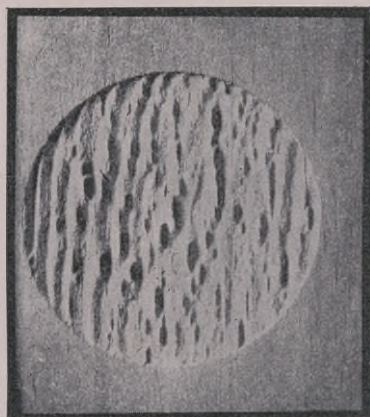


Bild 49 e. *Seitenfläche ss zu Bild 49 d.* V. 5/7.

rostförmigen Gefäßenden. Bild 19, S. 59, zeigt diese Gefäße und auch die übrigen Zellen der Rotbuche, durch

Auslaugen (Mazeration) voneinander getrennt. Aus Bild 18 erhellt, daß manchmal zwei Gefäße nur durch eine dünne Scheidewand getrennt sind, daß außerdem die Gefäße nur mit wenigen Leitzellen, dafür aber mit zahlreichen meist dickwandigen Stützzellen umgeben sind, daß trotzdem die Jahrringgrenzen ziemlich scharf hervortreten und daß neben vielen ein- bis zweireihigen, mit bloßem Auge nicht erkennbaren Markstrahlen auch sehr breite vielreihige Markstrahlen vorkommen, die ähnlich wie bei der Eiche dem Sandstrahlgebläse kräftig widerstehen, aber doch nicht so stark hervortreten wie bei der milden Eiche, weil bei Bild 49 d das Spätholz vorherrscht und auch nirgend so weite Poren vorkommen wie bei der Eiche. Das Holz der Buche ist daher gleichmäßiger dicht, wenn auch seine Gefäße insgesamt mehr Flüssigkeit aufsaugen⁸⁵⁾ als bei der Eiche; seine Querfestigkeit ist größer, daher auch seine Eignung für Eisenbahnschwellen, sobald es gegen Faulen geschützt wird. Bild 49 d zeigt auch den welligen Verlauf der Jahrringgrenzen und die teilweise Färbung, z. B. an der mit Bleistift nachgezogenen zackigen Begrenzung des roten Kerns (rechts), dessen Gefäße verstopft und daher weniger deutlich zu erkennen sind als in den übrigen Holzteilen. Bei Bild 49 e heben die roten Kernflächen sich als dunklere Streifen deutlich ab. Die Abnutzung im Sandstrahlgebläse betrug für Bild 49 d bei 2^{at} 2^{min} lang auf 4^{cm} Ø nur 0,11 g, für Bild 49 e: 0,65 g.

Wir haben die Rotbuche etwas ausführlicher behandelt, als es gewöhnlich geschieht, wegen ihres Vorherrschens im deutschen Laubwald und der Güte ihres Holzes, die meist zu wenig gewürdigt wird, bei richtiger Waldpflege aber zu steigender Verwendung führen muß, wenn erst ihre Schutzbehandlung gegen Fäulnis nach dem neueren billigeren Verfahren richtig durchgeführt wird. Dann werden die Stimmen, die eine Verringerung unseres Buchen-

⁸⁵⁾ Das Aufsaugevermögen gesunden Buchenholzes (ohne falschen Kern) ist größer als das von Eiche und Kiefer; unsere Prismenproben von $3\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2} \times 7$ cm, die 1 cm tief in Wasser gestellt wurden, hatten aufgesaugt

	Buche	Eiche	Kiefer	Fichte
nach 16 Tagen	3,50	2,75	2,29	5,1 Gramm
„ 1/2 Jahr	35,8	21,8	31,8	45,2 „

d. h. nur die Fichte saugte mehr Wasser an als die Buche.

bestandes empfehlen, mehr und mehr verstummen und dieser schönste unserer Waldbäume wieder zu Ehren kommen. Ist er doch unseren Vorfahren neben der Eiche, Linde und Esche der geschätzteste Baum gewesen, aus seiner Rinde wurden Buchenstäbchen geschnitten, in die weissagende Runen eingeritzt wurden, woraus unsere Wörter „Buchstabe“ und „Buch“ abgeleitet sein sollen. Seinen Wert als Bauholz wußten unsere Alvordern besser zu schätzen, und seine Dauer durch Ringeln und Flößen zu erhöhen, was im 19. Jahrhundert ganz in Vergessenheit geriet. Ueber die Festigkeitzahlen, die ja sehr stark vom Wassergehalt abhängen, soll später im Zusammenhang mit denen anderer Hölzer berichtet werden.

10a. Die Rostbuche = *fagus ferruginea* ist ein in Nordamerika und Kanada gut gedeihender Baum mit rostbraunem Holz von noch größerer Festigkeit als unsere Rotbuche; daß sie auch bei uns anpflanzfähig und -würdig ist, zeigen zwei gleich alte Bäume im Botanischen Garten in Tübingen, deren einer, die Rostbuche, gleich groß und stark ist wie die benachbarte Rotbuche. Sie sei zu größerer Anpflanzung empfohlen. Ein Aststück, das mir Garteninspektor Schelle sandte, zeigte so geringe Abnutzung im Sandstrahlgebläse (nur 0,02 g auf 4 cm Ø), daß eine bildliche Wiedergabe zu undeutlich würde.

11. Die Weißbuche oder Hainbuche = *Carpinus betulus* L., das schwerste und festeste unserer einheimischen Hölzer, daher zu Werkzeug- und Maschinenteilen, z. B. Radkämme, geschätzt, aber nur ganz im Wasser oder ganz im Trockenen dauerhaft, letzterenfalls freilich Wurmfraßgefahr. Die Tischlerhobel werden fast ausschließlich aus Hainbuchenholz hergestellt, und es galt früher als Zeichen des Fleißes, wenn der Hobel keine Wurmlöcher zeigte, d. h. möglichst viel in Bewegung war. Als Bauholz ist es seiner geringen Wetterbeständigkeit wegen selten verwendet. Ob durch Ringeln, Flößen u. dgl. das Befallen durch Holzwürmer verhindert und die Dauer erhöht werden kann, ist noch zu untersuchen. Die Verwendung zu Dübeln in Kiefernschwelen unter der Schienenauflage ist schon S. 169 erwähnt.

12. Das Platanenholz gleicht fast in jeder Hinsicht dem der Rotbuche, hat aber nicht so scharfe Jahr-

ringgrenzen. Die kräftigen Markstrahlen stehen enger und nehmen fast ein Drittel der Hirnholzfläche ein (gegen etwa ein Zehntel bei der Rotbuche). Das Holz wird für noch wertvoller als das der Rotbuche gehalten, seine Dauer könnte wohl durch entsprechende Behandlung ebenfalls verlängert werden. Als Waldbaum fehlt die Platane bei uns, wird aber zu Baumreihen an Wegen und als mächtiger Zierbaum in Gärten viel gepflanzt; jedenfalls verdient sie mehr Beachtung als bisher. Den botanischen Namen *Platanus (occidentalis)*, bei dem die zweite Silbe fast tonlos ist, haben sich die Arbeiter in unseren botanischen Gärten zum Teil als „Blattnuß“ mundgerecht gemacht.

13. Birke, Linde, Walnuß, Roßkastanie und viele Obstbaumhölzer finden keine Verwendung zu Bauholz, seien daher hier übergangen und nur erwähnt, daß Birkenrinde ein Oel enthält, das pilztötend wirkt, weshalb im Mittelalter die Balkenköpfe mit Birkenrinde umhüllt wurden. Jetzt gewinnt man daraus das Birkenrindenöl, das als Schutzanstrich für Balken in Rußland seit langem mit Erfolg verwendet wird. Die Birkenrinde ist auch sonst geschätzt und sehr dauerhaft, vgl. die aus Birkenrinde hergestellten Boote der Kanadier in unseren Museen.

14. Ahorn = *acer*. Der alte Name ist Flader²⁰⁾. Die zahlreichen einheimischen Ahornarten sind als Tischler- und Drechslerholz geschätzt, gelten aber als zu vergänglich für Bauholz. Neuerdings wird der amerikanische Zuckerahorn (*acer saccharinum*) zu Riemenfußböden in Fabriken, Werkstätten und Rollschuhbahnen — in Chicago neuerdings auch zu Holzpflaster — viel verwendet; er soll geringe Abnutzung zeigen und wenig Wasser aufnehmen; letzteres fand ich an einer hiesigen Probe nicht bestätigt.

15. Erle oder Eller auch Else genannt. Die Schwarzele = *alnus glutinosa* ist bei wechselnder Feuchtigkeit von sehr geringer, im Trockenen oder ganz unter Wasser von großer Dauer, wird darin auch härter und fester, $r_t = 0,42$ bis $0,68$, daher zu Röhrenleitungen und manchen Wasserbauten wie auch zu Geräten viel benutzt. Die Weißele hat ähnliches aber minderwertigeres starkreisendes und schwindendes Holz. Zu Tischler- und Drechslerarbeiten, auch zu Furnieren und Modellen

sowie zu Zigarrenkisten wird besonders Schwarzerle viel verwendet.

Sie gedeiht nur auf feuchtem Boden, im Gegensatz zu der Sanderle, die neuerdings zur Anpflanzung auf trockenen Sandböden, Dünen und Böschungbefestigungen von Rußland aus empfohlen wird; sie soll auf ganz trockenem Sande gut gedeihen, aber sehr minderwertiges Holz liefern. Immerhin scheint sie im Erd- und Wasserbau an Bedeutung zu gewinnen. Ob sie mit der Grünerle des Gebirges verwandt ist, konnte ich noch nicht feststellen. Unsere Botanikbücher ließen mich im Stich.

16. Die Espe oder Aspe = Zitterpappel (*populus tremula*) ähnelt im Holze der Erle; es ist aber weicher, gleichmäßiger, wirft sich wenig und ist daher als Blindholz sowie zu Zementfässern, Reißbrettern, Zündhölzern geschätzt. Letzteres gilt auch für die anderen Pappelarten sowie für den häufig mit Pappeln verwechselten:

17. Tulpenbaum = *Liriodendron tulipifera*, auch White-wood genannt, oder amerikanische Pappel = yellow poplar. Als besseres Blindholz oder Absperrfurnier massenhaft bei uns eingeführt, hat es zu Streitfragen über White-wood Anlaß gegeben, vgl. Krais⁵⁾, S. 481, 721 und 725. Als Garten- und Parkschmuck ist der Tulpenbaum auch bei uns beliebt und gut gedeihend.

17 a. Tupelo = *Nissa aquatica* auch *silvatica* gedeiht bei uns selten (Berggarten zu Herrenhausen), wird aber aus Nordamerika als Wellen- und Drechslerholz zu Naben und Felgen viel eingeführt, ist von Printz als sehr hart und fest, von Laris dagegen als weich und sehr zäh bezeichnet, neigt aber zum Drehwuchs und wird hier nur erwähnt, weil es in manchen Baubüchern wohl mit Tulpenbaumholz verwechselt wird, z. B. im Rezeptbuch der Baugewerkzeitung 1911, S. 11, siehe auch die Fragezeichen in Krais, S. 721.

18. Von den Weidenarten wird die Sahlweide = *Salix caprea* zu Holznägeln und Faschinenbauten geschätzt, sonst wenig. Weiden- und Pappelhölzer gehören zu den leichtesten unter den einheimischen Holzarten; $\rho^t = 0,4$ bis $0,5$. Zum Schutz von Bachufern oft angepflanzt.

Von ausländischen Hölzern

sind außer den schon genannten Nadel- und Laubhölzern noch folgende zu nennen:

Seit etwa 20 Jahren kommen immer größere Mengen australischer und afrikanischer Hart- und Weichhölzer auf unseren Markt, von denen die für unser Bauwesen schon fast unentbehrlich gewordenen Laubhölzer hier noch besprochen werden sollen, während die zahlreichen Edelhölzer für Kunsttischlerei nur gestreift werden können. Farbige Abbildungen von Hobelflächen der letzteren gibt Großmann in „Gewerbekunde der Holzbearbeitung“, Bd. 1, Leipzig 1914. Preis gebd. 2 Mk.

Australische Holzarten.

In erster Linie sind die Fieberbäume oder Eukalyptusarten zu nennen, die höchsten Bäume der Welt (vgl. S. 90), mit sehr festem und dauerhaftem Holze, das auf unseren Handelsschiffen früher (als Ballast für die Rückfracht) so billig eingeführt wurde, daß es an unseren Küstenplätzen die Eiche ganz zu verdrängen vermochte, da es nicht bloß billiger⁸⁶⁾, sondern auch dauerhafter ist als Eiche, und insbesondere für Seebauten den Verheerungen durch den Bohrwurm längeren Widerstand leistet als unser früherer Eichenersatz, das Tieckholz. Manche Sorten (besonders Talgholz) brennen auch schwer, was für Hausbau und Möbel wichtig.

In Deutschland wurden sie zunächst ihrer schönen Farbe wegen zu Möbeln verarbeitet, zum Teil unter ganz falschen Bezeichnungen. So erwiderte ein Verlader im Hafen von Duisburg noch 1895 auf meine Frage nach der Herkunft des dort verfrachteten Blaugummibaumes (*Eucalyptus globulus*): „Das ist amerikanisches Rotholz“. Bald erkannte man aber den hohen Wert dieser Hölzer für die geräuschlose Pflasterung unserer Großstädte, zuerst in Sidney 1880, dann in London und

⁸⁶⁾ Beispiel 3, S. 5 gibt Harburger Preise vom Sommer 1912 an; im Herbst 1913 wurden dort 8^{cm} starke Bohlen angeboten zu:

136	Mk./m ³	für Jarrahholz,
145	„	„ Blackbutt,
155	„	„ gute Eiche.

Paris, seit 1900 auch in deutschen Städten. Zur Einführung in Deutschland haben die Holzhandlungen J. Mähl & Co. in Bremen sowie die Firma Stärker & Fischer in Leipzig viel beigetragen. Die Nachfolger letzterer Firma besitzen vier Niederlassungen in Australien und liefern große Mengen nach Deutschland; durch Bilder und Schriften trugen beide zur Einfuhr bei⁸⁷⁾. Auch die australische Regierung hat durch Einrichtung einer großen Prüfanstalt in Sidney unter Prof. Warren (vgl. S. 23) die Kenntnis der trefflichen Eigenschaften dieser Hölzer wesentlich gefördert⁸⁸⁾, ebenso die Aufschließung großer, früher kaum zugänglicher Wälder durch Bahnbauten, so daß gegenwärtig der ganze Weltbedarf reichlich gedeckt werden kann; wie lange (?) das hängt von den eingeleiteten Maßnahmen gegen den in solchem Neuland anfänglich stets betriebenen Raubbau ab; denn 150^m hohe, bis zu 28^m über dem Boden astreine Stämme brauchen trotz ihrer Schnellwüchsigkeit Zeit.

Es sind vier Küstengebiete (das Innere ist ja baumleer), aus denen diese Hölzer als wichtigste Ausfuhrware Australiens stammen, der Norden, Osten, Süden, besonders Neu-Süd-Wales mit Tasmanien (in diesen drei Gebieten sind die englischen Holzbezeichnungen vorherrschend), endlich West- bzw. Südwest-Australien, wo

⁸⁷⁾ Die Schrift von J. Mähl & Co. Bremen über „Australische Hart- und Edelhölzer“ erschien 1910/11 und gibt Abbildungen verschiedener Waldbäume, die zeigen, daß die Stämme bis zu großer Höhe glatt und astlos wachsen und nur geringen Drehwuchs zeigen. Die Firma ist seit 1. Oktober 1913 nach Hamburg, Alsterdamm 4/5, übergesiedelt. Vespermann hat in seinem Buch: „Bauhölzer und ihre Verbreitung im Welt-handel 1914“ viele von Mähls Bildern übernommen.

⁸⁸⁾ Fortlaufende amtliche Berichte über Prüfergebnisse und Auszüge davon in den technischen Zeitschriften vertiefen immer mehr unsere Kenntnisse über die Eigenschaften dieser Hölzer. Das Neueste über Festigkeit nördlicher und südlicher Küstenhölzer bringt Warren in „Weltverband“⁸⁹⁾, Bd. II, Heft 13, Nr. XXIII, 6. Ueber Festigkeitsprüfungen mit Jarrah berichtet u. a. Dr. Weiskopf a. a. O.⁷²⁾, S. 121 ff. Andererseits betont Krais a. a. O.⁵⁾, S. 78, daß neben sehr gutem auch minderwertiges Holz vorkommt, daß die Bezeichnungen schwanken und manche Händler unter selbsterfundnenen und dort unbekannten Namen Hölzer einführen, deren Ursprung sie verheimlichen, deren Güte daher nachgeprüft werden muß.

die einheimischen Benennungen beibehalten sind. Der Südosten ist durch Raubbau schon stark geplündert, hat aber jetzt geordnete Waldwirtschaft. Zu diesen englischen bzw. einheimischen Handelsbezeichnungen treten noch Phantasienamen wie Moa, Sarra, Gruba, Gura, Rols u. a. m., die Nachprüfung verlangen⁸⁸⁾. Der Name Eukalyptus, d. h. „der Wohlbedeckte“, rührt von dessen Blütenkelchen her, die beim Aufblühen in Form eines mützenartigen Deckels abfallen, was Vespermann⁸⁹⁾ S. 5, zu der Verdeutschung Schönmütze veranlaßte. Genauere Bezeichnungen stammen aus dem zehnbändigen, mir leider nicht zugänglichen Werke von Baron von Müller, Regierungsbotaniker von Victoria, das als „Eucalyptographie“ 1879—1884 erschienen ist. Andere Quellenwerke gibt Vespermann⁸⁷⁾ S. 232 an. Bekannt ist bei uns die Bezeichnung als Fieberheilbaum oder kurzweg als Fieberbaum = *Eucalyptus globulus*, der 1792 von Labillardière in Tasmanien entdeckt und 1856 auch in den früher vom Fieber heimgesuchten versumpften Geländen Italiens (Pontinische Sümpfe) und Südfrankreichs (Les Landes) angepflanzt wurde, durch sein rasches, viel Wasser aufsaugendes Wachstum diese Sümpfe austrocknete und dadurch entfieberte. Daß aber das Holz der in Europa gewachsenen Fieberbäume ein besonders gutes sei, bezweifelt Petsche a. a. O.⁸⁹⁾ S. 130, sei es, daß das Wachstum in Sümpfen zu lockeres Holz ergibt, sei es, daß unser Klima dem Baum weniger zusagt, als das Australiens. Auch der Anbau in Kalifornien, wo 6jährige Pflanzungen den Eindruck wie 30jährige andere Pflanzungen machen und zu Aktiengesellschaft-Gründungen Anlaß gaben, hat neuerdings wegen Frostgefahren stark nachgelassen.

Bei allen Fieberbäumen sind die Markstrahlen bis zu achtfacher Vergrößerung noch kaum sichtbar. Der Splint soll durchweg minderwertig sein, sich aber erst nach gründlichem Austrocknen von gutem Kernholz unterscheiden lassen. Ob durch Ringeln vor dem Fällen (s. S. 81) der Splint wertvoller würde? Die guten Sorten des Fieberbaumes zeichnen sich durch Härte, Schwere ($r_t > 0,7$ bis 1,1), Festigkeit und Dauer aus. Letztere ist besonders dadurch bedingt, daß die großen Gefäße fast durchweg zugleich Füllzellen (Thyllen, S. 57), d. h. mit

Gummi, Talg, Harz, fetten Oelen, Gerbstoffen und anderen Wetterschutzstoffen ausgefüllt sind, was mit Lupe genügend scharf wahrnehmbar ist und zur raschen Unterscheidung von etwaiger gefälschter Ware (mit leeren Gefäßen) dienen kann. Die Harzausschwitzung ist oft so stark, daß sich Gallen (ähnlich den Harzgallen der Nadelhölzer, vgl. S. 96) bilden. In der Hauptsache enthalten die Füllzellen Oele und Baumharze, was die Engländer mit der für uns irreführenden Bezeichnung „gum“ benennen und je nach der Farbe mit weiß, grau, rot, blau usw. unterscheiden. v. Müller beurteilt die einzelnen Eucalyptusarten nach dem eingetrockneten gerbsäurereichen Pflanzensaft, den sie ausschwitzen, und der als „australisches Kino“ einen wertvollen Ausfuhrstoff bildet. (Gummi arabicum schwitzen nach S. 155 nur die echten Akaziensorten aus, die den zweitgrößten Baumbestand Australiens darstellen.) Beim Austrocknen des Holzes tritt der Inhalt dieser Füllzellen im Querschnitt bei mäßiger Vergrößerung deutlich hervor, wie unsere Bilder zeigen, er erschwert die Wasseraufnahme bei Platzregen, verhindert freilich auch ein rasches Austrocknen, so daß neuerdings für Pflasterklötze, die geteert werden sollen, ein- bis eineinhalbjähriges Lagern der auf Klotzbreite geschnittenen Bohlen vor dem Zuschneiden und Teeren verlangt wird, da sonst das Holz erstickt vgl. Vespermann⁸⁹⁾ S. 62.

Dort ist auch S. 49 betont, daß für Holzpflaster nicht Hölzer von höchster Festigkeit, sondern solche von möglichst gleichmäßiger Abnutzung unter Vermeidung des Glattwerdens der Oberfläche am schätzenswertesten sind. Mazerolle verlangte sogar für Paris ein Raumgewicht $\gamma < 0,7$ mit geringerer Druckfestigkeit, aber größerer Federung (Elastizität) und Zähigkeit, als sie die schwereren Hölzer besitzen (ebenda⁸⁹⁾ S. 49). Die Ansichten über die geeignetsten Sorten widersprechen sich noch stark, ja,

⁸⁹⁾ Vgl. H. Vespermann: Verwendung des Holzes zu Pflasterzwecken, Leipzig 1912, S. 45 ff., eine Ergänzung zu Petsche: Le bois au pavage et ses applications. Paris 1896; s. auch Vespermanns neuestes in F. N.⁸⁷⁾ erwähntes Werk, dessen forstbotanische Schilderungen freilich etwas unklar sind. Dagegen bietet es eine fleißige Zusammenstellung des heutigen Wälderbestandes der Erde und der Handelsbewegungen

manche wollen unsere weichen einheimischen Hölzer heute schon wieder bevorzugen, selbst für starken Verkehr. Eine Klärung ist der Zukunft vorbehalten. Der Umstand, daß die Harthölzer die Betonunterlage zerstören, wurde früher deren Auslaugung durch Regen zugeschrieben, was widerlegt ist. Er beruht lediglich auf dem starken Schwinden ungenügend ausgetrockneter Klötze. Dadurch lockern sich die Klötze und hämmern dann bei starkem Verkehr auf den Beton, wodurch sie selbst Kantenschäden erleiden und der Beton zerbröckelt.

Durch besseres Austrocknen vor dem Verlegen und durch Kochen in Teer wäre abzuhelpen. Ob hier nicht auch das Ringeln $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ Jahre vor dem Fällen vorteilhaft wäre und das lange Lagern entbehrlich machen könnte? (Vgl. S. 81.)

Für andere Zwecke, besonders für Wasserbauten in bohrwurmverseuchten Meeren, ist der Oelgehalt sowie die hohe Festigkeit und Dichtigkeit der schweren australischen Fieberbäume jedenfalls erwünscht; auch für bessere Möbel werden sie bevorzugt trotz schwierigerer Bearbeitung, wobei die Farbe der Hölzer mit in Frage kommt. Von den zahlreichen Sorten besprechen wir nur die wichtigsten und gliedern sie nach Heimat und Farbe in eichenfarbige und rötliche Sorten.

Zum Verständnis der Handelsbenennungen sei noch folgendes erwähnt: Die in Ostaustralien und im Welthandel übliche Einteilung nach der Rindenform hat für uns wenig Wert, da die Hölzer ohne Rinde geliefert werden und von letzterer nicht auf den Wert des Holzes als Baustoff geschlossen werden kann. Immerhin sei diese Einteilung auch zum Verständnis der Liste VII hier noch kurz verdeutscht; es gibt:

Ironbark = Eisenborke, und zwar weiße, graue und rote; Stringybark = zähe Borke; ferner Sorten von:

Gum = baumharzreiche Sorten, wie schon oben erwähnt;

Box = Buchsbaumsorten (natürlich nur bildlich);

Turpentine = terpeninöhlhaltige Sorten, und

Mahogany = Sorten von mahagoniartigem Aussehen in verschiedenen Farbspielarten.

Daneben kommt noch Butt = dickes Ende (eines Stammes) vor, während Tallow-wood = Talgholz sich von selbst erklärt. Im Westen gelten die Benennungen der Australneger wie Jarrah Karri usw., sie sind meines Wissens nicht übersetzt (ob überhaupt übersetzbar?).

Ostaustralische Eucalyptusarten.

19. Das Talgholz = Tallow-Wood = *Eucalyptus microcorys*, dessen Gefäße mit einer talgartigen Füllung aus fettem Oel verschlossen sind, gehört zu den dauerhaftesten, schwersten und festesten Hölzern, $r_t > 1,0$. Es kommt sowohl im nördlichen als im südlichen Küstengebiet vor, scheint aber in letzterem durch Raubbau schon stark gelichtet zu sein, ebenso im Osten, während es im Westen ganz fehlt. Zu Holzpflaster wird es selten mehr

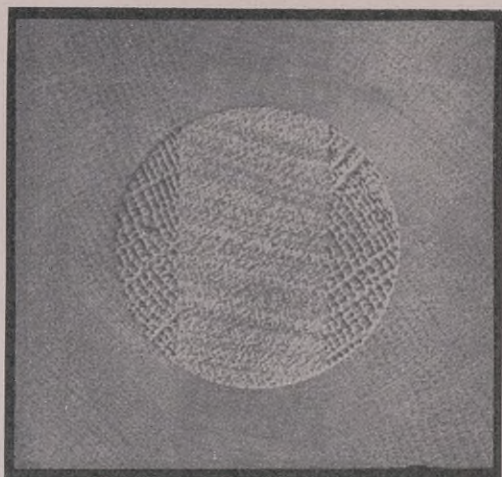


Bild 50 a. Talgholz zwischen zwei Eichenklötzen verleimt. V. 0,85.

rein, sondern gemischt mit Blackbutt (s. unten) geliefert. Nur Mähl & Co. betonen, daß sie reine Lieferungen von Talgholz übernehmen, da dies das beste für Pflasterzwecke sei. Die mir zugänglichen Proben sind rötlicher als unser einheimisches Eichenholz, aber sehr viel dichter und von bedeutend geringerer Abnutzung. Bild 50 a zeigt den Unterschied gegen unser Eichenholz sehr anschaulich: der Mittelstreifen besteht aus Talgholz; rechts und links sind zwei Eichenklötze angeleimt und dann geblasen. Bei 50 b war der Gewichtverlust auf 2 cm Ø der Blasfläche unmeßbar. Nach den Versuchen von Stärker und Fischer ist

die Sicherheit gegen Verbrennen bei Talgholz und Moa ganz bedeutend größer, als bei unseren einheimischen und den westaustralischen Harthölzern, sowie dem indischen Tiekholz. Die Verteilung der Gefäße ist nach Bild 50 b ziemlich gleichmäßig, also zerstreutporig, immerhin mit

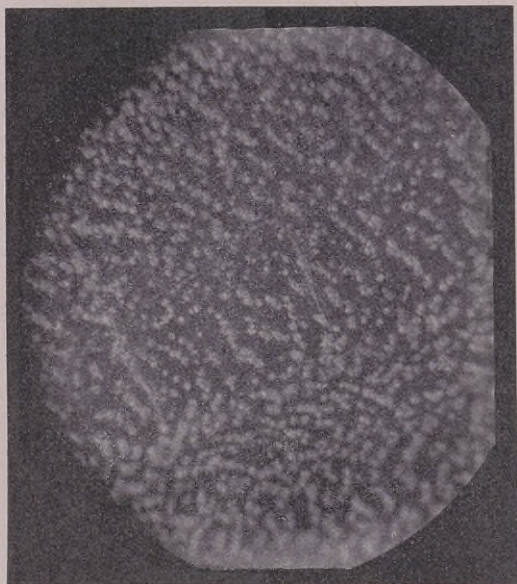


Bild 50 b. *Talgholzhirnschnitt (geblasen)*. V. 4,2/1.

Vorherrschen der Poren in der Frühholzzone. Moa gibt ähnliche Bilder. Die Talgfüllung der Gefäße macht dieses Holz besonders wetterbeständig und wasserabweisend, daher gut stehend.

Unsere Festigkeitversuche folgen später. Hier seien aber die Ergebnisse von Warren [a. a. O.⁸⁸⁾ S. 8] noch mitgeteilt, welche die verschiedenen anderen Holzsorten des nördlichen und südlichen Küstengebietes mit enthalten, geordnet nach der Würfeldruckfestigkeit σ'' in drei Feuchtigkeitszuständen:

Liste VII.

Einheimische Bezeichnung	Stand- ort	Würfelfestigkeit σ'' in ^{at} bei Feuchtigkeit n in %		
		$n=15\%$	25 %	35 %
Blackbutt	Süd	750	—	—
Grey Box	"	700	654	642
Grey Ironbark	Nord	668	601	577
Grey Gum	"	658	590	559
Woollybutt	Süd	686	562	510
White Stringybark	"	679	—	—
Tallow-wood	Nord	622	570	545
Red Mahogany	"	637	562	513
Brush Box	"	671	507	475
Spotted Gum	Süd	622	—	—
Blackbutt	Nord	605	520	496
Colonial Teak	"	528	496	489
Blue Gum	"	535	478	454
Turpentine	"	595	440	400
White Mahogany	"	520	450	411
Turpentine	Süd	518	419	373

Dagegen fand das Dresdener Versuchamt (nach Förster: Baumaterialienkunde Heft III, S. 368)

für Moa $\sigma'' = 950$ ^{at} und 1,2 cm³ Abschleifung
 " Talgholz $\sigma'' = 860$ ^{at} " 2,9 cm³ "
 " deutsche Eiche $\sigma'' = 500$ ^{at} " 6,9 cm³ "

Bemerkenswert ist die verschieden große Abnahme der Druckfestigkeit mit wachsendem Wassergehalt (vgl. S. 30) sowie die Unterschiede im σ'' gleichnamiger Hölzer, je nachdem sie im Norden mit tropischem Klima (10 bis 20° südlicher Breite) oder im Süden mit gemäßigttem Klima (durchschnittlich 33 bis 44° südlicher Breite) gewachsen sind. In Deutschland werden von all diesen Hölzern hauptsächlich nur Talgholz und Blackbutt eingeführt, sowie Moa(?), während andere Länder besonders noch

Blue Gum bevorzugen. Ueber Talgholzverwendung s. 89) sowie Jaehn in Dingler 1907, 13/15; er warnt vor jungem, in feuchten Tälern aufgewachsenem Holze.

20. Schwarzstamm = Blackbutt = *Eucalyptus pillularis* Sm. oder *patens* wird gemischt mit Talgholz als Pflasterklötze bei uns eingeführt und gilt für gleichwertig mit Talgholz. Die Farbe der Rinde ist unten schwarz, die des Holzes scheint aber zu wechseln zwischen rötlichgelb, lichtgrau, kakifarbig und graubraun, und die Festigkeit mit zunehmender Feuchtigkeit rascher abzunehmen, als bei Talgholz; auch sollen Harzgallen, Trockenrisse und Wurmfraß häufiger vorkommen, wie der mir übersandte Klotz zeigt. Die ausgiebigste Bezugquelle ist heute Neusüdwaies, wo jedoch Talgholz und Blackbutt derart gemischt wachsen, daß Viele eine Trennung für unmöglich halten, aber auch für überflüssig wegen der angeblich gleichen Güte beider Hölzer, vgl. z. B. „Die Hygiene“ 1913, 24, S. 615; Maehl bestreitet dies (s. Talgholz).

21. Der Blaugummibaum = Blue Gum. Dieser Name wird auf eine ganze Reihe von *Eucalyptus*-arten angewandt. Um sicher zu sein, ist der botanische Name beizufügen. Am häufigsten ist *Eucalyptus globulus*, der auch in anderen südlichen Ländern wächst, z. B. Afrika, Amerika; es ist unser südeuropäischer Fieberbaum. Die Heimat und das beste Wachstum scheint aber in Südostaustralien und Tasmanien zu liegen, er liefert dort ein hochwertiges Holz, das besonders dem Bohrwurm gut widerstehen soll und für Seebauten beliebt ist. Die Farbe wird verschieden angegeben von blaßstrohgelb über fleischfarben bis braun.

In Tasmanien scheint der Blaugummibaum besonders wertvolles Holz zu liefern; es gibt aber auch Rotgummibäume = Red Gum, die ausgesprochen rötlich, und Grey Gum durch ganz Australien, und zwar soll:

22. Rotgummiholz = Red Gum = *Eucalyptus rostrata* dem Bohrwurm noch besser widerstehen als das stark schwindende Blue Gum. [Es heißt wohl auch Yarrah(?), das wertvoller als Jarrah s. unten.]

23. Grey Gum = *Eucalyptus propinqua* hat nicht etwa graues, sondern rotes Holz. White oder grey ironbark

— *E. paniculata* ist sehr hellfarbig, soll das härteste und beste, aber auch teuerste Holz Australiens sein.

Weitere Arten sind: Turpentine = *Syncarpia laurifolia*, soll gegen Ameisen und Bohrwürmer besonders widerstandsfähig sein, auch schwer sich entzünden, daher im Wasser- wie im Hausbau und zu Schwellen gleich geschätzt sein. (In Tsingtau soll es sich gegen Bohrwürmer am besten bewährt haben, „Z. d. Verb. d. A. u. I.-V.“ 1914, Heft 24, S. 199). Ferner: Spotted Gum = *Eucalyptus maculata*, gelbbraun; Sydney blue Gum = *Eucalyptus saligna*, blaßrot und gut zu verarbeiten; Woollybutt = *E. longifolia*, dunkelrot wie Red Ironbark = *E. sideroxylon*. über weitere Sorten und den Wirrwarr der Bezeichnungen s. Vespermann a. a. O.⁸⁷⁾ und Printz⁹⁴⁾, der von Neuseeland besonders den Tewart = *Eucalyptus resinifera* S. 190 rühmt.

Westaustralische Eukalyptusarten.

Während die östlichen Bestände allmählich seltener und teurer werden, scheinen im Westen noch große Mengen trefflicher, mit einheimischen Namen bezeichneter Eukalyptusarten sich zu befinden, die erst neuerdings durch Bahnbauten aufgeschlossen wurden. Hervorzuheben sind die bräunlichen und rötlichen, wie

24. Karri = *Eucalyptus diversicolor*, das gedämpft sich gut biegen läßt und daher zu Schiffbauten beliebt ist, aber auch wie das folgende zu Straßenpflaster dem festeren aber weniger elastischen Talgholz vorgezogen wird (vgl. oben). Aeüßerlich ähnelt das Holz dem Mahagoni, doch sollen auch braune Farben vorkommen. Dieser Baum gilt für den höchsten und stärksten Australiens (vgl. übrigens S. 90), neigt aber mehr zu Gallenstellen und Trockenfäule als das:

25. Jarrah = *Eucalyptus marginata*, von dem im Westen noch riesige Bestände (nach Weiskopf etwa 12 800 qkm) vorhanden sein sollen, die alljährlich 400 000 cbm Holz liefern können. Das Jarrahholz ist zwar wie Karri etwas weniger fest, aber elastischer als Talgholz (andere erklären es für spröde und leicht aufspaltend); es wird nicht bloß zu Straßenpflaster, sondern auch zu Laufbohlen, Pfählen sowie seiner schönen Farbe und Billigkeit wegen⁸⁶⁾

auch zu Möbeln als australisches Mahagoni viel verwendet. Bild 51 a und b zeigen an einem Hirnschnitt und einer Seitenfläche in V. 4/5 die Wirkung des Sandstrahlgebläses; die Abnutzung in Gramm ist eingeschrieben. Bild 51 c bis e

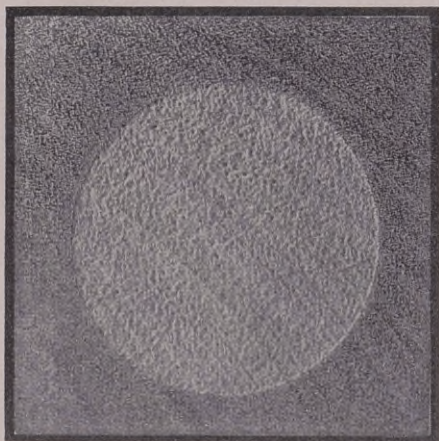


Bild 51 a. *Jarrah-Hirnschnitt im Sandstrahlgebläse. V. 4/5.*
Abnutzung auf 4 cm Ø in 2 Min. = 0,12 bis 0,29 gr.

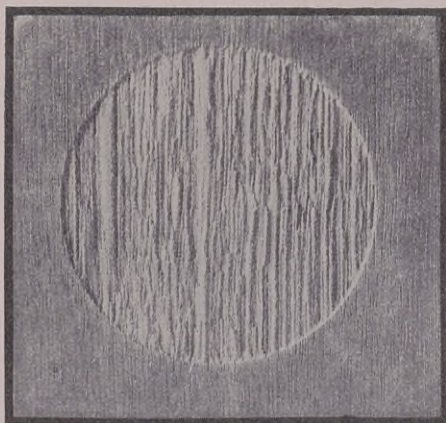


Bild 51 b. *Jarrah-Seitenansicht im Sandstrahlgebläse. V. 4/5.*
Abnutzung auf 4 cm Ø in 2 Min. = 0,59 bis 1,18 gr.

sind auf 6,5/1 vergrößert. Unsere Festigkeitzahlen s. später; andere Zahlen s. bei Weiskopf⁷²⁾. Gegen Verbrennen soll auch Jarrah wesentlich längeren Widerstand leisten als die Eiche. Gegen den Bohrwurm und Termiten⁹⁰⁾ soll nach Mähl nur Turpentine noch besser widerstehen. Jarrah gilt daher für eines der dauerhaftesten Hölzer, das außerdem in riesigen Mengen und billig zu haben ist, aber je

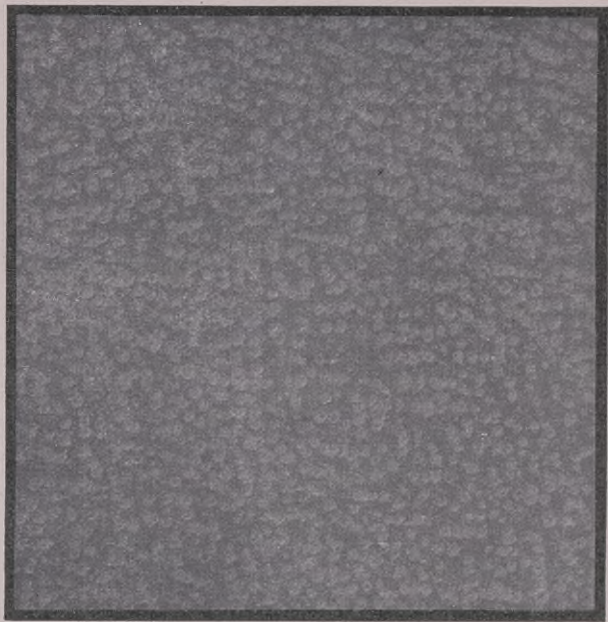


Bild 51 c. *Jarrah-Hirnholz*. V. 6,5/1.

nach Standort in stark wechselnder Güte. In Londoner Straßen liegen seit 12 Jahren große Mengen von Jarrahklötzen, die sich noch immer gut halten und die man bei späterer stärkerer Abnutzung nochmals benutzen will, indem man die bisherige Fußfläche zur Kopffläche macht. Sorgfältige Auswahl und Ausschluß von Splint, auch minderwertigem Kern ist aber nötig, um gutes gleichmäßiges Pflaster zu erzielen. Das Raumgewicht wechselt angeblich zwischen



Bild 51 d. *Seitenansicht ss zu 51 c. V. 6,5/1.*

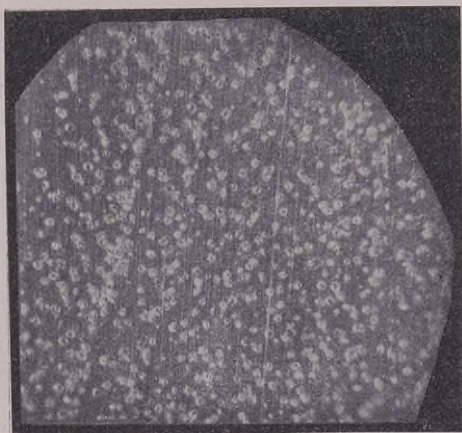


Bild 51 e. *Jarrah-Hirnschnitt im Sandstrahlgebläse. V. 6,5/1.*

$r_i = 0,888$ bis $1,155$, was auf sehr verschiedene Wachstumsbedingungen, auf Splint oder auf wechselnde Feuchtigkeit, vielleicht auch auf Fälschungen schließen läßt. Das hellfarbige soll minderwertig sein. Die Warnung vor unechtem Eukalyptusholz sei nochmals wiederholt. Während man bei uns meist die gut getrockneten Klötze einfach in Teeröl taucht, versucht man jetzt in Australien die Hochdrucktränkung, besonders nach dem Powellverfahren⁹⁰⁾, wie Vespermann⁸⁹⁾ S. 88 berichtet.

Da Jarrah und Karri vielfach vermischt zu uns kommen, im Aussehen und in der Festigkeit schwer zu unterscheiden, in der Dauer aber verschieden sind, empfiehlt Vespermann⁸⁷⁾ S. 94 nach folgender Brennprobe zu unterscheiden: Angebrannte Späne von Karri glühen nach Auslöschen länger fort als bei Jarrah; letzteres hinterläßt beim völligen Verbrennen eine dunkle, Karri aber eine weiße bis graue Asche.

Von weiteren zahlreichen australischen Holzarten und ihren verwirrenden Bezeichnungen, s. Baterden⁶³⁾, S. 209/254, die nächstwichtigen sind die schon S. 155 erwähnten echten Akazienarten. Weiteres in Stone²⁹⁾.

Afrikanische Hölzer.

Hier sind zunächst verschiedene Eukalyptusarten zu erwähnen, die jedoch an Güte den australischen nachstehen sollen⁹¹⁾. Es gibt aber außerdem eine Unmenge schwerer

⁹⁰⁾ In den Tropen sind die im Freien stehenden Hölzer und die Eisenbahnschwellen besonders auch gegen die Angriffe der weißen Ameisen (Termiten) zu schützen, wozu teils Anstriche, teils Hochdrucktränkung angewendet wird. Ausführliche Ergebnisse finden sich in Bd. III, 2 der Indian Forest Records, Bericht von Pearson im März 1912. Dort ist u. a. über die günstige Wirkung des Eintauchens und von Anstrichen mit Carbolineum Avenarius, sowie die Hochdrucktränkung von Karri nach dem Powellschen Zuckertränkverfahren, durch das grünes Holz in kürzester Frist gebrauchsfähig wird, berichtet.

⁹¹⁾ Wagner gibt in Mittlgn. d. Kgl. Mat.-Prüfamt Berlin 1904, S. 269/89 die Raumgewichte und Festigkeiten zahlreicher afrikanischer Eukalyptusarten an, aber ohne Mitteilung des Feuchtigkeitsgehaltes, dessen mögliche Verschiedenheit vielleicht manche auffällige Zahlenunterschiede zu erklären vermöchte. Ueber die Anpflanzung von 46 Eukalyptusarten in Südafrika s. Holzwelt 1914, 21, S. 18. Es ist dort hauptsächlich als Grubenholz erforderlich.

und sehr fester Hölzer, die sich auch schön polieren lassen und daher als afrikanisches Mahagoni [das echte Swietenia Mahagoni (auch Acajou genannt), stammt ja aus Westindien und Zentralamerika und hat das geringste Schwindmaß unter allen Hölzern], ferner als Grenadilleholz, Okumee (Ocoumé) usw. zu Möbeln, Schmuckkästen und Vertäfelungen sehr beliebt sind. Das billige Okumee verbreitet sich besonders stark bei Möbeltischlern, steht aber dem Grenadille u. A. bedeutend nach. Noch besser ist das Cuba-Grenadille oder Cocusholz (Inga vera), fälschlich auch Kokos genannt, Gayer⁹²⁾, S. 197.

Neuerdings steigt die Verwendung ost- und westafrikanischer Bauhölzer nicht nur in unseren Kolonien, sondern auch in Deutschland selbst, zuerst zu Eisenbahnschwellen. Seit den Untersuchungen von Jentsch und Büsgen⁹³⁾ über den Kameruner Urwald und seinen Reichtum an Harthölzern, die durch andere Forscher bestätigt und ergänzt wurden, stehen diese Hölzer im Vordergrund unserer Wertschätzung, müssen aber erst durch Bahnbauten zugänglich gemacht werden.

Eines der schwersten, festesten und in Kamerun massenhaft vorhandenen Nutzhölzer scheint besonders großer Zukunft entgegenzugehen⁹³⁾, es ist das sogenannte

26. Bōngösi = *Lophira alata*, auch Kameruner Eisenholz genannt, weil es — wenigstens in gedarrtem Zustand — Festigkeitzahlen liefert, die denen von weichem Eisen nicht viel nachstehen. Bongossi ist die Bezeichnung

⁹²⁾ Weitere Angaben bei Printz: „Die Bau- und Nutzhölzer“, II. Aufl. 1908; ferner Sigm. Gayer: Die Holzarten 1914, Jäneckes Sammlung Bd. 147. Ueber ostasiatische Holzarten siehe Dr. Amerigo Hofmann: Aus den Waldungen des fernen Ostens, Wien 1913 sowie die schon S. 35 angegebenen Quellen.

⁹³⁾ Vgl. z. B. den Bericht von Jentsch und Büsgen in den Beiheften zum „Tropenpflanzer“ 1909, S. 185 bis 310; ebenda 1911, März, S. 1 bis 199 berichtet Jentsch über den „Urwald Kameruns“ mit Abb. von Bongosibäumen, S. 90, und vergrößerten Hirnholzschnitten auf fünf Tafeln nebst Beschreibung der 36 wichtigsten bis jetzt erforschten Holzarten, S. 145 bis 181, darunter Bongosi S. 155/7. Das Kolonialamt hat jetzt die Holzhandlung von Jos. Müller in Hamburg veranlaßt, Proben vorrätig zu halten und zu Versuchen in Deutschland auf Verlangen abzugeben.

der Eingeborenen, die Schreibweise wechselt mit Bongósi (Wilhelm in Kraus⁵⁾ S. 693) und obigen Lautzeichen, die Jentsch beifügte. Neuerdings schreibt übrigens auch Jentsch: Bongosi s. „Holzwelt“ 1914, 12, S. 16.



Bild 52 a. *Bongosi-Hirnschnitt*. V. 6,5/1. Oben Splint, unten Kern.

Jentsch bezeichnet a. a. O.⁹³⁾ S. 155 Bongosi als einen Riesenbaum, der dort sehr häufig und meist gerade gewachsen ist; alte Stämme sollen manchmal innen hohl sein. Das Holz hat teils regelmäßigen, teils unregelmäßigen Faserlauf und ist demgemäß teils bequem, teils schwierig zu hobeln, aber vorzüglich geeignet für Parkett, Werk-tische, Treppenstufen, Brückenbelag und Eisenbahn-

schwellen (für letztere liegen seit 1907 gute Erfahrungen vor). Der Splint ist hellrotbraun bis gelbbraun und schmal, der Kern lebhaft rotbraun, sehr fest, zäh, schwer und hart. Geruch nicht angenehm. Gefäße im Splint offen, im Kern gefüllt mit weißer Masse, die lebhaft ins

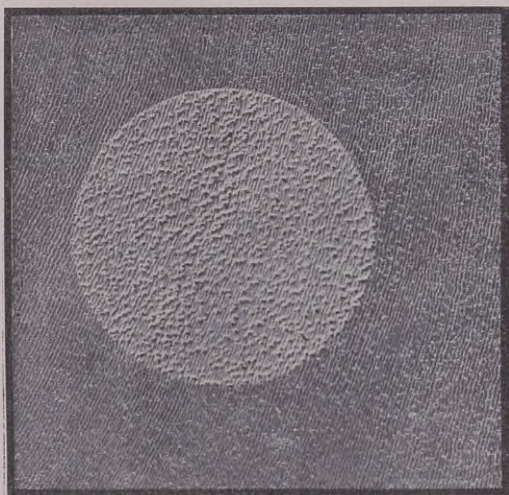


Bild 52 b. *Bongosi. Hirnschnitt im Sandstrahlgebläse. 1/1.*

Auge fällt (vgl. Bild 52 a, V. 6,5/1, oben Splint, unten Kern. Markstrahlen fein, dicht, zahlreiche rötlich. Raumgewicht $r_t = 1,06$ bis $1,125$.

In Wasser gelegt, färbt sich letzteres stark blaurötlich; die Festigkeit nimmt dabei stark ab, der Kern saugt aber nur langsam auf. Dr. Weiskopfs Versuchsergebnisse s. a. a. O.⁷²⁾ S. 122 ff. Von den weiteren von ihm übersandten Proben mit Splintholz sei hier in Bild 52 a eine Vergrößerung der Hirnfläche mit Splint, in Bild 52 b ein Hirnschnitt ohne Splint, aber mit Gebläsfläche und in Bild 52 c die Seitenfläche eines auf Druck geprüften Prismas von $2,5 \times 2,5 \times 5$ cm dargestellt. Es ergab sich

$$r_n = 1,18 \text{ at bei } n = 12,6 \text{ ‰}$$

$$\text{und } r_0 = 1,05 \text{ at } n = 0 \text{ ‰};$$

Gewichtverlust im Sandstrahlgebläse 0,07 g bei 4^{cm} Ø und $n=11,2\%$. Unsere Festigkeitzahlen folgen später; hier sei nur für $n=19$ $\sigma'_{19}=735^{\text{at}}$ erwähnt. Berliner Zahlen s. u.

Ob das Bongosi auch dem Bohrwurm, der auf unsere Meeresbauten so verheerend wirkt, gleichen Widerstand leistet wie Grünherz, scheint noch nicht ausgeprobt zu sein.



Bild 52 c. *Ein Bongosiprisma zerdrückt. Seitenflächen mit Sprengköpfen⁹⁴⁾ und Spaltbildung. Fast nat. GröÙe.*

Von anderen Kameruner Harthölzern (es gibt auch Weichhölzer, die gut stehen und als Blindholz geschätzt sind), ist noch besonders zu nennen Bang = *Chlorophora excelsa*, das aber in verschiedenen Teilen unserer Kolonien vorkommt und im Handel auch als Kambala, Momangi, Buscheiche, in Togo als Odum, in Ostafrika als Mwule bezeichnet wird; nach Jentsch Holzwelt 1914, 12, S. 16, ist es ein schweres, hell bis dunkelgelbbraunes Holz von bald schlichtem, bald unregelmäßigem Faserverlauf, wurm- und Termitenfest, daher immer mehr geschätzt, auch als afrikanisches Tiekholz bezeichnet. Dr. Weiskopf hat es

nach Festigkeitversuchen in unserem Laboratorium, die es allerdings weniger zäh- und biegefest als Bongosi zeigten, im Eisenbahnwagenbau eingeführt und gibt Zahlen in Glaser's Annalen vom 5. V. 1914, S. 200 als Ergänzung zu ebenda 1913, 6, S. 106 ff. Die mir übersandten Proben sind dunkel-zitronengelb.

Ueber die zahlreichen anderen Kameruner Hölzer werden jetzt im deutschen Kolonialamt Erhebungen angestellt, ebenso über die vielen aus dem Kongo stammenden Hölzer, die mit verwirrenden Namen in den Handel kommen oder meist nach dem Hauptausfuhrhafen Gabun schlechweg mit den Sammelnamen Gabunhölzer bei uns eingeführt werden (vgl. Holzwelt 1914, 7, S. 8 und 16, S. 18), wonach eine genaue Benennung gegenwärtig in Ausarbeitung steht; ebenda sind auch Angaben über Bongosi, wonach im Baustoffprüfamt in Großlichterfelde gefunden wurde: im Mittel $\sigma'' = 751^{at}$; $\sigma_b = 1842^{at}$; $\tau = 251^{at}$ im Umfang und 172^{at} im Spiegel. Abnutzung im Sandstrahlgebläse $0,1 \text{ cm}^3$ für 1 cm^2 Fläche, etwa wie bei amerikanischen Harthölzern, und zwar längs wie quer zur Faserichtung (?). Das Raumgewicht betrug $r_t = 1,15$ bei durchschnittlichem Feuchtigkeitsgehalt $n_t = 20 \text{ }^0\text{/}_0$.

Afzeliaholz aus Kamerun von *Afzelia afrikana* wird neuerdings im Eisenbahnwagenbau gern benutzt, obgleich es den Hobel stark angreift, ebenso Njabi, ein sehr zähes festes Holz leichter als Bongosi, rötlichgraues Aussehen zwischen Mahagoni und Birnbaumholz; botanisch von beiden verschieden wird es doch oft als afrikanisches Birnbaumholz bezeichnet (vgl. Weiskopf Glas Ann. 1. 9. 14 I, S. 200, der mir von diesen Hölzern mehrere Proben sandte, die erst im Juli 1914 geprüft werden konnten, und über die im Abschnitt IV Mitteilung erfolgt; ebenso über das schwere Bilingaholz, von dem aber scheint gerade wüchsige Stücke schwer zu beschaffen sind.)

Nach Prometheus 1914, 17, Beil., S. 67 wird außerdem bei den Wagen II. Klasse der preußischen D-Züge zu den Wänden ein ostafrikanisches Holz Mkweo, zu den Wagendecken ein Kameruner Holz Alengua(?) verwendet. Nähere Angaben fehlen dort. Vielleicht ist letzteres verwechselt mit dem von Jentsch oben beschriebenen Bilinga.

Westindische und südamerikanische Hölzer.

Neben den afrikanischen zählen zu den schwersten und festesten Hölzern die aus Westindien und Südamerika; es seien hier nur erwähnt die echten Mahagonihölzer (vgl. S. 191), das Pockholz mit $r_t = 1,17$ bis $1,39$ und zahlreiche andere, die wegen ihres hohen Preises und Gewichtes nicht als Bauholz, sondern zu Möbeln, Walzen, Rollen und Kugeln verarbeitet werden, ferner Quebracho (S. 146) und andere schwere argentinische Holzarten⁷⁵⁾.

Als bestes Bauholz für Wasserbauten, wird noch heute viel benutzt:

27. das Grünherzholz = Greenheart = *Nectandra Rodioei* (letztere Stammpflanze hält Wilhelm übrigens für unsicher, vgl. Kraus⁵⁾, S. 703); es ist ein sehr schweres ($r_t = 1,08$ bis $1,26$), im Kern grünlichgelbes, im Splint zuweilen rötliches Holz, das dem Bohrwurm und den Termiten⁹⁰⁾ besonders gut widerstehen soll und gegenwärtig namentlich zu englischen und holländischen Seebauten, sowie am neuen Helgoländer Hafen und am Panamakanal unter Wasser fast ausschließlich verwendet wird. In „Baugewerkzeitung“ 1913, Nr. 52, S. 540 wird es als unzerstörbar (?) bezeichnet, sowohl in Luft als in Wasser. Am Bridgewater-Kanal sind 1856 die Kanadadocks daraus hergestellt. Beim Umbau 1894 konnten die Schleusentore aus Grünherz zum zweitenmal verwendet werden. Laris⁴⁾, S. 57, gibt an, daß das Holz gerbsäurefrei sei, weshalb Nägel und andere Eisen Teile sich in ihm viel länger rostfrei halten, als in gerbstoffreichen Hölzern. Sein Widerstand gegen Bohrwürmer und Seemuscheln erklärt sich durch den Gehalt an Bebeerin, auch Nectandrin genannt (Wehmer⁷⁶⁾, S. 228), einem giftigen Alkaloid, das auch Vorsicht bei Verwundungen der Arbeiter verlangt. Troschel berichtet zwar in „Glaser's Ann.“ 1913, S. 30 über Bohrwurmschäden in Newcastle. Ob hier minderwertige oder gefälschte Sorten verwandt wurden, ist aufklärenswert. Markstrahlen zweischichtig, zerstreut und nur mit Lupe erkennbar; Gefäße ebenfalls zerstreut, im Hirnschnitt nur als feine Pünktchen ($\varnothing = 0,16$ bis $0,23$ mm) sichtbar, im Längsschnitt hohle, dünnwandige Rinnen bildend, die aber meist ausgefüllt sind (Thyllen). Das Holz ist schwer bearbeitbar, bei Tischlern daher

unbeliebt, für Drechsler (Stöcke), zu Schiff- und Wasserbauten aber sehr geeignet. Aus Britisch- und Holländisch-Guayana kommen ansehnliche bis 15^m lange und 40^{cm} starke Blöcke in den Handel.

Bild 53 a zeigt einen Hirnschnitt mit Blasfläche. Die Abnutzung betrug auf 4^{cm} $\varnothing$ nur 0,01 g.

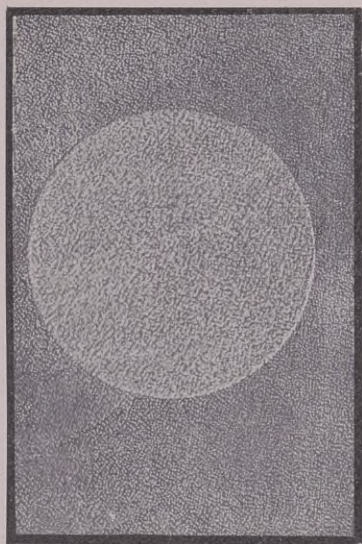


Bild 53 a. *Grünherz-Hirnschnitt, fast natürliche Größe.*

Bild 53 b ist eine starke Vergrößerung eines ungeblasenen Teils dieser Hirnfläche und zeigt deren außerordentlich dichtes Gefüge besonders deutlich.

Bild 53 c endlich ist ein Prisma von $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times 5$ cm, das in lufttrockenem Zustand eine Pressung von $\sigma'_i = 1330$ at vertrug⁹⁴⁾.

⁹⁴⁾ Bemerkenswert ist dabei die Sprengkopfbildung, die ich auch bei anderen Baustoffen infolge der Druckplattenreibung nachgewiesen habe, wenn keine Schutzvorkehrungen getroffen werden. (Vgl. Lang: „Versuche mit Eisenbetonstützen“, Sonderabdruck aus „Armierter Beton“ 1912, S. 309 ff. Verlag Jul. Springer.)

Verwunderlich mußte es erscheinen, daß aus Französisch-Guayana bisher nichts von ähnlichem trefflichen Holze verlautete. Neuerdings erregen aber großes Aufsehen die guten Erfahrungen mit dem

28. Mangelbaumholz oder Mangroveholz = *Rhizophora racemosa*, $r_t = 1,1$, einem schweren, harten und dichten, Wasser fast gar nicht aufsaugenden Holze, das

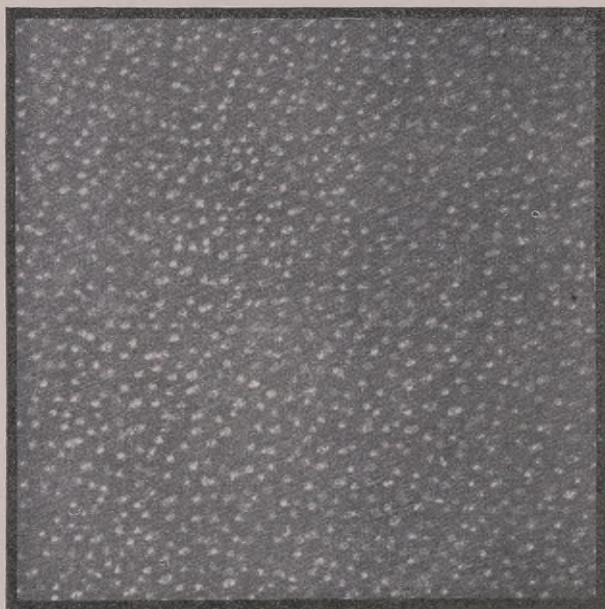


Bild 53 b. *Grünherz-Hirnschnitt*. V. 6,5/1.

dort häufig ist, von so hohem Gerbstoffgehalt (die Mangrove-rinde ist schon lange für Gerbereien geschätzt), um das Eindringen künstlich an ihm gezüchteter Fäulnispilze abzuweisen. Zu Bahnschwellen und Seebauten in Frankreich seit 1909 verwendet und jetzt als „unverwüstlich“ sehr gelobt. σ_b und σ_q doppelt so groß wie bei Eiche. Weiteres konnte ich vorerst nicht erfahren. Wehmer⁷⁶⁾ S. 522 erwähnt nur *Rhizophora Mangle* L. wegen des hohen Gerbstoffgehalts der Rinde = 22 bis 42 0/0.

29. Das Perubaholz Brasiliens soll neuerdings im Waggonbau eingeführt werden.

30. Chaparro ist ein angeblich feuersicheres Holz der Savannen Südamerikas. Der Baum erreicht aber nach Holzwelt 1914, S. 25, nur 6^m Höhe und 30^{cm} Ø.

Ueber Edelhölzer von Panama s. Holzwelt 14, 12, S. 8.

Die letztgenannten dieser Hölzer heißen auch Eiseenhölzer wegen ihrer Härte und Schwere. In schroffem Gegensatz dazu stehen die Korkhölzer (s. unten).

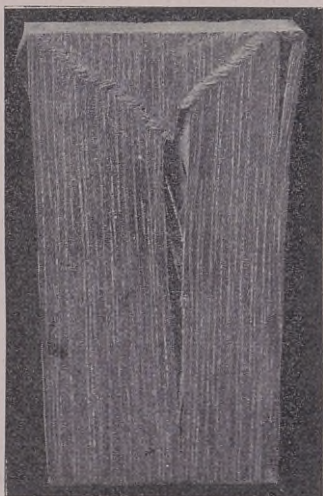


Bild 53 c. *Zerdrücktes Prisma aus Grünherzholz V. 4/3.
mit Sprengkopfbildung⁹⁴⁾.*

Die tropischen Laubhölzer zeigen durchweg weniger deutliche Jahrringe als die der gemäßigten Zone, so daß sie oft kaum mittelst Lupe erkennbar sind. Nur wo in jedem Jahre lange Trockenheitszeiten mit Nässezeiten abwechseln, treten die Jahrringe deutlicher auf.

Anmerkung: Zu den sogenannten unzerstörbaren Hölzern gehören noch das rote Sandelholz = *Pterocarpus santalinus*, das weiße (oder gelbe) Sandelholz = *Santalum album* mit weißem Splint und gelbem Kern, heimisch im Malayischen, in Ostindien angepflanzt und angeblich zu

den dem Bohrwurm am besten widerstehenden Hölzern zählend, ferner die echte Sykomore = *ficus sycomorus* L. des tropischen Afrika (und Asiens), zu Mumiensärgen verwendet und nicht zu verwechseln mit der oft fälschlich so benannten Platane oder dem Bergahorn (S. 175).

Korkhölzer.

Die leichtesten aller Hölzer sind die sogenannten Korkhölzer, deren meiste im Tropengebiet Afrikas und Amerikas gedeihen, doch nördlich bis zum Missouri vorkommen und nach Wiesner²³⁾ II, S. 192 und 1020 aus den verschiedensten Familien stammen, in ihren physikalischen Eigenschaften dem echten Eichenkork, von dem hier ein Hirnschnitt (mit Jahrringbildung) und ein Fladenschnitt (Bild 54 a und b) nachgeholt seien, mehr oder weniger gleichkommen, d. h. ungewöhnlich dünnwandige Zellen besitzen, die zum großen Teil vollkommen inhaltleer sind, getrocknet also nur Luft enthalten. Wenn die sogenannten Korkhölzer nun auch in ihrem feineren Bau einige Unterschiede gegenüber dem echten Kork zeigen, ähnelt ihr Holz doch dem Kork sowohl im Raumgewicht, $r_t = 0,21$, als in dem außerordentlich gleichmäßigen Gefüge von oft überraschender Weichheit, das dem Messer nach keiner Richtung besonderen Widerstand leistet. Auf den eigenartigen Bau dieser Hölzer einzugehen, kann hier unterbleiben, da sie in Europa noch keine technische Verwendung gefunden haben und wohl auch nicht so häufig vorkommen, um eine Massenausfuhr zu lohnen. Es sei hierüber auf Wiesner²³⁾ II, S. 1020/3 verwiesen, der übrigens keine Abbildungen, sondern nur Quellenangaben bringt. Da die Korkhölzer von den Eingeborenen aber vielfach ausgenutzt werden, auch z. B. zum Bau von Kanoes leichtester Art, scheinen sie doch Widerstand genug zu bieten, um ihre Verwendung im Luftschiffbau in Erwägung ziehen zu können. (?)

Für zwei südamerikanische Korkhölzer A und B gibt das Berliner Prüfamnt im Jahresbericht 1900, S. 27, an:

bei $n = 9 \frac{0}{10}$ Feuchtigkeit	
für A	B
$r_0 = 0,38$	0,24
$\sigma'' = 308$	260 at

wenn für Nadelholz $\sigma'' = 500$, für Buche $= 640$ gesetzt wird. Leider sind nur Verhältniszahlen und keine Namen angegeben. Immerhin ganz beträchtliche Festigkeiten für so leichtes Holz.

Noch leichter als Kork soll das am Tschadsee gewonnene Mareaholz sein ($r_t = 0,20$), das trotzdem so fest und zähfaserig ist, daß es von den Eingeborenen zur Herstellung von Schilden verwendet wird und zur Aus-

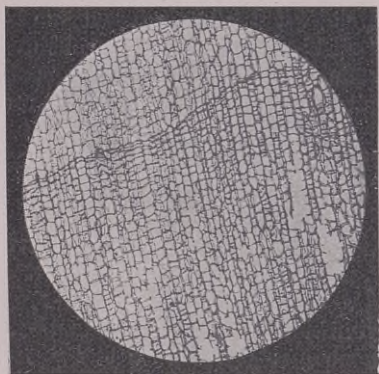


Bild 54 a. *Hirnschnitt.*
Rinde der Korkeiche (aus der Sammlung A. Krüß, Hamburg).

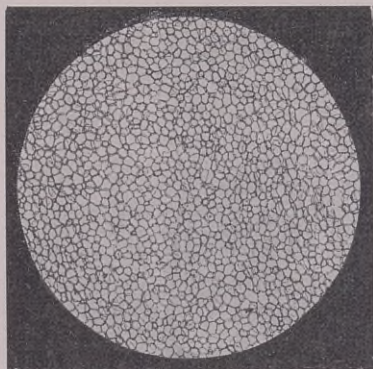


Bild 54 b. *Fladenschnitt.*
Rinde der Korkeiche (aus der Sammlung A. Krüß, Hamburg).

nutzung für Zwecke der französischen Heeresverwaltung in Erwägung gezogen sein soll. Nach „Prometheus“ 1903, Nr. 732, S. 64 wird dieser Baum 4—5 m hoch, hat am Stammfuß bis 35^{cm} Ø, ist aber stark abholzig. Der botanische Name ist nach „Holzwelt“ 1914, 9, S. 15: *Herminiera chlaphroxylon*; umwohnende Stämme haben verschiedene Namen dafür.

Am Amur kommt der sog. mandschurische Korkbaum = *Phellodendron amurense* Rupr. vor, dessen Rinde erstaunlich weich und elastisch ist und der auch im Tübinger botanischen Garten gut gedeiht. Ebenso fand ich dort schöne Paulownien (*Paulownia imperialis* oder *tomentosa*) mit sehr leichtem, etwas schwammigem Holze und Jahrringen von 13—14^{mm} breit, also sehr schnell wachsend und vielleicht für manche Bauzwecke ausnutzbar.

Die giftigen Eigenschaften einzelner Hölzer seien nur kurz erwähnt, sie treten weniger bei Bauhölzern (s. Grünherz) als bei Tischler- und Farbhölzern auf, deren Staub zum Teil Hautkrankheiten bei den Arbeitern verursacht. Die häufigsten sind im „Hannoverschen Gewerbeblatt“ 1911, 16, S. 90 kurz aufgezählt. Bang ist dort nachzutragen. Weiteres im „Archiv für Wohlfahrtspflege“ 1911. In der „Sozialen Technik“ wird übrigens bemerkt, daß gesunde Arbeiter seit langen Jahren in einer Blauholzmühle gesund blieben, während ein neu eingestellter tuberkulöser Arbeiter nach kurzer Zeit von schweren Hautausschlägen betroffen wurde. Es soll jetzt eine genaue Statistik erhoben werden, da viele Nachrichten sich widersprechen, vgl. „Rauch und Staub“ 1914, 7, S. 708.

Holzeinfuhr. Wie wenig gegenwärtig unsere einheimischen Wälder dem Bedarf genügen, erhellt daraus, daß im Jahre 1910 5 746 000^t Nutzholz eingeführt wurden, was sich seitdem noch gesteigert hat; die Ausfuhr betrug 1910 nur 307 000^t. Einzelheiten s. bei Büsgen a. a. O.⁷⁾ Bd. VII, S. 200 ff., ferner Allgemeine Holzstatistik bei Krais⁵⁾, S. 278 bis 324. Wesentlich kleinere Zahlen als Büsgen gibt die Dresdner Bank an, vgl. Weiskopf⁷²⁾

S. 146. Immerhin beziffert sie den Ueberschuß der Einfuhr über die Ausfuhr im Jahre 1911 auf fast 120 Millionen Mark, was dringend darauf hinweist, daß wir unsere einheimischen Hölzer wie Rotbuche besser ausnutzen und so dankbare Hölzer wie Robinie stärker anpflanzen, auch gegen Fäulnis und Feuer uns besser schützen sollen, als dies bislang der Fall war. Eine bessere Waldpflege ist schon mehrfach angeregt. Wir werden bei Besprechung der Astreinheit darauf noch zurückkommen.

Für Zeitungen und andere Drucke wird schon gegenwärtig eine Unmenge Holz zur Holzschliff- und Zellstofffabrikation verbraucht (nach Holzwelt 1914, 20, S. 17, im Wert von mehr als $\frac{1}{2}$ Milliarde Mark alljährlich). Durch unsere Tagblätter geht die Behauptung, daß bald der letzte Baum in den Papierfabriken verschwunden sein werde, wenn nicht Ersatzstoffe herangezogen werden. So schlimm ist's ja nun freilich noch nicht. Immerhin trägt dieser Riesenbedarf zur Verteuerung der Holzpreise und zur Vernachlässigung der Aufzucht guten Bauholzes bei. Amerikas Wälder schwinden immer mehr. Rußlands vorerst unerschöpflich scheinende Wälder liefern schon heute zum Weltbedarf die Hauptmasse (vgl. Rig. Ind.-Ztg. 1913, 23, S. 356), ein Grund mehr, für Anpflanzung raschwüchsiger Bäume zu sorgen, deren gute Stämme dann zu Bauholz, die verwachsenen teils als Maser- teils als Papierholz zu verwenden sind.

Immerhin ist es zu begrüßen, daß Bestrebungen im Gange sind, zu Zeitungspapieren nicht nur Holz, sondern Ersatzstoffe wie Reisstroh u. dgl. heranzuziehen.

III. Wuchsfehler des Holzes und Forderungen an die Forstwirtschaft.

a) Anforderungen an ein gutes Bauholz.

Gutes Bauholz soll möglichst fest und dicht, gerade gewachsen und astrein sein. Dazu ist in erster Linie erforderlich, daß das lockere Frühjahrholz möglichst wenig, das dichte und feste Spätholz der einzelnen Jahrringe möglichst kräftig entwickelt ist. Ein solches Holz ist wesentlich schwerer als das von Bäumen, deren Wurzeln im ersten Frühjahr von der Sonne stark erwärmt (amerikanische Obstzüchter sollen im Frühjahr die Wurzeln freistehender Bäume mit Eis umpacken, um ein zu frühes Austreiben zu verhindern) und zum Austreiben des lockeren Frühholzes angeregt wurden, deren Boden daher im Sommer meist zu stark austrocknet, um kräftiges Spätholz entwickeln zu können. Bäume mit solch ungünstigen Wachstumbedingungen liefern ein leichtes lockeres und wenig Dauer versprechendes, also minderwertiges Holz, dessen Festigkeit nach S. 27 verhältnismäßig seinem Darrgewicht ist, so daß das Darrgewicht r_0 einen Maßstab für die Beurteilung der Güte des Holzes, wenigstens innerhalb ein und derselben Baumart, liefert, s. z. B. Liste V, S. 117 für Nadelhölzer.

Der Forstwirt hat es bis zu einem gewissen Grade in der Hand, schweres, dauerhaftes und astreines Holz zu erzielen, wie schon S. 73 ausgeführt ist; er wird sich aber erst dann dazu entschließen, wenn die Bauleute etwas mehr vom Holze verstehen und nicht wahllos den gleichen Einheitspreis für jeden gelieferten Stamm bezahlen. Solange letztere Unsitte vorherrscht und die Bauholzlieferungen an den Mindestbietenden vergeben werden, noch dazu mit unmöglichen, also gar nicht einhaltbaren Lieferbedingungen, sieht sich der Forstwirt, der doch möglichst viel Nutzen aus seinem Walde ziehen will, geradezu genötigt, die Pflanzung so zu betreiben, daß er minderwertiges, aber schnellwüchsiges Holz erzielt. Eine Besserung wird erst eintreten, wenn die mit der Erzielung besseren Holzes verbundenen größeren Mühen und Mehrkosten durch Bewilligung

höherer Preise im Holzhandel anerkannt werden, Preise, die jetzt nur für ausländisches Holz willig bezahlt werden und unserem Volksvermögen verloren gehen.

b) Wuchsfehler.

Als Wuchsfehler im Hinblick auf Gewinnung besseren Bauholzes bezeichnen wir nun aber nicht bloß das Vorherrschen lockeren Frühholzes in den einzelnen Jahrringen, sondern auch die so häufigen Fehler des Drehwuchses, krummen oder einseitigen Wuchses und der allzu großen Aestigkeit der Waldbäume, ferner des sorglosen Offenstehenlassens gefährlicher Wunden an abgebrochenen Aststumpfen, das wir kurzweg als Astwunden bezeichnen wollen, Fehler, die nicht ganz beseitigt, aber wesentlich eingeschränkt werden können und im folgenden einzeln besprochen werden sollen.

1. Der Drehwuchs, d. h. die Aneinanderreihung der Längsfasern des Holzes in einer mehr oder weniger stark gekrümmten Schraubenlinie statt in lotrechter Richtung, findet sich leider immer häufiger und wird von manchen als ein unvermeidliches, also notwendiges Uebel angesehen, was keineswegs zutrifft⁹⁵⁾. Es kommt sowohl Rechtsdrehung als Linksdrehung vor, und wir müssen zunächst diese zwei Begriffe genauer feststellen, da sie durch die verschiedenen Bedürfnisse der Botaniker und des Maschinenbaues häufig verwirrt worden sind.

Der Maschinenbauer nennt rechtsgängig eine Schraubenlinie, die von links nach rechts um den sichtbaren Teil eines lotrechten Zylinders herum ansteigt, die sich also von oben gesehen im Sinne des Uhrzeigers abwärts windet, so daß Schrauben durch eine Drehbewegung in diesem Sinne eingetrieben werden können.

Vom Standpunkt des Botanikers aber ist es natürlicher, die Drehbewegung von unten nach oben zu verfolgen, da

⁹⁵⁾ Strasburger-Jost sagt in der 11. Aufl. 1914 S. 257 seines Lehrbuchs der Botanik: „Es gibt überhaupt kaum irgendwo wirklich geradliniges Wachstum“. Immerhin ist bei den meisten gutgewachsenen Bäumen die Verdrehung so geringfügig, daß sie für Bauzwecke als geradlinig gewachsen bezeichnet werden können. Wir behandeln daher hier nur gröbere, ins Auge fallende Drehwuchsfehler.

der Stammfuß festgehalten ist und die Längsfasern von der ursprünglich lotrechten Richtung allmählich mehr und mehr abweichen; da nun aber die Drehbewegung von unten nach oben gesehen entgegengesetzten Sinn hat wie von oben nach unten, so muß die rechtsgängige Schraubenlinie des Maschinenbauers am Baumstamm als Linksdrehung erscheinen und umgekehrt. Wir sprechen also von Rechtsdrehung, wenn die Windung der Längsfasern am sichtbaren Stammteile von rechts unten nach links oben ansteigt; im entgegengesetzten Falle von Linksdrehung. Bild 57 zeigt demnach Linksdrehung, Bild 55 und 56 aber Rechtsdrehung. (In „Holzwelt“ 1914, 9, S. 16 ist das Umgekehrte behauptet.)

Daß der Drehwuchs die Zug- und Druckfestigkeit des Holzes vermindert, ist ohne weiteres klar, da neben den lotrechten Zug- und Druckspannungen jetzt auch noch wagrechte Spannungen entstehen, die bei Druckbelastung zum Ausknicken oder bei der geringen Scherfestigkeit des Holzes zum Aufspalten, bei Zugbelastung aber zu starkem Recken führen müssen.

Ueber die Ursachen des Drehwuchses ist nach Neger a. a. O.⁹⁶) Seite 369 noch recht wenig bekannt; er fordert zu eingehender Neubearbeitung auf und erwähnt nur: Hartigs Annahme, „daß die Kambialfasern mit zunehmendem Alter des Baumes an Länge zunehmen und sich daher schief stellen müssen“, sei unzureichend zur Erklärung der Tatsache, daß manchmal die Drehung am Fuße des Stammes sehr stark sei, sich nach oben allmählich verliere und schließlich in die entgegengesetzte Drehung übergehe. Dies läßt sich jedoch aus dem Nachfolgenden unschwer aufklären, während Negers Versuch hierzu durch Heranziehung der Festigkeitslehre zu wenig Vertrautsein mit letzterer erkennen läßt. Neger bezeichnet den Drehwuchs mit dem nichtsagenden Worte *Resupination*, d. h. Zurückbeugung, gibt zu, daß die Drehung bald rechts, bald links gehe, „nur bei der Roßkastanie finde stets (?) Linksdrehung statt, geradfaserige oder rechts gedrehte Stämme seien eine große Seltenheit“ (?). (In meinem

⁹⁶) Fr. W. Neger: Biologie der Pflanzen auf experimenteller Grundlage (Bionomie). Stuttgart 1913.

Garten befindet sich eine einzige Roßkastanie, die aber nach rechts gedreht ist, auch in Wilhelmshöhe sah ich manche Rechtsdrehung! Ich möchte daher nur sagen: bei der Roßkastanie ist die Linksdrehung auffallend häufig.) Möglich, daß wie Neger meint: „die Neigung zum Drehwuchs — wie es scheint — vererbt werden könne, so daß vor dem Samen einer drehwüchsigen Kiefer gewarnt werden müsse, da die Mehrzahl ihrer Nachkommen wieder drehwüchsig sei, gleichviel, ob der Standort diese Eigenschaft angemessen erscheinen läßt oder nicht“. Bei Trier soll ein Kiefernbestand 84 Proz. „windisch gewachsenes“ Holz enthalten. „Holzwelt“ 1914, 9, S. 16. Dort wird auf Festsetzung zulässiger Grenzen des Drehwuchses im Holzhandel gedrungen. Printz⁹²⁾ führt S. 15 den Drehwuchs auf schiefe Teilung der Zellen oder beengten Raum für das Wachstum zurück.

Kennedy⁹⁷⁾ hat sogar die Drehung der Erdachse und die Abplattung der Erde als Ursache des Drehwuchses herangezogen und behauptet, kein Baum sei frei von Drehwuchs, denn jeder werde auf der nördlichen Halbkugel am Südteile — auf der südlichen am Nordteile — von einer stärkeren Windgeschwindigkeit getroffen als am anderen Teile, wodurch Dreh- und Wirbelbewegungen der Luft entstehen, die im entgegengesetzten Sinne des Uhrzeigers wirken, wie um ein Luftdruck-Tief herum, also entgegen der Drehbewegung der Sonne, welche letztere von Anderen als Ursache des Drehwuchses bezeichnet wurde. Er sucht dies zu beweisen durch die Behauptung, daß sich aus diesem Grunde alle Schlingpflanzen linksherum winden, und vergißt, daß dies bei Hopfen und Geißblatt nicht zutrifft. Wir brauchen uns also nicht weiter auf Kennedys Ausführungen einzulassen, können es vielmehr den Botanikern anheimstellen, zu untersuchen, ob Vererbungen und andere Ursachen — z. B. wie Francé a. a. O.²⁸⁾, Bd. III, S. 431 vermutet, der Blasenrostpilz *Melampsora pinitorquum* bei den Kiefern — mitwirken. Für die weitaus meisten Fälle dürfte es völlig ausreichen:

⁹⁷⁾ A. H. Kennedy: „Against the Sun“; aus Scientific American Suppl. v. 26./7. 13, S. 396/7.

die Ursachen des Drehwuchses in der Wirkung einseitigen Windes und der Sonne zu suchen, wobei zu unterscheiden ist zwischen freistehenden Bäumen und solchen, die am Waldrande oder an Waldblößen stehen, während bei Bäumen des Waldinnern, die in geschlossenem Stande unbeengt aufwachsen — falls wir von Vererbung absehen —, Drehwuchs nur dann auftreten wird⁹⁵⁾, wenn zu irgendwelchen Zeiten einzelne Strecken freigelegt waren, was ja häufig vorkommt, aber zur Erklärung heranzuziehen oft vergessen wird.

α) Bei freistehenden Bäumen von allseitig gleichmäßigem Wuchse könnte man als Grund zum Drehwuchs zunächst das Lichtbedürfnis der Bäume vermuten, das Zweige und Blätter der Sonne entgegenstreckt und sie alltäglich mit ihr von Ost nach West stärker sich wenden läßt als in umgekehrter Richtung. Das gäbe also bei uns eine schwache Rechtsdrehung, die aber meines Wissens nirgend sicher festgestellt ist und wohl auch nicht einwandfrei festgestellt werden kann, weil eine andere Wirkung der Sonne zu entgegengesetzter Drehung führt, nämlich die kräftigere Entwicklung der Aeste und Zweige auf der Südseite des Baumes (auf der südlichen Halbkugel gilt dies für die Nordseite). Hierdurch wird aber die obige Voraussetzung des völlig symmetrischen Aufwuchses des Baumes von vornherein unzutreffend; der vorherrschende Westwind findet auf der Südseite eine größere Windfläche als auf der schwächer entwickelten Nordseite und dies bedingt eine Drehwucht (Drehmoment), also auch eine Drehbewegung links herum, d. h. im entgegengesetzten Sinne des Uhrzeigers. Ostwinde bewirken dann freilich Rechtsdrehung, doch kommen diese bei uns viel seltener vor. Das Endergebnis ist also häufig eine Linksdrehung freistehender Bäume auf der nördlichen Halbkugel. Nur wo Schutz vor Westwinden durch irgendwelche Besonderheiten des Geländes oder durch Bauten vorhanden ist bzw. zeitweise Ablenkung der Windrichtung vorhanden war, kann wohl auch Rechtsdrehung entstehen.

β) Das gleiche gilt in noch höherem Maße für die am Südrande eines Waldes stehenden Bäume, weil deren Südseite noch einseitiger auswächst und die Nordseite vom Wind fast gar nicht getroffen wird, so daß die vor-

herrschende Drehwirkung des Westwindes noch stärker auftritt als bei freistehenden Bäumen. Außerdem entwickelt sich bei solchen Bäumen auch zuviel Frühholz, falls ihr Fuß nicht durch niedriges dichtes Gebüsch vor der Märzsonne geschützt wird, so daß dann solche Randstämme auch noch einseitig, also doppelt minderwertig emporwachsen.

γ) Am Nordrande eines Waldes gilt das Umgekehrte, wenn auch weniger ausgeprägt, da die einseitige Zweigausbildung nach Norden hin schwächer ist als nach Süden; hier herrscht also bei überwiegendem Westwinde Neigung zur Rechtsdrehung, immer mit all den Einschränkungen über Ablenkung der Windrichtung durch das Gelände, durch Bauten usw., die Ausnahmen bewirken⁹⁸⁾.

δ) Sind durch Windbruch oder Abholzen ganze Waldstreifen niedergelegt worden, so findet obige Drehwirkung auch für die Randbäume solcher Waldblößen entsprechende Anwendung. Ein Beispiel des völligen Abdrehens einer Fichte durch einen Wirbelsturm an der Südseite einer solchen Waldblöße bei Schierke zeigt Bild 55 S. 210.

Der Ausnahmefall, für den (nach Neger) R. Hartigs Annahme (vgl. oben) versagt, daß nämlich ein Baum am Stammfuß stark links, an der Spitze aber rechts gedreht ist, läßt sich nun sehr einfach dahin deuten, daß vermutlich der Baum ursprünglich an der Südseite eines Waldes stand, daß aber im Laufe seines Wachstums der Wald weiter nach Süden vorrückte, in seinem Alter dagegen die Nordseite des Baumes durch Abholzen oder Windbruch freigelegt wurde.

ε) Wie ist's nun aber am östlichen und westlichen Waldrande oder allgemeiner an denjenigen Waldrändern, auf die der vorherrschende Wind quer zum Waldrand trifft? Hier wird sich meist geringerer Drehwuchs zeigen, und dieser im allgemeinen auf solche Bäume sich beschränken, die stark über den Durchschnitt hinaus-

⁹⁸⁾ Wenn im folgenden als vorherrschende Windrichtung kurzweg der Westwind bezeichnet wird, so geschieht dies mit all den Vorbehalten, die durch eine andere von örtlichen Einflüssen bestimmte vorherrschende Windrichtung und dementsprechend geänderte Richtung des vom Drehwuchs besonders betroffenen Waldsaumes veranlaßt werden.

wachsen, so daß dann auf sie das gleiche zutrifft wie auf freistehende Bäume. Dagegen äußern sich bei diesen Randbäumen zwei andere Windwirkungen, die nun zu besprechen sind:

2. Der krumme Wuchs. Jeder Baum hat das Bestreben, möglichst lotrecht dem Lichte entgegenzuwachsen; er weicht davon nur ab, wenn er dauernd Hindernisse auf diesem Wege findet, Hindernisse, die sehr verschiedener



Bild 55. *Fichte durch einen Wirbelsturm mit Rechtsdrehung, abgeknickt.*

Art sein können. Zunächst kann durch Ueberhang benachbarter Bäume und Sträucher bei stark lichtbedürftigen Bäumen ein Streben eintreten, der einzigen Lichtlücke in der Umgebung entgegenzuwachsen, also sich nach dem Lichte hin zu krümmen; wenn ferner diese Lücke im Laufe der Zeit zuwächst, eine neue aber durch Beschneiden einzelner Nachbarbüsche oder durch Windbruch entsteht, krümmt sich der Stamm der neuen Lücke entgegen, natür-

lich nicht mit scharfem Knick, sondern mit entsprechender Ausrundung. Dadurch entsteht ebenfalls eine Art Drehwuchs, bei dem aber die Markröhre nicht wie bei den früher geschilderten Ursachen und bei Bild 55 geradlinig bleibt, sondern sich selbst mitwindet. Der spätere Wuchs kann dann unter Umständen wieder schön gerade sein. Das drehwüchsige Stück aber ist für Bauzwecke unbrauchbar, während mäßiger Drehwuchs mit gerader Stammachse wenigstens zu leichten Masten, Pfosten und Flaggenstangen Verwendung finden kann. Von den zahlreichen Beispielen solchen Drehwuchses mit gekrümmter Achse seien nur erwähnt die berühmte Korkziehereiche bei Lehre (1911 gestürzt), die Schlangenfuhre⁹⁹⁾ bei Bendestorf (Lüneburger Heide) und die Schleifenkiefer bei Kananohe, alle drei mit Rechtsdrehung; letztere sei in Bild 56 wiedergegeben, da sie trotz der Nähe Hannovers noch wenig bekannt zu sein scheint. Am rechtseitigen Bildrand sieht man eine zweite Kiefer, die demselben Wurzelstock entsprossen ist, aber etwas kräftiger sich entwickelt hat, deren — erst nachträglich und zu spät weggehauene — Seitenäste daher das geradlinige Wachstum ihrer Zwillingschwester hinderten, so daß sie sich umbog, um nach der nächsten Lichtlücke zu suchen und als auch diese zuwuchs, sich noch weiter krümmte, dabei durch Nachbaräste und Schneedruck sich zu einer völligen Schleife ausbog, schließlich aber eine größere Lichtlücke fand, in der sie sich lotrecht weiter entwickelte. Neuerdings ist auch diese Lichtlücke zugewachsen, so daß der Baum oben von neuem sich krümmte und die Schrägstellung immer stärker geworden ist; im August 1913 ersuchte ich den Förster, die

⁹⁹⁾ Hier handelt es sich um eine kräftige Kiefer (Fuhre), deren Stamm nahe am Boden abbrach, während ein starker Seitenast fortwuchs, sich wie eine Riesenschlange am Boden entlang wand und sich darauf lotrecht als Hauptstamm erhob. — Mit dem Ausdruck „Schlangenbäume“ werden in Forstkreisen häufig „Nadelbäume mit ungewöhnlich spärlicher Verzweigung des Stammes und der Äste“ bezeichnet, wobei die Äste vorwiegend wagrecht oder abwärts geneigten Verlauf und krankhaftes Aussehen zeigen, der Stamm aber gerade ist. Abb. im Ill. Forst- und Jagdlexikon 1904, S. 640. Diese Bezeichnung ist aber irreführend und wird besser durch „Rutenbäume“ ersetzt, s. ebenda S. 606.

Nachbaräste zu kappen, um ein Kümern des seltenen Naturdenkmals zu verhüten. (Die Vermutung, daß die Krümmung durch einseitigen Käfer- oder Larvenfraß hervorgerufen sei, stimmt nicht, da der Stamm nirgends solche Beschädigungen zeigt).

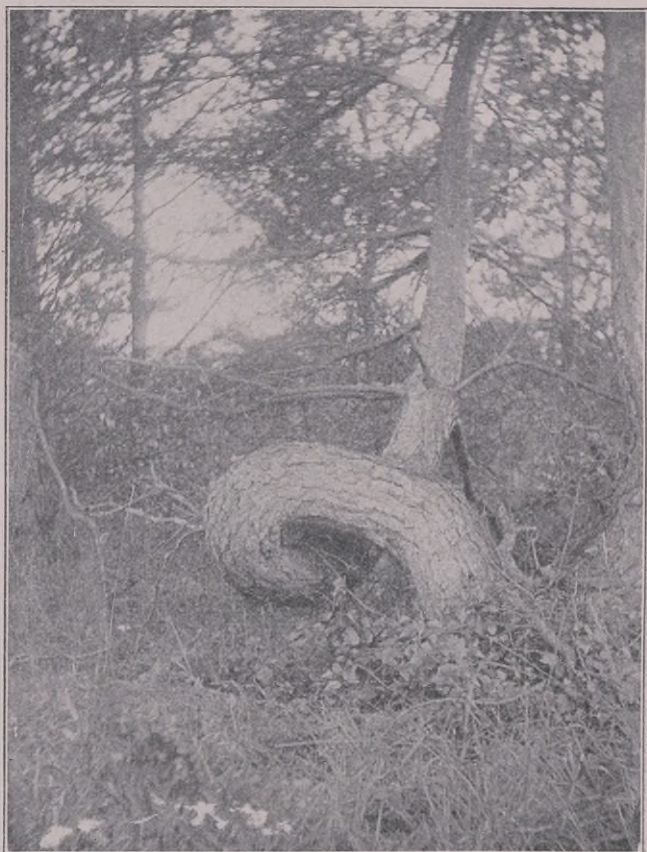


Bild 56. *Schleifenkiefer bei Kananohe, aufgenommen 1907.*

Bild 57 zeigt einen Hülsendorn (Robinie), der in einem wilden dumpfigen Gestrüpp aufgewachsen, trotz Verlust eines Astes sich schließlich zum Lichte durchrang,

aber wurzelfaul wurde und 1912 einem Sturme erlag. Ein Querschnitt ist schon in Bild 45 e, S. 153, dargestellt ¹⁰⁰⁾.



Bild 57. *Hülsendorn mit Drehwuchs und Ringfäule.*
Querschnitt s. in Bild 45 e, S. 153.

¹⁰⁰⁾ Stärkere Krümmungen, ja Knickungen zeigen die Süntelbuchen, bei denen aber wohl meist das Abbrechen eines oder mehrerer Aeste zur starken Entwicklung ihrer Seitenzweige geführt hat; sie kommen besonders bei Buchen in freier Höhenlage vor und wurden zuerst im Süntel beobachtet, daher der Name *fagus silvatica süntelensis* (auch *tortuosa*). Sämlinge solcher Buchen sollen z. T. wieder krummwüchsig werden. (Im Berggarten und vor dem Bahnhof Hannover steht je eine solche, freilich verkümmerte Süntelbuche.) Zahlreiche anderweite Vorkommen finden sich in den Jahresberichten

Säbelwuchs: Leichte Krümmungen am Stammfuß kommen häufig vor und bilden besonders bei Lärchen fast die Regel. Als Ursache ist im Hochgebirge das Ausbreiten der Wurzeln über steile Abhänge zu vermuten, das zunächst zum Ansatz des Stammfußes normal zur steilen Böschung führt, mit schlankem Uebergang ins lotrechte Wachstum. Die europäische Lärche ist ja ursprünglich ein Gebirgsbaum. Wenn aber auch die Anpflanzungen in der Ebene (z. B. Eilenriede) häufig diesen schwach gekrümmten Stammfuß zeigen, so mag dies teils von der Windwirkung, teils von Vererbung herrühren.

Für manche Zwecke, z. B. zu Wagner- und Schiffbauhölzern, ist solcher Säbelwuchs oft sogar erwünscht und dem künstlichen Biegen vorzuziehen. Einseitige Auswüchse dagegen, die von Verletzungen, Insektenfraß u. dgl. oder meist von örtlich auftretenden kleinen Knospenwucherungen herrühren und letzterenfalls zu dem für Möbel- und Klanggeräte gesuchten Maserwuchs führen, sind für belastete Bauhölzer ungeeignet, ebenso der wimmerige Wuchs und meist auch der Zwieselwuchs, d. h. die Gabelung des Stammes in zwei zusammengewachsene Äeste, wobei häufig wundfaule Stellen einwachsen, die lange verborgen bleiben. Weiteres hierüber in ⁹⁹⁾ oder bei Sig. Gayer ⁹²⁾, S. 78/86. „Spanrückig“ gewachsene Stämme, die z. B. bei Hainbuche, Eibe häufig auftreten, können nicht für alle Zwecke verwendet werden.

Am West- und Ostrande von Wäldern wären die Bäume, falls keine Drehwirkungen hinzukommen, durch den einseitigen Winddruck dem Verbiegen der Achse in der Richtung nach dem Waldinnern ausgesetzt ¹⁰¹⁾, wenn

der Deutschen Dendrolog. Gesellschaft 1911 bis 1913. Im Solling befindet sich eine Eichenruine, die der Volksmund wegen ihrer Ähnlichkeit mit dem springenden Roß „das Sachsenroß“ getauft hat. (Bild in „Weserland“ 1912/13, S. 54). Berühmt ist die sog. „Scheppes Allee“ in Darmstadt, nach D. D. G. 1898 ursprünglich eine Heckenpflanzung aus Kiefern, bei der durch früheres Beschneiden und nachherige Auflösung in Einzelbäume sich so seltsame Knicke und Verkrümmungen ergaben, daß sie Lenbach zu gelungenen Zerrbildern (in einer dortigen Kegelbahn) anregten. Gute Ansichtpostkarten sind vorhanden. Heute sind schon viele dieser „scheppen“ Bäume eingegangen.

¹⁰¹⁾ Bei freistehenden Bäumen führt diese Windwirkung oft zum völligen Umlegen der Krone, ja zum Kriechen der Stämme an der Berglehne hinauf, wie die Krüppelfichten am Brocken, die Legführer der Alpen und die zahlreichen verbogenen Bäume an unseren Seeküsten zeigen (Bilder siehe z. B. Naturwiss. Wochenschrift 1913, 38, S. 600 ff.)

nicht die dahinterstehenden Bäume einen Gegendruck ausüben; die häufigen Spannungsreize treiben aber zur entsprechenden Anpassung der diesen Biegewirkungen widerstehenden Längfasern und ermöglichen so das lotrechte Wachstum. Das führt jedoch zum

3. einseitigen (exzentrischen) Wuchs. Da die Zellen auf der Windseite *W* hauptsächlich auf Zug, die auf der Leeseite *L* hauptsächlich auf Druck beansprucht sind, so



Bild 58. *Kiefer mit einseitigem Wuchs.* → *W* = vorherrschende Windrichtung
Aus R. Hartig: „Altes und Neues“, S. 78.

fügen sich die Zellen der Windseite zu einem guten Zugverband ineinander, d. h. sie erzeugen dort ein Holz, das zwar weich (gegen Druck) und undicht, aber elastisch dehnbar und doch zugfest ist, während auf der Leeseite die Druckspannungen aus Eigengewicht und Biegewucht zu-

sammenwirken und daher ein dem Druck widerstehendes hartes Holz erzeugen mit breiteren Spätholzringen, die gegen Ausknicken sichern, aber nur geringe Zugspannungen auszuhalten haben, deren Zugfestigkeit daher nur halb so groß ist wie auf der Zugseite. Bild 58 ist entnommen aus R. Hartig, „Altes und Neues“, 1901, S. 78 (s. a. Haberlandt²⁴), S. 613 und 618).

Die ungleiche Festigkeit auf der Wind- und Leeseite machen solche Stämme nur verwendbar als Vollbalken auf zwei Endstützen oder als einseitig eingespannte Balken oder Hochkantbohlen, bei denen aber darauf zu achten ist, daß das zugfeste Holz auch wirklich auf die Zugseite zu liegen kommt; als Wandbekleidungen und zu Möbeln eignen sie

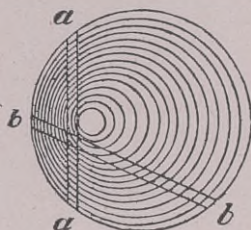


Bild 59. Ist *a a* das Stammende eines Brettes, das aus einem einseitig-drehwüchsigen Stamme geschnitten wird, so kann das Zopfende des Brettes die Lage *b b* haben, die sich durch sehr einseitige Verteilung der Jahrringe kennzeichnet.

sich nur dann, wenn die Sägeschnitte normal zur Längsachse des (stets etwas elliptischen) Stammquerschnittes fallen. Die Markstrahlen, die normal zu den Jahrringen stehen und daher bei gleichmäßig entwickelten Stämmen geradlinig sind, erscheinen bei einseitigem Wuchs entsprechend gekrümmt. Bei starken Aesten liegt das Zugholz auf der oberen, das Druckholz, das R. Hartig und die Franzosen bei Nadelhölzern auch als Rotholz bezeichnen, auf der unteren Seite (s. „Altes und Neues“, 1901). Doch ist neuerdings Rotholz auch auf der Zugseite gefunden worden.

4. Häufig trifft man aber einseitigen und Drehwuchs vereinigt, da bei vorherrschendem Westwind die Bäume am Nordwest- und Südwestrand und viele auch

am Süd- und Nordrand sowohl auf Drehung als auf Biegung beansprucht werden, ihr Zellengefüge sich daher diesen Reizbewegungen entsprechend anpaßt¹⁰²⁾.

Solche Bäume sind doppelt minderwertig, sie geben weder gute Bohlen und Bretter noch Balken, da sie sich verziehen. Sägt man z. B. ein Brett *aa* (Bild 59) normal zur Symmetrieachse des Stammendes heraus, so erscheinen die Jahrringe auf diesem Hirnschnitt symmetrisch verteilt. Das Zopfende aber liegt wegen des Drehwuchses schräg zu *aa*, hat etwa die Richtung *bb* und verrät sich durch die unsymmetrische Verteilung der Jahrringe sofort als einseitigdrehwüchsiges, also unbrauchbares Brett, das ungleiche Festigkeit und widrigen Verlauf der Längsfasern zeigt; da diese beim Sägen durchschnitten werden, hobelt es sich schlecht und nur halbseitig glatt, ist auch stark dem Werfen ausgesetzt. Bild 60 S. 218 zeigt ein Brett aus einem solchen Stamme, das sich nachträglich noch stark windschief zog und als abschreckendes Beispiel in meiner Sammlung vorgezeigt wird mit dem Bemerkten: „Vorsicht beim Einkauf von Brettern; stets beide Hirnschnitte besichtigen und sie nicht durch verdeckende Anstriche, sondern durch geeignetes Stapeln oder Klammern vor dem Aufreißen schützen lassen. Liegt ein Bretterstapel so, daß das eine Ende nicht zugänglich ist, so muß ein solcher Stapel von vornherein verdächtig erscheinen.“ Selbst als Kreuzhölzer sind solche Stämme minderwertig, da sie sich nachträglich meist stark verziehen und nicht einmal zu Zaunriegeln sich eignen.

5. Zu große Aestigkeit ist der häufigste und schädlichste Wuchsfehler, der neuerdings in erschreckender Weise zunimmt und doch am leichtesten zu beseitigen wäre, wenn für richtige Erziehung der Stämme gesorgt würde. Gegen letztere Zumutung wehren sich zwar unsere Forstleute und behaupten, der Astwuchs sei ein Naturnotwendigkeit, gegen die man kein Mittel besitze. Gewiß läßt sich gegen den ersten Astansatz junger Bäume nichts einwenden,

¹⁰²⁾ Haberlandt meint, a. a. O.²⁴⁾, S. 618, daß der Stamm sich wie ein gewundenes Seil den einseitigen Zugspannungen streckenweise entziehe, indem die Fasern teilweise auf die Lee-seite hinüberwachsen (?).

er ist sogar notwendig zu einem gedeihlichen Wachstum, und solange er sich in engen Grenzen hält, auch wenig störend. Völlige Astreinheit von Stammstücken, deren Länge größer als ein Jahrestrieb (25—70 cm), darf man daher nicht fordern; wohl aber muß, besonders bei Nadelhölzern, verhindert werden, daß sich die Aeste im unteren



Bild 60. *Windschiefes Brett aus einem drehwüchsigen und einseitig gewachsenen Stamme.*

Stammteil zu stark weiterentwickeln; sie wachsen ja nicht mit dem Stamme in die Höhe, sondern behalten dauernd ihren Abstand vom Boden, sterben aber beim Höherwachsen der Stämme im geschlossenen Stande wegen Lichtentzugs durch die oberen Aeste von selbst ab, wie z. B. Bild 56 zeigt; sie müssen daher beizeiten entfernt

werden, wenn glatte Stämme erzielt werden sollen. Früher besorgte bei den aus Samen aufgewachsenen Wäldern meist der Wind dieses Reinigen. Er verursacht ein Schwanken der Bäume und dabei rieben sie sich selbst (und am Unterholz) ab. Bei der seit 50 Jahren beliebten Kahlhiebwirtschaft mit viel zu weiten Reihenpflanzungen ist dies aber selten möglich und das Stehenbleiben der Aeste leider zur Regel geworden. Besonders bei Nadelholzwäldern der Neuzeit sieht man die Bäume wie Grenadiere in Reihen stehend aber mit so großem Abstand, daß eine gegenseitige Selbstreinigung im Winde unmöglich wird; die unteren Aeste sterben zwar ab, starren uns aber überall entgegen wie Stachelschweinborsten und stören nicht bloß die Schönheit des Waldes ganz beträchtlich, sondern liefern auch ein so minderwertiges Bauholz, daß, wie ich schon 1893 ²⁾ S. 138 bemerkt habe, der ärmste Bergmann des Oberharzes nicht mehr die altbewährten Harzer Bretter zu Fußbodendielen verwendet, sondern letztere besser, astreiner und billiger aus Schweden und Finnland bezieht. Das sind ungesunde Zustände, die hoffentlich bald beseitigt werden, sonst kann man den heutigen Forstleuten den Vorwurf nicht ersparen, daß sie zuviel am grünen Tisch und zu wenig im grünen Wald arbeiten. Gewiß ist es für die Waldwirtschaft sehr bequem, den Holzbestand aus den Forstkarten mittels Planimeters rasch abmessen zu können, denn bei der Reihenpflanzung weiß man ganz genau, wie viel Stämme auf jedes Hektar Waldfläche kommen, und kann also aus der Waldfläche und dem Alter der Pflanzung deren Nutzwert zu Hause berechnen, ohne sich deren wirklichen Zustand näher anzusehen, es sei denn, daß Windbrüche oder Waldbrände unangenehme Störungen verursacht haben. Dieser bequeme Forstbetrieb ist aber nur möglich geworden durch die schon 1893 ²⁾ geschilderte Verwilderung unseres Holzhandels und den Mangel an Verständnis der Bauleute für die Anforderungen an ein gutes Bauholz. Sobald beim Einkauf mehr auf Güte als auf Menge gesehen und danach die Preise bestimmt werden, sobald also mit dem verderblichen kritiklosen Verdingen von Lieferungen an den Mindestbietenden gebrochen und auf scharfe Erfüllung der — allerdings vielfach zu verbessernden — Lieferbedingungen gehalten wird, muß jene

sorglose Waldwirtschaft von selbst aufhören, wenn überhaupt noch eine Rente erzielt werden soll. Die Umkehr muß aber bald erfolgen, da die alten Stämme nicht mehr geästet werden dürfen, das wäre „Vortäuschung falscher Tatsachen“, wie weiter unten ausgeführt wird. Wir werden also noch lange an den Folgen falscher Pflanzung und Waldpflege zu leiden haben; gerade hier gilt der Spruch, daß die Sünden der Väter sich an den Kindern rächen bis ins dritte und vierte Glied; ja es ist zu fürchten, daß unsere berühmten Schwarzwald- und Vogesenfichten und Tannen, die in riesigen Flößen nach Holland geschafft werden, allmählich ihren guten Ruf einbüßen, wenn der Forstbetrieb noch lange so fortgeht. 1912 suchte ich am Unterrhein bei einem Floß von 60^m Breite und 200^m Länge vergeblich nach ganz astreinen Stämmen; ich konnte kein einziges tadelloses Stück und nur sehr wenige halb-gute finden.

Die Aufgabe, astreines Bauholz zu erziehen, ist daher für unsere Forstwirtschaft sehr dringlich geworden, und das Verständnis der Bautechniker für die Nachteile der Aestigkeit soll durch folgende Schilderung geweckt werden.

Bild 61 (nach H. und W.²²), I, S. 9) zeigt den Ansatz einer Knospe, die sich bei weiterer Entwicklung zu einem Aste auswachsen würde, sehr anschaulich. Man sieht die Unterbrechung des geradlinigen Verlaufes der Längsfasern an dieser Stelle und kann daraus sofort schließen, daß diese Unterbrechung für die Zug- und Druckfestigkeit des Holzes an jener Stelle gleich nachteilig ist. In der Tat zeigen auch die Bilder 62a und b, daß stärkere Astansätze immer eine schwache Stelle bei Stützen sind, denn die Ausknickung erfolgt bei Belastung meist an der Aststelle und die Tragfähigkeit wird stark vermindert. Unter der Annahme, daß die Druckspannung über den ganzen Querschnitt gleichförmig verteilt sei, brach Bild 62a bei $\sigma_t' = 211 \text{ at}$, Bild 62b bei $\sigma_t' = 242 \text{ at}$, während die Würfel Festigkeit beider Hölzer $\sigma_t' = 344 \text{ at}$ betrug, desgl. die Festigkeit eines astreinen Prisma von $11\frac{1}{2} \times 11\frac{1}{2} \times 30 \text{ cm}$. Die späteren Bilder werden zeigen, daß auch Balken mit Aesten gewöhnlich an einer Aststelle brechen, da die Schwächung an solchen Querschnitten durch die übrigen in ihm enthaltenen Aeste noch vermehrt wird. Letztere

strahlen ja bei Nadelhölzern nur in einzelnen Querschnitten, den Jahrestrieben, wie Radspeichen auseinander, vgl. Bild 56, wo ihre äußere Lage, ferner Bild 58, 61 und 63, wo ihr Ansatz an der Markröhre zu sehen ist.

Werden die unteren Aeste beizeiten abgefegt oder abgeschnitten, so wachsen die Längsfasern der folgenden Jahrringe wieder geradlinig und die Schwächung ist wesentlich geringer, als wenn man die Aeste bis zum Fällen des Baumes stehen läßt. Die drei Aeste in Bild 58 sind fast

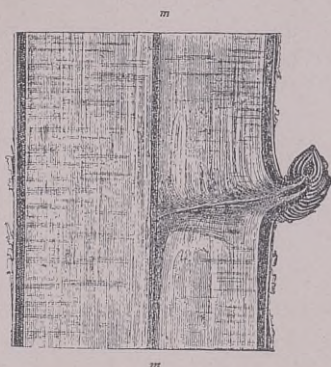


Bild 61. Längsschnitt durch den 12jährigen Stamm einer Ruchbirke mit einer noch entwicklungsfähigen Seitenknospe a, deren Markkörper h bis zur Markröhre m m reicht. V. 2/1.

schon zu lange stehen geblieben; doch geht ihre Störung des geradlinigen Verlaufes der Längsfasern nicht über 12 innere Jahrringe hinaus, so daß sie im Vollbalken wenig stören, wohl aber in den mittleren Brettern. Sobald sie jedoch erst später abbrechen wie in Bild 63, und äußerlich Astreinheit vortäuschen, sind solche Stämme minderwertig. Bild 63 a und b zeigen einen Fichtenstamm, den ich der Güte des Herrn Forstmeisters Rothe in Grund im Harz verdanke, um meinen Hörern die Nachteile dieser Aeste recht anschaulich zeigen zu können. Es handelt sich um einen Baumstumpf von 90^{cm} Höhe, 43^{cm} oberem und 54^{cm} unterem kleinsten Durchmesser sowie 25^{cm} weitem inneren Hohlraum infolge von Kernfäulnis. Der obere Teil des Stammes war noch zu retten, der untere

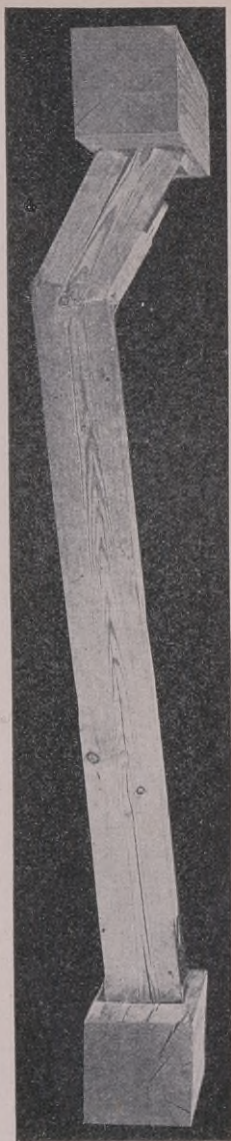


Bild 62 a. $\frac{b}{h} = \frac{11,5}{129} = \frac{1}{11,2}$. Bild 62 b. $\frac{b}{h} = \frac{11,5}{135,3} = \frac{1}{11,7}$.

Aestige Holzstützen, bis zum Bruch belastet. Das Ausknicken tritt stets beim stärksten Aste ein, trotzdem das Verhältnis $\frac{b}{h} < \frac{1}{12}$.

aber völlig ausgehöhlt. Nur die Aeste hatten sich gesund erhalten, waren aber im Innern durchweg freigelegt, so daß sie wie die Speichen eines Rades in einzelnen

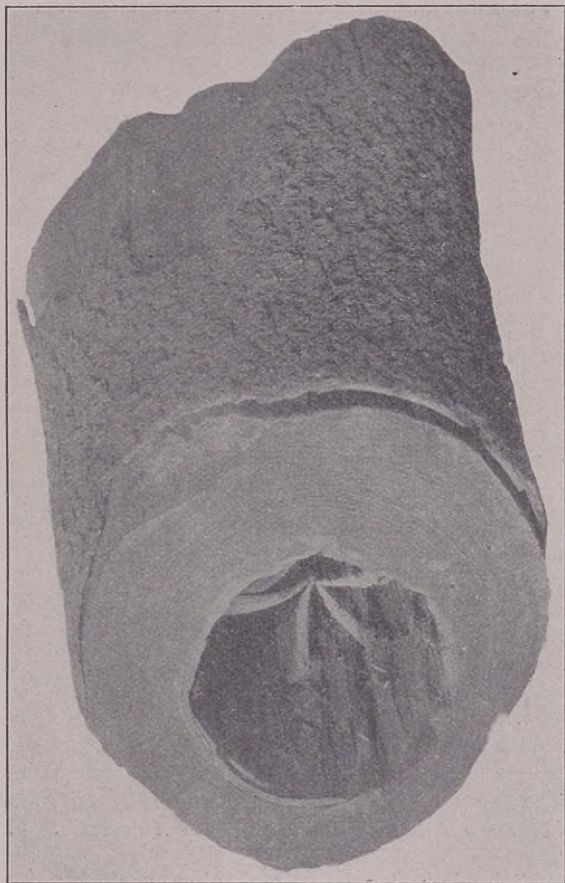


Bild 63 a. Seitenansicht eines kernfaulen Fichtenstumpfes.

Scheiben ziemlich regelmäßig verteilt sind. Diese Astschichten liegen um je einen Jahrestrieb (dessen Länge nach obigem zwischen 25 und 70^{cm} wechselt, im vorliegenden Falle aber 29 bis 37^{cm} betrug) auseinander.

Anfänglich staken diese Aeste so fest in dem Stamme, daß ich beim Vorzeigen Kraftproben im Herausziehen daran machen lassen konnte. Leider sind aber durch das starke Austrocknen des Stammes schließlich einzelne Aeste locker geworden und abgefallen; sie fehlen seitdem in den

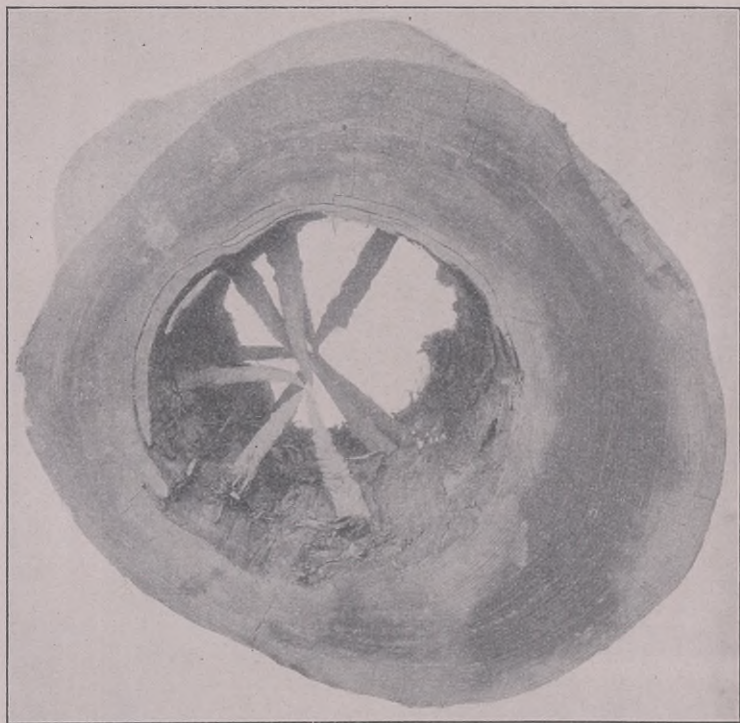


Bild 63 b. Zopfende der kernfaulen Fichte, Bild 63 a, mit Durchsicht durch das hohle Innere auf die noch völlig gesunden Astwurzeln. V. $\sim 1/5,5$.

ursprünglich wie Radspeichen lückenlos ausstrahlenden Astschichten. Die Aeste reichen deutlich bis zur Markröhre, sind dort nur meist etwas abgebogen (Bild 61) und daher in dem Sägeschnitt (Bild 58) nicht bis zur Markröhre verfolgbar.

Bild 63 a zeigt den Block von der Seite, so daß nur die oberste Speichenreihe sichtbar wird; dagegen läßt die

Rindenhülle — die durch das Austrocknen und Einschrumpfen des Stammes mittlerweile ganz lose geworden ist — keine Spur von Astansätzen erkennen, ein Beweis, daß hier die Astreinigung zu spät erfolgte, dem Käufer also ein astreiner Stamm vorgetäuscht worden wäre, wenn die Altersfäule noch nicht angesetzt hätte.

Bild 63 b gewährt einen Durchblick durch den Stamm mit drei solchen Speichenschichten übereinander.

Am unteren Stammende ließ ich ein Keilstück heraussägen, um den Verlauf der Aststümpfe im heilen Holze

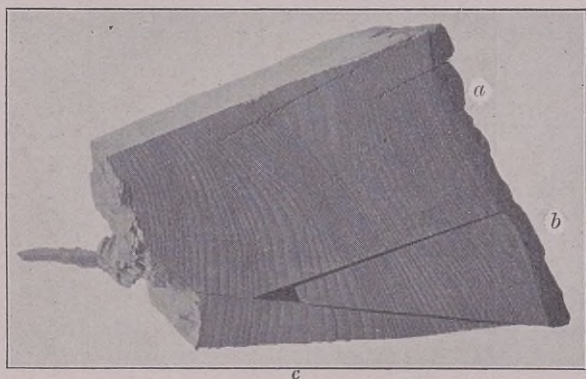


Bild 64, 1. V. 1/3,5.

Draufsicht des Keilstückes aus Stamm 63 mit den zwei Sägeschnitten, durch die es in die drei Teilstücke a, b, c zerlegt wurde.

verfolgen zu können. Bild 64, 1 ist die Draufsicht auf dieses Keilstück; es zeigt etwas unregelmäßigen Verlauf der Jahrringe, weil der Stamm sich dort schon in starke Wurzeln zu verzweigen begann. Links sieht man im Hintergrund einen Ast hervortreten, dessen Verlauf im Stamm verfolgt werden sollte, weshalb zunächst das Teilstück c in der Richtung dieses Astes abgesägt wurde. Der Sägeschnitt ging mitten durch den Ast, ergab also für Teilstück c die Vorderansicht Bild 64, 3, c, wobei die noch anhaftenden Reste der um den Ast sich herumbiegenden Längsfasern deutlich zu erkennen sind. In der Schnittfläche Bild 64, 2, c erscheint der Ast durchschnitten; auch sind

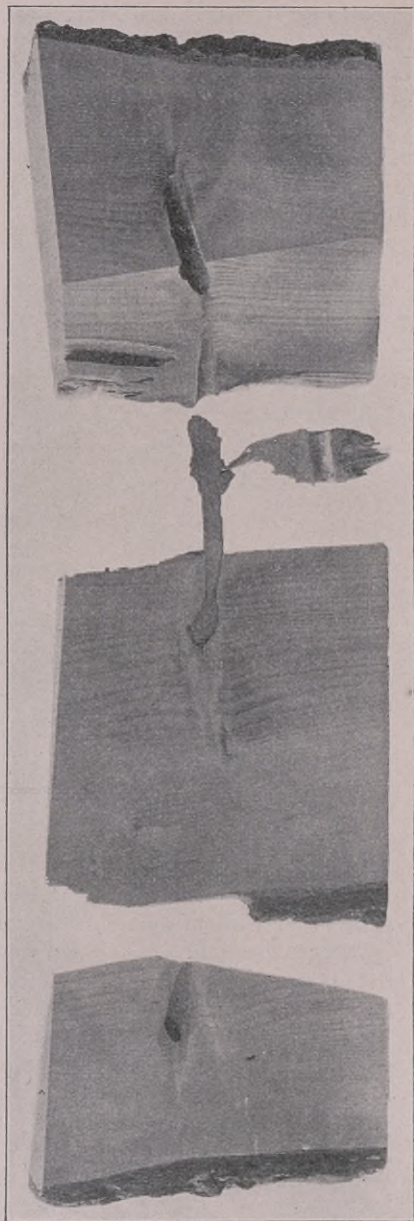
*b**c**a*

Bild 64, 2. Ansicht der Schnittflächen, durch welche Bild 64, 1 in die drei Teilstücke *a*, *b*, *c* zerlegt wurde. *V.* $\sim 3/10$.

a

b

c

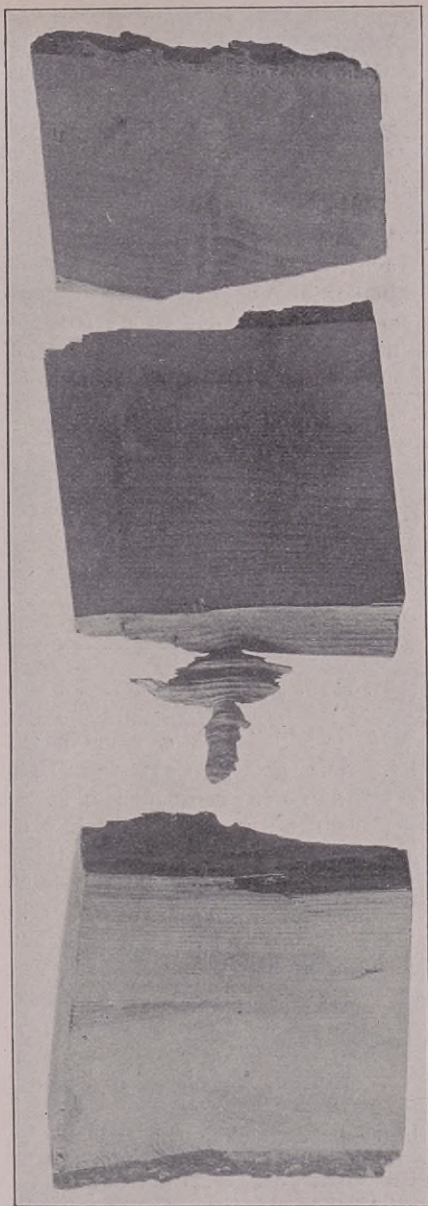


Bild 64, 3. Ansicht der Rückenflächen der drei Teilstücke *a*, *b*, *c*, deren Grundriß in Bild 64, 1 dargestellt ist. V. $\sim \frac{3}{10}$.

dort obige Längsfasern losgebrochen und unten angehängt, was ihre Umklammerung des Astes veranschaulicht. Denkt man sich Teilstück *b* des Bildes 64, 3 mit Teilstück *a* des Bildes 64, 2 zur Deckung gebracht, so erhält man dort die Darstellung der anderen Seite des ersten Sägeschnittes. Man erkannte hieraus sofort, daß der Ast einen wagerechten Knick hatte, der durch irgendwelche Seitenkräfte in seinem dermaligen Wachstumszustand hervorgerufen sein mag. Es wurde daher in der abgebogenen Astrichtung ein zweiter Sägeschnitt gelegt, welcher das Stück *b* freilegte, dessen Grundriß in Bild 64, 1, dessen Schnittfläche mit Teilstück *c*

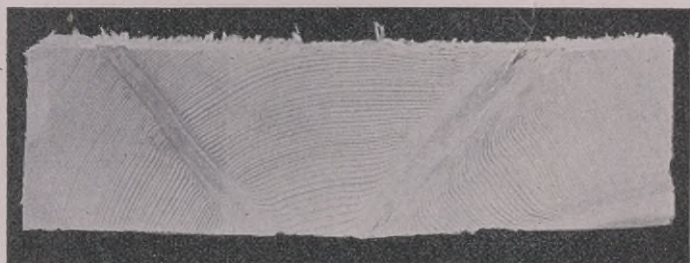


Bild 65. Querschnitt der Bohle Bild 29 mit zwei Aesten.

in Bild 64, 3, *b*, mit Teilstück *a* aber in Bild 64, 2, *b* dargestellt ist. Die Seitenansicht von Teilstück *a* in Bild 64, 2 zeigt nun den gebrochenen Verlauf und das überwachsene Ende des Aststückes. Stück *b* dieses Bildes zeigt die andere Seite des neuen Sägeschnittes; aus beiden Stücken geht hervor, daß dieser Ast durch $\frac{3}{4}$ des Halbmessers des Stammes hindurchreicht, daß also höchstens der Splint dieses Stammes astreine Bretter liefern könnte. Hätte man den Stamm beizeiten geästet¹⁰³⁾ und vor dem Eintritt der Kernfäule gefällt, so wäre ein hochwertiges Balken-, Bohlen- oder Bretterholz erzielt worden. Das zu späte Abbrechen der Aeste täuschte für den Laien Astreinheit vor. Um gegen solche Täuschungen sich zu

¹⁰³⁾ Im Forst- und Jagdlexikon⁹⁹⁾ ist für das Reinigen der Stämme von Aesten nicht das Zeitwort „ästen“ gebraucht, sondern „aufästen“ mit dem höchst überflüssigen, ja verwirrenden Zusatz „auf.“

schützen, sollte in die Lieferbedingungen für Rundhölzer ein entsprechender Satz aufgenommen werden, der zum mindesten einen beträchtlichen Preisabzug bei erst nachträglich entdeckbaren stärkeren Astfunden vorsieht.



Bild 66 a. Vorderseite des Mittelstückes der Bohle Bild 29 mit einem eingewachsenen Aste, der erst nach dem Abhobeln hervortrat.

Bild 65 zeigt zwei Aeste, die in einem Querschnitt der Bohle Bild 29, S. 102 saßen. Aus dem Vergleich beider Bilder folgt, daß diese Bohle aus einem krummwüchsigen Stamme geschnitten wurde, dessen Markröhre teils innerhalb, teils außerhalb der Bohle lag. Solche Bohlen sind stets minderwertig; bei ihnen läuft man auch Gefahr, daß Aeste durch seitliche Hindernisse im

Wachstum stark verbogen wurden und so versteckt liegen, daß sie erst beim Zersägen in dünne Bretter, bei dicken Bohlen aber manchmal gar nicht zu erkennen sind, wie die weitere Untersuchung dieser Bohle ergab; erst beim Abhobeln derselben erkannte man, daß nahe der Mitte



Bild 66 b. Rückseite des Mittelstückes der Bohle Bild 29 mit einem eingewachsenen Aste, der erst bei kräftigem Abhobeln hervortrat.

der Bohlenlänge ein Ast eingewachsen war, der nur wenig von der Lotrechten abwich und in Bild 66 a bis e dargestellt ist. Auf der Bohlenstrecke Bild 66 a wurde durch das Abhobeln ein eingewachsener Ast bloßgelegt, der zum Durchsägen in der Astrichtung Anlaß gab, und zwar in einem Doppelschnitt, der ein sehr schmales Mittelstück

freilegte, das in Bild 66 c zwischen den zwei auseinandergerückten Seitenstücken zu sehen ist; in Bild 66 d aber sind die Seitenansichten der gehobelten Schnittflächen dargestellt, welche die Ablenkung der Längsfasern um

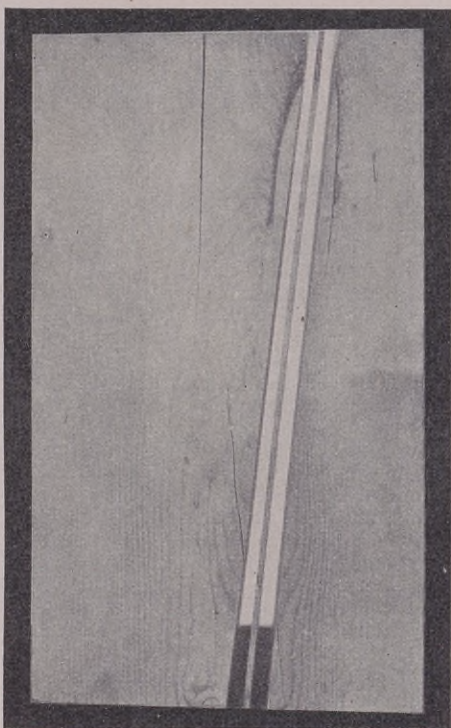


Bild 66 c. *Rückseite mit Aussägen eines dünnen Streifens in der Astrichtung, der zwischen die zwei auseinandergerückten Seitenstücke gestellt ist.*

diesen Aststumpf herum und die Unbrauchbarkeit einer solchen Bohle dartun, die bei geringer Biegebelastung dort sofort durchgebrochen wäre.

Diese Beispiele zeigen wohl zur Genüge die Schädlichkeit der Aeste und rechtfertigen die Forderung der Bauleute nach Erziehung astreinerer Stämme. — Früher,

als der Holzbedarf geringer war und die Blenderwirtschaft¹⁰⁴⁾ vorherrschte, gab es immer genügend viele Stämme, die durch Selbstreinigung frei von gröberen Aesten waren; man suchte sich also diese aus, die ästigen dienten lediglich als Brennholz. Heute ist dies aber wegen der zu weitständigen Reihenpflanzungen nicht mehr zutreffend; es müssen mehr astreine¹⁰⁵⁾ Stämme als bisher erzogen

104) Die ältere Schreibweise Plänter- oder Plenterwald weicht immer mehr dem „Blenderwald“. Grimm sagt: „Pläntern ist das Aushauen der Blender, d. h. der das Licht für das Wachstum des Unterholzes versperrenden Bäume.“

105) Unter astrein sind hier durchweg Stämme zu verstehen, deren Astansätze auf mindestens 10, besser 16 bis 20^m Höhe zeitig genug entfernt sind. Völlige Astreinheit ist naturwidrig, doch kann man bei künstlichem Aesten auf größere Höhe bessere Ergebnisse erzielen, als sie Fricke, a. a. O.⁷²⁾, S. 143/4, für wirtschaftlich hält. Das Forst- und Jagdlexikon sagt viel zu unbestimmt: „Astrein ist der Stamm, an welchem die Aeste dürr geworden und ganz oder größtenteils abgefallen sind.“ Die Berliner Handelskammer hat wegen der Unklarheit der meisten Lieferbedingungen folgende „Handelsbräuche“ (Usancen) betreffs Astreinheit neuerdings festgestellt:

„1. Kiefern-Fußbodendielen I. Güte müssen schlachtig gewachsen sein und möglichst gerade Fasern aufweisen, in die die kleinen runden Aeste verwachsen sind und deren Farbe sich wenig von der des Langholzes unterscheiden darf. Nur etwa 10 % davon dürfen größere gleichartige Aeste dann besitzen, wenn solche dem äußeren Ansehen des Brettes nicht schaden. Die Oberseite soll keine ausgebildeten Aeste zeigen.

2. Bretter sind nicht abnahmefähig, wenn die Seitenkanten derselben durchschnittene mangelhafte Aeste aufweisen und wenn in den Brettflächen kleine schwarze länglich ovale Aeste mit bunten Rändern (Bild 66 d) oder gar lose Aeste vorkommen.

3. Im Holz verlaufende Wirbel als Ausläufer von Aesten können nicht beanstandet werden, wenn sie sich innerhalb der Brettoberfläche, also nicht auf den Brettanten befinden, da letztere leicht ausbrechen und dann das Aussehen des Fußbodens stören.“ (Aus „Deutsche Bauhütte“ 1913, 22, S. 294.)

Man sieht, wie stark heute die Anforderungen an Astreinheit herabgesetzt sind, um überhaupt noch genügende Holz mengen für Bau- und Tischlerzwecke zu bekommen. Vielfach werden Bretter zugelassen (z. B. für Eisenbahnwagenbau), deren Astlöcher ausgebohrt und durch geeignete Zapfen aus Langholz ersetzt sind, ja es hat sich schon eine große Industrie mit sinnreichen Maschinen zur genauen Herstellung solcher „Astreinheit vortäuschender Bretter“ entwickelt, die immer mehr um sich greift. Für tragende Bauteile, Fußböden usw. sollten solche Flickbretter nicht zugelassen werden.

werden sowohl für Bauholz als für Holzstoff-Fabriken, die ebenfalls unter der Aestigkeit leiden und dann minderwertigen Papierstoff liefern. Ob es möglich ist-



Bild 66 d. *Darstellung der (gehobelten) Sägeflächen der drei Teilstücke des Bildes 66 c.*

durch Rückkehr zur Blenderwirtschaft ¹⁰⁴⁾ oder zum Femelschlagbetrieb oder durch Wagners Blendersaumschlag (vgl. „Holzwelt“ 1914, 4, S. 22) dieses Ziel zu erreichen, wird vielfach bezweifelt; es ist Sache der Forstleute, den geeignetsten Betrieb zur Erzielung astreinerer Ware als bisher ausfindig zu machen. Jedenfalls darf es so wie bisher mit Kahlhieben und allzuweitständiger Reihenpflanzung nicht fort-

gehen, es sei denn, daß man künstliches Aesten einführt, was allerdings die Forstwirtschaft verteuert, also das Streben der Forstleute, ohne künstliche Aestung auszukommen, verständlich macht. Die jüngeren unter den vorhandenen allzuweiten Reihenpflanzungen müssen jedoch baldigst künstlich geästet werden, wenn wir bei 100- bis 150jährigem Umtrieb nicht noch vier Menschenalter bis zur Besserung der gegenwärtigen Zustände warten sollen. Die über 30 Jahre alten Bestände müssen wir so ästig, wie sie sind, verbrauchen, denn bei diesen wäre, wie oben dargelegt, das zu späte Aesten als „Vorspiegelung falscher Tatsachen“ zu bezeichnen. Schon 1893, a. a. O.²⁾, S. 129, habe ich diese Forderung hervorragender Forstleute¹⁰⁶⁾ auch vom Standpunkt des Bautechnikers lebhaft befürwortet, bis jetzt mit recht wenig Erfolg¹⁰⁷⁾. Die dortige

¹⁰⁶⁾ Hervorragende Forstleute, wie Alers, R. Hartig, Nördlinger und Kraft (s. z. B.: Z. f. Forst- und Jagdwesen, April 1893: Ueber die Pflege der Stammform), äußern sich übrigens schon lange zugunsten eines vernünftigen künstlichen Aestens. 1893 a. a. O.²⁾, S. 129, habe ich auch die Kosten¹⁰⁸⁾ des Aestens überschlägig angegeben. Nur ist dort ein Druckfehler stehengeblieben: statt das Aesten erst im 50. Lebensjahre vorzunehmen, muß dies spätestens im 15. beginnen, natürlich nur bei gesunden, geradegewachsenen Stämmen. Gern würde ich schon früher mit dem Astreinigen in solchen Reihenbeständen beginnen; doch wenden die Forstleute dagegen ein, daß die unteren Aeste in schneereichen Wintern den oberen als Stützen dienen müssen, bis letztere genügend erstarkt sind.

¹⁰⁷⁾ Die Nachteile der leider noch so beliebten Kahlhiebe in Verbindung mit zu weitständigen Reihenpflanzungen sind schon oben erwähnt. Hier sei noch auf zwei andere Uebelstände der Kahlhiebe hingewiesen, die für den Bauingenieur wichtig sind und sich besonders in gebirgigem Gelände geltend machen. An steilen Berglehnen oben mit verwitterbarem Gestein, wie z. B. am ganzen Steilrand der schwäbischen Alb, führt der Kahlhieb des darunter befindlichen Schutzwaldes häufig zur Verwandlung dieser Strecke in eine Geröllhalde, auf der eine Neupflanzung sehr spät und nur dürftig sich ermöglichen läßt, wobei auch die zarten Pflanzstämmchen durch Sturm und Steinwurf leicht sich krumm und schief biegen. Unter solcher Aufzucht „mag man lange suchen“ nach geradegewachsenen lotrechten Stämmen. Auch die darunter sich hinziehenden Bahnböschungen leiden stark und müssen häufig durch Faschinenbauten nachträglich geschützt werden. Dazwischengelagerte geneigte Tonschichten geben ferner zu gefährlichen Rutschungen Anlaß, wenn das Wasser nicht mehr vom

Anregung, während des damaligen Wassermangels der Triebwerke die unbeschäftigten Bergleute des Harzes zum Aesten heranzuziehen, hat wenig gefruchtet. Heute, wo der Bergbaubetrieb des Harzes so stark eingeschränkt wird, würden wohl viele Bergleute vorziehen, die gesündere Waldarbeit in ihrer Heimat zu übernehmen, statt sich nach anderen Bergbaugegenden versetzen zu lassen, wie jetzt häufig geschieht. Für genügende Beschäftigung ließe sich leicht sorgen, wie nachstehend gezeigt wird.

Nicht bloß unsere Nadelwälder, auch unsere Laubwälder bedürfen einer besseren Pflege und Astreinigung. Besonders gilt dies für die Buche, die so empfindlich gegen Verletzungen durch Astbrüche und andere Verwundungen ist und diese Wunden nicht durch Harzausfluß von selbst zu schützen vermag, wie die harz- oder gummihaltigen Bäume, die vielmehr erst dann Füllzellen entwickelt, wenn die Fäulnispilze schon zum Kern vorgeedrungen sind (vgl. S. 165/8). Dies ist der vierte der oben erwähnten Wuchsfehler, der bekämpft werden muß und zwar bei sehr vielen Bäumen.

Soll daher die Rotbuche künftig unserem großen Hartholzbedarf besser als bisher genügen, so wird auch hier ein häufigeres Nachsehen und Wundverstreichen erforderlich sein.

Bedenkt man ferner, welch großen Nutzen nach S. 81 ff. das Ringeln der Bäume im Frühjahr vor dem Fällen bringt, so muß man wünschen, daß die Scheu unserer Forstverwaltungen vor besserer Pflege unserer Waldbäume mehr

Walde oberflächlich zurückgehalten wird. Schon 1876 mußte ich mich gegen einen von der Forstverwaltung geplanten Kahlhieb oberhalb eines solchen gefährdeten Bahneinschnittes wehren; es scheint aber auch heute noch eine Warnung vor Kahlhieben in solchem Gelände besonders angebracht zu sein; ja bei meiner diesjährigen Wanderung durch die heimatlichen Berge fand ich nur noch wenige von den schönen Waldbildern meiner Jugendzeit. Fast überall herrschte die charakterlose gleichförmig dürrtige Aufzucht mangelhafter Stämme vor, und wenn auch z. B. die nächste Umgebung des Uracher Wasserfalles noch heute ein wunderbar stimmungsvolles Waldbild bietet, ist doch die theoretische Verirrung der Kahlhiebwirtschaft rechts und links schon so dicht herangerückt, daß man mit Wehmut ausruft: „Schirm dich Gott, du deutscher Wald!“

und mehr schwinde, daß überall Forstarbeiter angelernt und eingeübt, auch mit den nötigen Baumscheren, Schiebeleitern und Werkzeugen zum unfallsicheren und bequemen Besteigen der Bäume (ohne Beschädigung durch Steig-eisen usw.) ausgestattet werden, die das Aesten und den Wundverschluß mit Teer oder Zement bei den wachsenden, sowie das doppelte Ringeln (oben und unten) gut-gewachsener zum Fällen reifer Bäume zu besorgen haben, vielleicht auch noch das richtige Fällen und Nachbehandeln sowie das Bestreichen mit Dinitrophenolnatriumlösung der gefällten Bäume, falls Falcks Vorschlag (vgl. S. 88) sich bewährt. Bei geeigneter Einteilung der Arbeit können so geschulte Arbeiter jahraus, jahrein beschäftigt werden. Die hierfür aufgewendeten Kosten¹⁰⁸⁾ müssen sich später reichlich bezahlt machen durch höhere Verkaufspreise des Holzes, wofern auch unsere Bauschulen mehr als bisher bei-tragen zur Verbreitung eines besseren Verständnisses für die Anforderungen an gutes Bauholz sowie für die Gefahren und die richtige Bekämpfung der Holzschädlinge in unseren Bauten. Eine allgemeine Hebung unseres Volksvermögens wird dann nicht ausbleiben.

Man wende nicht ein, daß dieser Vorschlag bei dem heutigen Mangel an Landarbeitern gar nicht durchführbar sei. Jener Mangel trifft nur für die Landwirtschaft mit ihrem so sehr stark schwankenden Bedarf zu, sowie für kleinere Erdarbeiten in Industriegegenden. Da man aber zu Forstarbeitern, an die obige Anforderungen gestellt werden, nur geschulte Leute brauchen kann, muß man darauf Bedacht nehmen, sie auch ständig zu beschäftigen

¹⁰⁸⁾ Die Kosten des Aestens allein sind in der „Holzwelt“ 1914, 6, S. 25, [wonach das Trockenästen (Aufästen¹⁰³⁾ erst mit dem 30. bis 40. Jahr beginnen soll, was nach obigem viel zu spät ist, dafür aber nur alle fünf Jahre bis zum 50. wiederholt werden soll] auf 0,15 M. für jeden Stammschnitt, also etwa 9 M. für den ganzen Stamm geschätzt, d. h. auf etwa 24 M. für das Festmeter Nutzholz nach gegenwärtigen Preisen und ohne Wert-zuwachs, was als fragwürdiges Nutzergebnis erklärt wird, es aber nicht mehr sein wird, wenn erst die Holzkäufer besseres Verständnis für Astreinheit, geraden Wuchs, Festigkeit und Sicherheit vor versteckten Faulstellen, unzeitigem Fällen und Pilzbefall nach dem Fällen erlangt haben werden, wozu diese Zeilen beitragen möchten.

bzw. die Arbeit so zu verteilen, daß sie daneben noch kleineren Feldbau treiben, d. h. sich ansässig machen und bei guter Eignung und Führung auch fest angestellt werden können. Für solche Stellen gibt's dann stets Bewerber und der Staat als größter Waldbesitzer sollte darin mit gutem Beispiel vorangehen, wie er es seinerzeit für die Bergleute des Harzes getan hat, die ohne solche Fürsorge nicht heranzulocken gewesen wären. In den ersten Jahren müssen dazu aus volkswirtschaftlichen Gründen größere Geldmittel bereitgestellt werden, die sich erst im Laufe der Zeit lohnen, da das Verständnis für besseres Holz und seine Wertschätzung ja erst geweckt werden muß. Daß sich die Sache aber lohnen muß, geht aus den Zahlen S. 202 hervor, die zeigen, wieviel Millionen jährlich ans Ausland gezahlt werden, von denen ein guter Teil bei besserer Waldpflege im Lande bleiben könnte. Es wäre eine falsche Sparsamkeit, die Mittel zu verweigern, weil sie sich nicht sofort bezahlt machen. In der Forstwirtschaft erntet man ja erst nach zwei bis drei Menschenaltern. Das falsche Sparen der Verwaltung hat bisher die Tätigkeit vieler Forstleute gelähmt, die gewiß einen edlen Wettstreit in der Aufzucht besseren Holzes entwickeln würden, wenn sie dafür nicht wie bisher nur Tadel über zu viel Geldverbrauch für Waldpflege zu gewärtigen hätten.

Schließlich ist noch etwas ausführlicher auf die Festigkeitseigenschaften des Holzes einzugehen, als es gewöhnlich in unseren Lehrbüchern geschieht. Was nutzt alles Einlernen der statischen Berechnung, wenn man die zulässigen Spannungen nur aus Versuchen an tadellos geradegewachsenen astreinen und lufttrockenen Hölzern ableitet und nicht berücksichtigt, welche bedeutende Schwächungen durch Nässeaufnahme, Krumm- oder Drehwüchsigkeit sowie Astlöcher usw. entstehen.

IV. Die Festigkeitsprüfung.

Wegen des verwickelten Baues der Hölzer ist deren Festigkeit nach verschiedenen Richtungen außerordentlich verschieden und daher mit der üblichen Festigkeitlehre für isotrope Körper nur sehr fehlerhaft zu berechnen. Hier gilt Wittenbauers Ausspruch in „Ztschr. dtsch. Ing.“ 1912, S. 1024: „Je mehr man in die Tiefe der verwickelten Eigenschaften der Stoffe und ihrer Verbände eindringt, desto mehr muß man an einer allgemeinen mathematischen Lösung verzweifeln.“

Der lebende Baum wird in Spannungen versetzt, teils durch sein Eigengewicht, teils durch äußere Kräfte, wie Wind, Regen, Hagel, Schnee, Reif, durch seitliche Stöße, die er teils durch Schwanken benachbarter Bäume im Winde erhält, teils bei deren Sturz infolge von Windbruch oder durch Fällen, manchmal auch durch Verkehrstöße.

Zur Aufnahme dieser Kräfte ist das Gefüge des Zellenbaues wunderbar geeignet, wie besonders durch Schwendener und Haberlandt²⁴⁾ nachgewiesen wurde, vgl. Alf. Leons Vortrag: „Baugesetze in Natur und Technik“, Wien 1909²⁵⁾. Wenn aber Neger a. a. O.⁹⁶⁾ S. 363 daraus den Schluß zieht, daß „die pflanzliche Natur ein unvergleichlich viel besserer Baumeister sei als der genialste Architekt“, und dies zu begründen versucht durch den „bekannten Vergleich zwischen Fabrikschornstein und Grashalm“ — weil die höchste Esse Deutschlands (bei Halsbrücke) ein Verhältnis des mittleren Durchmessers zur Höhe = 1 : 28 zeige, ein Roggenhalm dagegen = 1 : 500 — wenn er sich hierdurch berechtigt glaubt, den Baumeister als wahren Stümper gegenüber der Natur hinstellen zu dürfen, so muß dieser Vergleich als durchaus verfehlt bezeichnet werden. Denn ein Fabrikschornstein ist zu ganz anderen Zwecken erbaut als ein Roggenhalm. Wenn es sich lediglich darum handeln würde, eine dünne sich selbst und eine Aehre tragende Säule aufzustellen, so könnten wir dies heute mittels dünnwandiger Stahlröhren in ebenso schlanken Verhältnissen wie der Grashalm, dabei aber mit größerer Steifigkeit als bei letzterem erzielen, der vom Sturm und Regen in so bedenkliches Schwanken gerät, daß er oft zu Boden gedrückt wird. So unsicher darf

der menschliche Baumeister nicht bauen, wie es die Natur in ihrer verschwenderischen Fülle des Erzeugens und Zerstörens tut. Ein einzelner Roggenhalm auf windiger Höhe würde es wahrscheinlich gar nicht zum Aehrenreifen bringen, sondern vorher geknickt werden. Erst das Zusammenwirken vieler dicht beisammen stehender Halme läßt sie wenigstens in den meisten Jahren zur Achrenbildung ausreifen, weil sie sich gegenseitig stützen, wie die Bäume eines Waldes. In Obstbaumgärten bedürfen die einzeln stehenden jungen Bäume stets von Menschen hinzugefügter Stützen, um sicher auf deren Gedeihen rechnen zu können und den Zweck ihrer Pflanzung zu erreichen. Der Schornstein dagegen hat den Zweck, Rauchgase in unschädlicher Höhe abzuführen und bedarf hierzu einer Weite, die von der Größe der Feuerstelle abhängt, ferner einer Wandstärke, die sich nach der Wahl des Baustoffes richtet und in Eisenblech sehr viel dünner sein könnte als in Mauerwerk, dafür aber auch unwirtschaftlicher wegen der stärkeren Abkühlung der Gase.

Ein Vergleich zwischen zwei Gebilden, die ganz verschiedene Zwecke zu erfüllen haben, muß immer hinken, und wir werden sehen, daß das Zellgefüge der Bäume, das sich für deren Aufwuchs als so wunderbar zweckmäßig erweist, für die Verwendung der gefällten Stämme zu Bauzwecken keineswegs allen Wünschen der Baumeister genügt und besondere Bauregeln verlangt, die nur mühsam zu erreichen waren, deren Nichtbeachtung auch schon viele Unfälle verursacht hat.

Ehe wir zur Besprechung dieser Regeln übergehen, müssen wir aber auf die Benennungen der verschiedenen Arten von Beanspruchungen der Baustoffe und der ihnen entsprechenden Festigkeiten eingehen. Liste VIII zeigt, wie umständlich die früheren Benennungen waren und welch langer Weg zurückzulegen war, um zu den heutigen kurzen und treffenden Bezeichnungen zu gelangen, die freilich noch nicht überall angenommen sind, die wir daher als Zukunftbenennungen aufführen mußten.

Gerade bei Holz ist noch sehr viel zu arbeiten, um obigem Ausspruch Wittenbauers gerecht zu werden. Um so nötiger ist es, durch kurze klare Bezeichnungen sich die Forschung zu erleichtern und alte Zöpfe auszumerzen.

In Liste VIII sind die älteren Bezeichnungen so wiedergegeben, wie sie die verschiedenen Auflagen der „Hütte“ zeigen, die als weitestverbreitetes Taschenbuch der Ingenieure den jeweilig üblichen Stand wohl am besten kennzeichnet, wenn auch zu betonen ist, daß Forscher, wie Winkler, Grashoff usw., schon früher solche Zöpfe, wie „absolute Festigkeit“ usw., aus ihren Lehrbüchern entfernt haben. Die neueste Auflage der „Hütte“ vom Jahre 1912 ist wohl auch heute noch für die meisten maßgebend. Die fettgedruckten Bezeichnungen sind in diesem Buche durchgeführt und sonst der Zukunft vorbehalten; sie unterscheiden sich von 1911 nur im letzten Ausmerzen der überflüssigen „ungs“ und e-Schwänzchen, wodurch sich alle sechs Hauptarten der Festigkeiten einseitig, also möglichst kurz und scharf ausdrücken lassen.

Liste VIII.

Wandlungen in den Bezeichnungen der verschiedenen Arten von Festigkeit nach den einzelnen Auflagen der „Hütte“:

1857	1862	bis 1875	1877/89	1892/1912	in Zukunft
absolute F.	absolute F.	absolute oder Zerreißungsf.	Zugfestigkeit	Zugfestigkeit	Zugfestigkeit
rückwirkende F.	einfache und rückwirkende F.	Zerdrückungsf.	Druckfestigkeit	Druckf.	Druckfestigkeit
Schubfestigkeit	Schub- od. Abscherungsf.	Schub- od. Abscherungsf.	Scherf.	Schubf.	Scherfestigkeit
relative F.	relative	relative F.	Biegungsf.	Biegungsf.	Biegfestigkeit
Widerstand gegen Zerknickung	zusammengesetzt-rückwirkende F.	F. gegen Zerknicken	Zerknickungsf.	Knickf.	Knickfestigkeit
Torsionsf.	Torsionsf.	Torsionsf.	Drehungsf.	Drehungsf.	Drehfestigkeit

Man sieht, wie allmählich die aus dem Französischen übernommenen umständlichen und unklaren Bezeichnungen immer deutscher und kürzer werden. Der letzte Schritt

wird wohl nicht mehr lange auf sich warten lassen; vielfach wird schon heute statt Biegezugfestigkeit das kürzere Biegezugfestigkeitsverhältnis gebraucht, z. B. in B. M. Hoffentlich verschwindet auch bald dieses in Norddeutschland noch so beliebte e-Schwänzchen.

Die allgemeine Elastizitätstheorie setzt isotrope Baustoffe sowie das Hooksche Gesetz (Spannung verhältnismäßig der Dehnung) voraus und ermittelt hieraus Richtung und Größe der gefährlichsten Spannungen für gegebene Belastungen.

Streng genommen trifft die erste Voraussetzung für keinen unserer üblichen Baustoffe zu, am ehesten noch für Gußstahl und amorphe ungeschichtete Gesteine sowie gegossene künstliche Steine. Schon bei Walzeisen und geschichteten natürlichen oder gestampften künstlichen Steinen sind Unterschiede der Festigkeit in verschiedenen Richtungen vorhanden, die man allerdings meistens vernachlässigen darf.

Bei Holz jedoch sind diese Unterschiede so groß, daß ihre Vernachlässigung zu groben Fehlern in der Berechnung der Festigkeit führen würde. Wir müssen daher streng unterscheiden zwischen Zug- und Druckspannungen α) in der Längsrichtung der Holzfasern, die wir mit σ'_l und σ''_l bezeichnen, und β) in der Richtung quer zu den Fasern, die wir mit σ'_q und σ''_q bezeichnen; ja bei letzteren ist auch noch zu unterscheiden zwischen Spiegelrichtung s und Fladen- oder Umfangrichtung u , also zwischen σ''_{qu} und σ''_{qs} ; ferner ist noch zu berücksichtigen die Möglichkeit von Schwindrissen, von Aesten, von geradem oder krummlinigem Wachstum, gleichmäßigem oder einseitigem Wuchs und besonders auch vom Feuchtigkeitsgrad des Holzes. Die durch äußere Kräfte verursachten inneren Spannungen sind daher nach den drei Hauptrichtungen längs (d. h. in der Faserrichtung), im Querschnitt und im Querspiegel zu zerlegen und dürfen die hierfür geltenden, in Liste IX angegebenen zulässigen Grenzen nicht überschreiten.

Die verschiedenen Bedingungen des Wachstums, Bodens, Klimas und der Einfluß der besprochenen Wuchsfelder führen selbst bei ein und derselben Holzart zu außerordentlich verschiedenen Zahlenwerten der Versuchsergebnisse. Es kommt hinzu, daß diese Zahlen auch beeinflusst werden durch die mehr oder weniger vollkommenen Versuchseinrichtungen, die von verschiedenen

Forschern benutzt worden sind; ferner fehlt häufig die Messung des Feuchtigkeitsgrades der Probestücke, so daß die älteren Versuche mehr oder weniger unsicher und Mitteldurchschnittswerte schwer daraus zu ziehen sind.

Winkler hat a. a. O.¹⁰⁹⁾ S. 14 bis 47 eine dankenswerte Zusammenstellung der älteren Versuchswerte bis 1886 gegeben und daraus folgende Grenz- und Mittelwerte abgeleitet:

Liste IX.

		Grenzwerte		Mittelwert in at
		in	at	
		kleinster	größter	
1. Für Nadelhölzer.				
$\sigma'_l =$	Zugfestigkeit in Faserrichtung	111	1560	780
$\sigma'_l =$	Druck " " "	136	590	$390 = \frac{1}{2} \sigma'_l$
$\sigma_b =$	Bieg " " "	260	1338	$585 = \frac{3}{4} \sigma'_l$
$\tau_l =$	Scher " " "	23	120	$50 = \frac{1}{8} \sigma'_l$
$\tau_q =$	" " quer zur "	—	—	$250 = 5 \tau_l$
2. Für Eichenholz.				
$\sigma'_l =$		223	1819	900
$\sigma'_l =$		304	716	380 (?)
$\sigma_b =$		268	1220	750
$\tau_l =$		61	162	79
$\tau_q =$		91	281	198
3. Für Rotbuchenholz.				
$\sigma'_l =$		357	1720	1010
$\sigma'_l =$		320	656	430
$\sigma_b =$		633	859	740
$\tau_l =$		66	85	76
$\tau_e =$		95	391	243

¹⁰⁹⁾ Winkler: Hölzerne Balkenbrücken, 2. Aufl. 1887. Neuere Zusammenstellungen finden sie besonders bei Vespermann⁸⁷⁾.

Für Zugfestigkeit quer zu den Fasern findet Winkler

$$\sigma'_q = 0,16 \sigma'_l,$$

Für Druckfestigkeit quer zu den Fasern findet Winkler

$$\sigma''_q = 0,36 \sigma''_l,$$

was aber in dieser Allgemeinheit nicht zutrifft, vgl. später. Er fügt hinzu:

„In Sonderfällen kann die Festigkeit wesentlich von obigen Mittelwerten abweichen und bei besonders gutem Holz bis zu 60 % höher, bei besonders schlechtem Holz bis zu 50 % niedriger liegen. Wie man sieht, zeigen aber obige Grenzwerte noch beträchtlich stärkere Abweichungen. Ob nun hierbei nur Meßfehler oder auch ausnahmsweise guter bzw. fehlerhafter Wuchs eine Rolle spielten, ist mangels näherer Angaben nicht mehr feststellbar; es können Faulstellen, verborgene Harzgallen, Aeste, krummer oder Drehwuchs, Windrisse, verschiedener Wassergehalt usw. dabei mitgewirkt haben.

Auch die Geschwindigkeit der Belastung, sowie ob letztere ruhig ansteigend oder stoßweise einwirkte, ist von starkem Einfluß auf die Meßergebnisse. Erst die Beschlüsse des Weltverbandes über die Art der Prüfung lassen in Zukunft besser übereinstimmende Zahlen erhoffen.

Die zulässigen Spannungen σ_{zul} dürfen nur $1/v$ der Bruchfestigkeiten betragen, wobei man v die Sicherheitszahl (richtiger die Unsicherheitszahl) nennt und je nach Umständen zwischen 3 und 10 wechseln läßt. In den meisten Ländern sind Vorschriften über diese zulässigen Werte erlassen worden, die aber nicht ausführlich genug sind, um allen Bedürfnissen Rechnung zu tragen. Ich empfehle daher seit 20 Jahren meinen Hörern für Bauberechnungen die folgende Liste X mit den zugehörigen Erläuterungen.

Die Zeichen $\lessgtr$ sollen andeuten, daß für heftige stoßweise Belastung noch unter folgende Werte zu gehen ist. Bei der Biegefestigkeit sind in Klammern die Werte der neuen österreichischen Bauvorschriften hinzugefügt. Zu bemerken ist noch, daß beide Zahlen für σ_l nur unter der Voraussetzung gelten, daß zur Berechnung die übliche, hier aber nicht zutreffende Naviersche Biegeformel benutzt wird. Weiteres später.

Liste X.

Zulässige Spannungen für gesundes lufttrockenes, möglichst gerade gewachsenes Nadelholz, ohne Aeste in den gefährlichsten Querschnitten.

Art der Belastung ÷	Für Dauerbauten		Für vorübergeh. Bauten	
	ruhig	stark bewegt	ruhig	stark bewegt
Zugspann. längs σ'_l	100	≤ 80	120	≤ 100
„ quer σ'_q	0	0	0	0
Druckspann. längs σ''_l	80	≤ 60	100	≤ 80
„ quer σ''_q	12	≤ 8	15	≤ 10
Scherspann. längs τ_l	10	≤ 8	14	≤ 11
„ quer τ_q	35	≤ 30	40	≤ 34
Biegefestigkeit σ_b	90	≤ 70	110	≤ 90
(Oesterr. Vorschr. f. σ_l)	(80)	(70)	(100)	(90)

Mit diesen Werten kann man beim Berechnen von Bauentwürfen arbeiten, muß sich aber stets bei der Bauausführung überzeugen, ob die gelieferten Hölzer obigen Anforderungen entsprechen, und wenn dies schlecht zutrifft, entsprechende Verstärkungen verlangen, z. B. bei leichtem Nadelholz mit breiten Frühholzzonen der Jahrringe, bei starker Aestigkeit, krummem oder Drehwuchs.

Sind die Hölzer sehr feucht und ist ihre Austrocknung bis zur Vollbelastung nicht zu erwarten, so sind obige Zahlen um 10–30 0/0 und bei Wasserbauten bis zu 40 0/0 zu verkleinern, während sie bei bestem Kiefern- und Lärchenholz im Trockenen etwas vergrößert werden können, bei völliger Astreinheit bis zu 10 ja 20 0/0. Für leichte Laubhölzer sind kleinere Zahlen zu wählen. Für einheimische Harthölzer kann σ'_l , σ''_l und σ_b nur wenig vergrößert werden, dagegen σ''_q und τ_q bei grobringporigen Hölzern wie Eiche, auf das 1,5fache, bei zerstreutporigen Hölzern, wie Rotbuche, bis zum 1,8fachen, bei tropischen Harthölzern entsprechend mehr (vgl. später).

Aus diesen Zahlen, deren Berechtigung aus den nachstehend mitgeteilten Versuchen erhellt, ergeben sich sofort die meisten der folgenden wichtigen

Regeln für Holzverbände:

1. Die Zugfestigkeit in der Längsrichtung σ'_l ist zwar bei gerade gewachsenem astreinem Holze meist beträchtlich größer als die Druckfestigkeit (Winkler findet sie bei astreinem Holze doppelt, neuere Forscher sogar dreimal so groß wie σ''); sie wird aber durch die so häufigen Aeste, Harzgallen usw. derart geschwächt, daß es in der Regel nicht ratsam ist, sie bei langen Hölzern mehr als 20 % höher anzunehmen als die Druckfestigkeit.

2. Die Zugfestigkeit quer zur Spiegel- oder Fladenrichtung σ'_q ist wegen der häufig entstehenden Schwindrisse so gering, daß man gar nicht auf sie rechnen soll, auch dann nicht, wenn sichtbare Schwindrisse fehlen, da meist beim Austrocknen gefährliche innere Spannungen entstehen, die der Bruchgrenze nahe kommen.

3. Verlängerungen der Hölzer auf Zug sind nur auf dem Umweg über Druck- und Scherfestigkeit möglich, also mit beträchtlichen Schwächungen verbunden; sie verlangen daher besondere Anordnungen und Berechnungen, die am Schluß des Buches besprochen werden.

4. Verlängerungen auf Druck können bei tropischen Harthölzern einfach durch stumpfen Stoß, also ohne jegliche Schwächung bewerkstelligt werden, ebenso bei alten dichten zerstreutporigen Harthölzern, z. B. Rotbuche. Bei unsern einheimischen, ringporigen Harthölzern und besonders bei unsern Nadelhölzern mit deutlichen weichen Frühholzonen in den einzelnen Jahrringen ist hingegen nicht darauf zu rechnen, daß sich die Jahrringe des einen mit denen des gestoßenen Holzes decken. Vielmehr trifft häufig Spätholz auf Frühholz und drückt letzteres ein. Zum Schutz sind daher stets dünne Eisenbleche einzulegen.

5. Die Scherfestigkeit in der Längsrichtung beträgt bei Nadelhölzern im allgemeinen nur $\frac{1}{7}$ bis $\frac{1}{10}$ der Druckfestigkeit in der Längsrichtung, weshalb bei Versatzungen, Aufhängungen usw., wo stets beide gleichzeitig beansprucht werden, die Scherfläche mindestens das 7- bis 10fache der zugehörigen Druckfläche betragen muß, wenn Ausschlitzungen verhütet werden sollen. Ist dies nicht erreichbar, so sind besondere Schutzanordnungen nötig, vgl. später.

Anmerkung: Sind Schwindrisse in den Scherflächen von vornherein zu fürchten, so wird dort u. U. $\tau_{zul.} = 0$ zu setzen sein.

6. Die Querfestigkeit der Nadelhölzer ist um so geringer, je leichter das Holz, d. h. je mehr die Frühholzzone der Jahrringe gegen deren Spätholzzone überwiegt. Trifft daher eine Druckstrebe rechtwinklig oder schief auf ein Nadelholz, so sind stets Futterklötze aus Hartholz oder eiserne Schuhe einzulegen, um allzustarke Querverdrückungen zu vermeiden, die zu Lockerungen der Verbände führen würden. Im Hausbau wird dies noch zu wenig beachtet, während bei kiefernen Eisenbahnschwellen bereits Hartholzeinlagen üblich geworden sind.

7. Federnde Einlagen zur Verhinderung der Lockerung von Holzverbänden sind bei allen Bolzenverbindungen nötig, die zur Sicherung der gegenseitigen Lage zweier gleichgerichteter oder schräg aufeinander stoßender Hölzer dienen. Diese Federung ist nicht bloß wegen der starken Zusammenpressung der Hölzer durch Querkkräfte erforderlich, sondern schon wegen des Quellens und Schwindens bei wechselnder Luftfeuchtigkeit, vgl. unten.



Bild 67: *Federringe.*

Links: gute Form.

Rechts: schlechte Form.

Leider wird aber hiervon noch viel zu wenig Gebrauch gemacht, ja man hat sich gegen die Gefahren der Lockerung von Schraubenbolzen häufig dadurch blind gemacht, daß man die Schraubenmuttern so tief ins Holz hinein-

senkte, daß sie überhaupt nicht mehr zu sehen waren. Die Unterlagplatten waren dann viel zu schmal, und trotzdem fand eine oft sehr bedenkliche Schwächung der Hölzer statt, die nur dadurch zu vermeiden ist, daß man das Versenken der Bolzenköpfe und Schraubenmuttern verbietet, ebenso die schmalen ringförmigen Unterlagscheiben, die sich beim kräftigen Anziehen der Muttern ins Nadelholz einfressen, vielmehr bei allen wichtigen Kraftverbindungen viereckige Unterlagscheiben¹¹⁰⁾ verlangt, deren Fläche mindestens das 7fache des Bolzendurchmessers beträgt. Sie werden federnd gegen die Querflächen des Holzes angedrückt. Hierzu dienen entweder Federringe oder Plattfedern.

Die Federringe sind am bequemsten und für die meisten Holzverbände ausreichend, aber nicht die ältere Form Bild 67 rechts, die ich nur als abschreckendes Beispiel hier mitteile (sie wurden z. B. 1890 an den Güterschuppen der Walsroder Bahn verwendet, waren aber 1891 schon so gelockert, daß ich sah, wie die Anstreicher die Zwischenräume auskitteten und schön überstrichen), sondern die kräftigen Federringe mit -Querschnitt, wie sie bei den kanadischen Bahnen üblich sind, oder mit quadratischem Querschnitt und geschärften Enden, wie sie mir O'Hara Murray in Berlin geliefert hat; Bild 67 links zeigt diesen Ring für sich. Bei den meisten folgenden Bildern ist er im Verband dargestellt. Die Kosten dieser Ringe betragen für 5—25^{mm} Bolzenstärke 5—10 Pf. das Stück.

Ihre Federkraft muß so stark sein, daß zu ihrem völligen Zusammenpressen kräftige Arbeiter mit entsprechend langen Schlüsseln erforderlich sind; es ist vorzuschreiben, daß beim ersten Zusammenschrauben die Federn völlig platt gedrückt werden, und ferner für die Bauaufseher, daß sie bei jeder Besichtigung einen Schlüssel mitführen und etwas gelockerte Muttern, die leicht zu erkennen sind, nachziehen. Die Federkraft *P* dieser Ringe beim völligen Plattdrücken beträgt:

¹¹⁰⁾ Im Handel sind leider diese viereckigen Scheiben vorerst nicht vorrätig; man muß sie erst vorausbestellen. Die kleinen ringförmigen Scheiben sollte man überall zurückweisen.

für 30^{mm} Bolzenstärke und 6×7 ^{mm} Querschnitt $P = 275$ kg
(gegen 50^{kg} bei Bild 67 rechts),

für 40^{mm} Bolzenstärke und 7×7 ^{mm} Querschnitt $P = 200$ kg

"	25	"	"	"	5×5	"	"	$P = 150$	"
"	21	"	"	"	$5,5 \times 5,5$	"	"	$P = 230$	"
"	18	"	"	"	5×5	"	"	$P = 128$	"
"	14	"	"	"	5×6	"	"	$P = 350$	"

Dieses P ist in den weitaus meisten Fällen völlig ausreichend für Holzverbände, während es bei Schienenlaschen, ferner bei Fahrzeugen und Maschinen mit heftigen Rüttelungen zum Teil als ungenügend befunden und neuerdings ersetzt worden ist durch die viereckigen gewölbten **Spannplatten**, D. R. P. 241 355 und 255 995, die von der Gesellschaft für Stahlindustrie in Bochum sowie von H. Böker & Co. in Remscheid aus bestem Federstahl geliefert werden. In Glasers Ann. 1913 I, S. 112, sowie in Technische Monatshefte 1913, 4, S. 95 ist ihre Form und Größe abgebildet; sie erfordern bei Holzverbänden noch breitere Unterlagplatten als die Federringe, belasten sie mehr am äußern Rande, was für Holz nicht besonders günstig ist, üben aber bei völligem Plattdrücken für $\frac{7}{8}$ zöllige Bolzen eine Federkraft von 1500^{kg} aus, was auch für starke Erschütterungen genügt. Das Nachlassen dieser Federn ist aber nicht so leicht erkennbar wie bei den Federringen.

Das Schwinden und Quellen des Holzes, Verhütung von Luftrissen. Bei lufttrockenem Holze enthalten die Hohlräume der Zellen wenig oder gar keine Feuchtigkeit, sind vielmehr meist mit Luft gefüllt; die Wände der Zellen aber enthalten 10—20, im Mittel 15^{0/0} Feuchtigkeit. In grünem und in wassergelagertem Holz dagegen sind nicht nur die Wände der Holzzellen wassergesättigt, sondern auch deren Hohlräume enthalten mehr oder weniger Saft und Wasser, soweit diese Hohlräume nicht mit wasserabweisenden Stoffen gefüllt sind, wie z. B. die Gefäße vieler tropischer Hölzer (Thyllen) oder die Zellzwischenräume von vielen unserer Nadelhölzer. Zellwände, die keine wasserabweisenden Stoffe enthalten, sind sehr empfindlich gegen Zufuhr äußerer Feuchtigkeit und quellen dadurch auf. Erst wenn sie mit Feuchtigkeit ge-

sättigt sind, füllen sich bei weiterer Wasserzufuhr auch die Hohlräume mit Feuchtigkeit, nachdem die Luft daraus verdrängt ist. Das Aufquellen der Wände bringt viel stärkere Raumvergrößerungen hervor als das Ausfüllen der Hohlräume, deshalb die rasche Steigerung des Quellens bis zu etwa $n = 25-35\%$ Wassergehalt, während von da aufwärts nur noch geringe Steigerungen eintreten. Umgekehrt wird beim Austrocknen wassersatter Hölzer das Schwinden anfänglich gering sein und erst unterhalb obiger Werte von n sich stark geltend machen, wie schon S. 22 erwähnt ist.

Grünholz hat etwa $35-50\%$ Wassergehalt, wechselnd je nach der Jahreszeit. Als lufttrocken ist ein Holz zu bezeichnen, das zwischen $n = 11$ und 20% Wassergehalt besitzt, wobei n in $\%$ des Darrgewichts ausgedrückt ist, vgl. S. 14 ff., wo auch der Beschluß des Weltverbandes verzeichnet ist, daß für Vergleiche der übrigen Eigenschaften von Hölzern $n = 15\%$ angenommen bzw. die Meßzahlen hierauf zurückgeführt werden sollen, nachdem sich gezeigt hat, daß die früheren Angaben über das Raumgewicht luftgetrockneten Holzes wegen des großen Spielraums des Begriffes „lufttrocken“ viel zu unklar waren.

Die künstliche Trocknung für Tischlerarbeiten soll nicht unter $10-11\%$ gehen, da sonst das Holz an der Luft rasch wieder aufquillt. Die meisten Hölzer sind sehr empfindlich gegen wechselnde Feuchtigkeit der Luft, und zwar um so mehr, je größer ihre Hirnholzflächen im Vergleich zu den Langholzflächen sind, am stärksten also bei dünnen Hirnholzscheiben mit leeren Gefäßen. Lange Rundhölzer nehmen weniger schnell Wasser auf als zersägte Balken, Bohlen und Bretter, die bei wechselnder Feuchtigkeit der Luft ständig „arbeiten“, d. h. abwechselnd quellen und schwinden, was für manche Holzverbände höchst nachteilig ist, besonders wenn der Spielraum hierzu fehlt; letzteres kann z. B. zum Werfen ganzer Fußböden bei Nässezufuhr oder zum Reißen von Brettern, Bohlen, Rahmenfüllungen beim Austrocknen führen; so bedeutend sind die dadurch verursachten Spannungen im Holze.

Die Schwindmaße sind bei verschiedenen Hölzern sehr verschieden, was von deren Zellenbau und den etwa

vorhandenen Zellfüllstoffen abhängt. So gilt z. B. Mahagoni für ein Holz mit geringstem Schwindmaß, während Eiche und besonders Buche stark, unsere Nadelhölzer meist ziemlich stark schwinden. Maßzahlen für Nadelhölzer s. Liste V, S. 117, wobei das Schwindmaß die Raumverminderung in Prozent der ursprünglichen Raumgröße bedeutet. Weitere Zahlen finden sich in verschiedenen Büchern; sie sind aber wegen der Ungenauigkeit ihres Trockenheitsgrades viel zu unsicher, um hier wiedergegeben zu werden.

Das Schwindmaß ist in den drei Hauptrichtungen des Holzes sehr verschieden und beträgt für unsere einheimischen Bauhölzer im Durchschnitt:

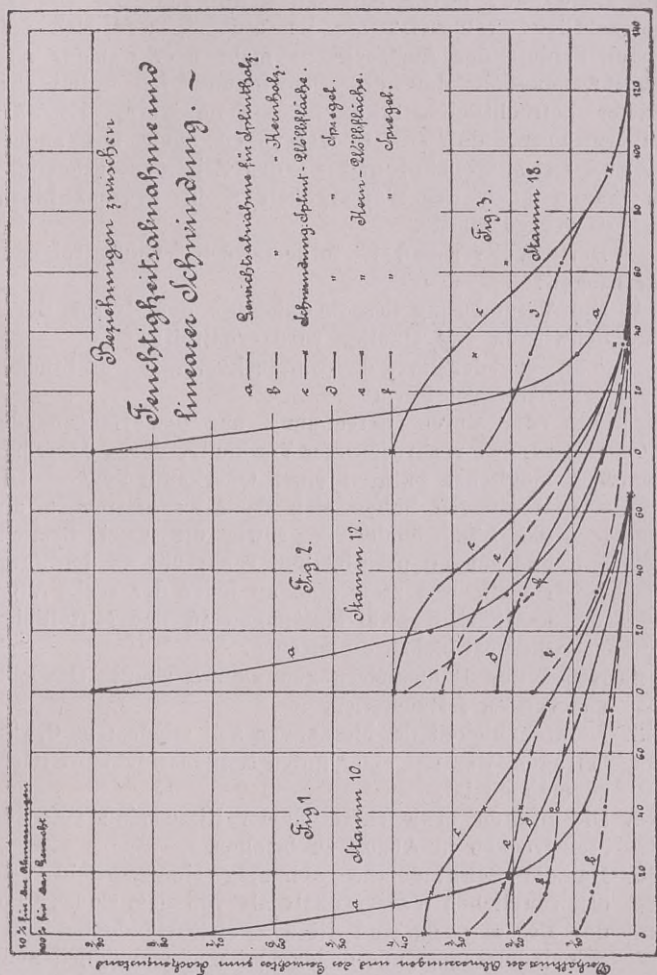
	Verhältnis
in der Längsrichtung 0,10 0/0,	1
„ „ Spiegel „ 3—5 0/0,	30
„ „ Umfang „ 6—10 0/0,	60

d. h. in der Längsrichtung ist das Schwindmaß sehr gering und kann für die meisten Bauverbände vernachlässigt werden, in der Spiegelrichtung aber ist es meist nur halb so groß wie im Umfang, und daraus erklärt es sich, daß bei der geringen Zugfestigkeit quer zum Spiegel bei raschem Austrocknen nasser Hölzer ein Aufreißen in der Spiegelrichtung eintreten muß, wie ja so vielfach zu beobachten ist. Obige Zahlen stammen von Nördlinger a. a. O.^{8a)} S. 34 und gelten für grünes Holz; sie sind nach seinen späteren Messungen zum Teil zu berichtigen, namentlich das Verhältnis von Spiegel- und Umfangrichtung ist dabei meist kleiner ausgefallen als oben, vgl. Kraus⁵⁾ S. 345 und 528.

Diese Schwindmaße gelten für das gesamte Schwinden vom grünen bis zum lufttrockenen Zustand, wobei als Feuchtigkeitsgehalt des grünen Holzes etwa 35—50 0/0 angenommen ist (Mittel 45 0/0), was ebenfalls ungenau, da die Feuchtigkeit für verschiedene Fällzeiten ziemlich stark wechseln kann.

Für trocken gelagerte und dann erst verarbeitete Hölzer sind die Schwindmaße beträchtlich kleiner, aber immer noch nach der Erfahrung groß genug, um ein Lockern der Verbände herbeizuführen, wenn nicht durch obige federnde Bolzenverbindungen dagegen angekämpft wird.

Bild 68 zeigt Rudeloffs Messungen aus B. M. 1889, Erg. H. III, S. 18 und zwar die Schwindmaße grüner Kiefern-



Dana an Zeichnung in Sagen.
Bild 68. Schwindmessungen von Rudeloff B. M. 1889, Ergänzungsheft III. S. 18.

stämme nach Gewicht, Schwinden im Spiegel und Schwinden im Umfang (in der Wölbfäche), unterschieden für Splint und Kern. Sie zeigen deutlich, daß zunächst zwar starke

Gewichtabnahme, aber geringes Schwinden erfolgt, d. h. daß zuerst nur der Zellinhalt verdunstet und dann erst die Zellwände; ferner daß die Schwindung im Umfang beträchtlich größer ist als im Spiegel, was sich erst gegen Schluß des Austrocknens mehr oder weniger ausgleicht, endlich daß die Schwindung im Splint bei Kiefer beträchtlich stärker ist als im Kern. Es wäre zu wünschen, daß diese Messungen auch auf andere Holzsorten ausgedehnt und zu der Zeit der Trocknung in Tagen noch der Wassergehalt n in Prozent hinzugefügt werden würde.

Der Weltverband⁹⁾ fordert seit 1906 folgende Messungen:

1. Die Veränderung des Rauminhalts der Hölzer durch Schwinden und Quellen wird ermittelt:
 - a) entweder durch das Eintauchverfahren an Stücken beliebiger Form
 - b) oder durch Berechnung aus den Längenänderungen rechtwinkliger Vierkante, deren Jahrringe möglichst parallel einer Querkante liegen. Die Messungen haben sich dann zu erstrecken auf die Längenänderung sowie die zwei Breitenänderungen parallel und senkrecht zu den Jahrringen, und zwar sind an jeder der sechs Vierkantflächen zwei Messungen in den Mittellinien dieser Flächen zu machen.
2. Neben den Raumänderungen sind auch die Gewichtsänderungen festzustellen.
3. Die Genauigkeit der Messungen soll mindestens 0,1 mm betragen, was mit einer guten Nonienschieblehre leicht zu erzielen ist.
4. Die Breiten etwa entstandenen Risse sind von den Meßstrecken in Abzug zu bringen.
5. Da die Schwindmaße abhängig sind sowohl vom ursprünglichen Wassergehalt als von dem Endzustand der Messung, so sind diese zwei Zustände bei jeder Schwindmessung mit anzugeben und womöglich auch deren Wassergehalt n_u (ursprünglicher) und n_e (endgültiger) in ‰ des Darrgewichts. Am besten drückt man die Quell- und Schwindmaße in ‰ der Abmessungen der Darrprobe aus.

Man sieht, daß Rudeloffs Messungen, Bild 68, diesen Forderungen gut entsprechen. Das Raumschwindmaß der Forderung 1 a hat für Bauleute nur geringen Wert und das zu seiner Bestimmung empfohlene Präzisionsxylometer wird selten mehr angewendet, vgl. S. 20 und S. 318. Am zweckmäßigsten sind die unmittelbaren Abmessungen mittels Schieblehre.

Anmerkung: In Mariabrunn wird auch noch die Flächenschwindung in Prozent des Darrzustandes für je 1 % Wasserverlust vom ursprünglichen Zustand n_u bis zum Darrzustand n_0 berechnet nach der Formel: Flächenschwindmaß in % = $\frac{(F-f) 100}{f-S}$, worin bedeuten: F die Fläche im Zustand n_u , f die Fläche im Zustand n_0 und S den ursprünglichen Wassergehalt der Probe.

Schutz gegen sog. Luftrisse während des Austrocknens grünen Holzes.

Luftrisse nennt man die beim allzu raschen Austrocknen auftretenden Schwindrisse, die zuerst am Hirnholz sich zeigen, weil dort die Austrocknung rascher erfolgt als am Längsholz. Man sucht dies dadurch zu verhindern, daß man die Hirnenden mit Schutzanstrichen versieht, von denen zwei in F.-N. 81, S. 165, als erprobt genannt sind; hier sei noch beigelegt, daß Lörachs Anstrich jetzt als „Loracin“ von den Elsässer Emulsionswerken in Straßburg vertrieben wird.

Diese Luftriß-Schutzanstriche haben aber zwei Nachteile: Erstens verlangsamen sie die Austrocknung so stark, daß manche lieber die gerissenen Hirnenden als Abfall mit in Kauf nehmen, um das dahinter befindliche Holz rascher zum Trocknen zu bringen, und zweitens sind diese Anstriche undurchsichtig, können also auch zur Verdeckung minderwertigen Holzes mißbraucht werden, weshalb auf S. 217 geraten ist, diese Schutzanstriche, wenn überhaupt, so jedenfalls erst nach dem Kauf durch den neuen Besitzer vornehmen zu lassen, im übrigen aber sich gegen Luftrisse durch geeignetes Stapeln — worin noch so viele Fehler gemacht werden — und nötigenfalls durch Klammer zu schützen (bei Laufbohlen durch Eisenbänder). Eine Verringerung der Luftrisse wird ferner eintreten, wenn man das in Deutschland leider noch vorherrschende ein schnittige Zerteilen ganzer Stämme durch Gattersägen in-

Bohlen und Bretter aufgibt und die richtigere amerikanische Schnittweise einführt, die auf den großen Weltausstellungen meist mit der deutschen zusammengestellt und dabei letztere nur als abschreckendes Beispiel gezeigt wurde. Doch kann hier nicht weiter darauf eingegangen werden. Das beste Mittel gegen Luftrisse ist das Ringeln der Bäume mindestens ein halbes Jahr vor dem Fällen, vgl. S. 81 ff.

Versuche über die Festigkeit der Hölzer

sind zwar schon früher sehr zahlreich gemacht worden; doch fehlten bei den älteren Versuchen meist nähere Angaben über Wuchsform, Raumgewicht, Feuchtigkeit und Geschwindigkeit der Belastung, die alle von großem Einfluß sind. Die starken Schwankungen in den Meßergebnissen, vgl. S. 242, sind daher nicht nur von der verschiedenen Güte der geprüften Hölzer, sondern auch von den verschiedenen Meßverfahren und der Genauigkeit der Prüfmaschinen stark beeinflußt. Diese Uebelstände haben dazu geführt, daß neuerdings einheitliche Vorschläge über Holzprüfung durch Rudeloff für den Weltverband⁹⁾ ausgearbeitet wurden und auf dem Brüsseler Kongreß vom Jahre 1906 ihre noch heute gültige Form (mit wenigen hier nachgetragenen Aenderungen) erlangt haben, die für die Zukunft besseres Uebereinstimmen der Meßergebnisse erhoffen lassen, aber zu kurz erst bestehen, um bei den sehr zeitraubenden Versuchen schon endgültige Zahlen liefern zu können.

Im folgenden sollen diese „Beschlüsse des W.-V.“ nach B. M.¹¹¹⁾ 1907, 1, S. 2—11 mitgeteilt und die auf Grund derselben bei unseren Versuchen im Bauingenieur-Laboratorium gemachten Erfahrungen — z. T. mit Verbesserungsvorschlägen — angefügt werden¹¹²⁾.

¹¹¹⁾ Die hier gebrauchten Abkürzungen sind in Fußnote 9, S. 13, erklärt.

¹¹²⁾ Die älteren Grenzwerte bis zum Jahre 1886 sind nach Winkler¹⁰⁹⁾ schon S. 242 angegeben. Winkler hat daraus auch die dort beigefügten arithmetischen Mittelwerte berechnet, die freilich insofern anfechtbar sind, als weder die Anzahl der Versuche noch deren Zuverlässigkeit hierbei richtig zum Ausdruck kommt. Am ausführlichsten sind die Versuche von

Die allgemeinen Beschlüsse des W.-V. lauten mit unseren abgekürzten Bezeichnungen:

1. Der Ursprung der Probe ist anzugeben nach Standort, Umgebung, Alter, Fällzeit, Art der Lagerung und des Trocknens, Lage des Versuchstückes im Stamme.

Anmerkung 1: Diese Forderungen können nur bei planmäßigen Prüfungen ganzer Waldbestände völlig erfüllt werden, wobei Forstverwaltung und Prüfamts zusammenarbeiten müssen, wie es jetzt in Deutschland, Oesterreich, Schweden, Vereinigten Staaten und Australien im Gange ist. Für im Handel gekauftes Holz ist nur ein Teil dieser Forderungen erfüllbar.

2. Anzugeben sind: Die äußeren Kennzeichen des Aussehens, der Verlauf der Fasern, ob gerade oder gekrümmt in den äußeren und den Spaltflächen, etwa vorhandene Aststummel, durchschnittliche Jahrringbreite, ob der Stamm kreisförmig oder einseitig (exzentrisch) gewachsen, endlich bei Nadelhölzern das Verhältnis der Breite der Früh- und Spätholzzonen der Jahrringe.

Anmerkung 2: Auch diese Forderungen sind bei gekauften Holzstücken nicht alle erfüllbar. Das Zählen der Jahrringe ist mühsam und gibt für sich allein keinen sicheren Aufschluß über die Güte des Holzes, besonders nicht bei Nadelhölzern, wo das Verhältnis der Früh- und Spätholzzone maßgebend ist, vgl. S. 74. Beides kommt aber auf viel einfacherem Wege — auch bei Hölzern, von denen nicht der ganze Stammquerschnitt bekannt ist — zum Ausdruck durch Bestimmung der Raumgewichte r_t , r_0 , r_n usw., vgl. S. 14, sowie durch Prüfung des etwaigen Stärkegehaltes, der für Dauerbauten nachteilig ist, mittels der Jodprobe, S. 78.

3. Die Festigkeit ist zunächst an tunlichst astfreien, gerade gewachsenen Stücken zu ermitteln. (Nach den Beschlüssen des New-Yorker Kongresses 1912 wird auch noch die Prüfung astiger und krummer Stämme an größeren Stücken empfohlen.) Im einzelnen wird Fünferlei verlangt:

Chevandier und Wertheim vom Jahre 1848, die (nach Hagens Vorgang vom Jahre 1833) den schon von Plinius erkannten Einfluß der Feuchtigkeit zahlenmäßig prüften und eine Formel dafür aufstellten. Ihre Prüfmachines waren aber noch unvollkommen, ebenso die von Laves, Karmarsch und Nördlinger. Bahnbrechend wurden erst die Versuche von Bauschinger, dessen Anregung die heutigen Prüfvorschriften und die Gründung des Weltverbandes⁹⁾ zu danken ist. Neuere Versuche sind S. 23 erwähnt.

- a) Die Druckfestigkeit ist die maßgebendste, dann Bieg- und Scherfestigkeit. Außerdem werden Zug- und Spaltversuche empfohlen.
- b) Die Belastung soll tunlichst um nur 20^{at} in der Minute gesteigert werden, da sonst Vergleichszahlen irreführen. (Je schneller die Laststeigerung, um so größere Versuchszahlen ergeben sich ¹¹³.)
- c) Als Feuchtigkeitgehalt ist $n = 15\%$ anzunehmen. Wurde bei anderem n geprüft, so sind die Zahlen auf $n = 15$ umzurechnen.

Anmerkung 3c: Leider ist diese Umrechnung für Festigkeitszahlen noch nicht einwandfrei möglich, vgl. S. 25 und später.

- d) Zur Erlangung von Durchschnittswerten sind — wegen der großen Unterschiede, die ein und dasselbe Stammstück an verschiedenen Stellen zeigt — mindestens je drei Proben an drei verschiedenen Stellen zu entnehmen; bei Kernholzbäumen ist der Anteil der Probestücke an Splint und Kernholz anzugeben.
- e) Die bleibende Formänderung ist stets erst dann festzustellen, wenn sie während einer Minute Entlastungsdauer keine Abnahme mehr zeigt, s. a. S. 269.

Es fehlen vorerst noch die Prüfungen 1. auf Querfestigkeit, 2. auf Abnutzung, 3. auf Härte, die immer wichtiger werden, 4. auf Drehfestigkeit, 5. auf Stoßfestigkeit, 6. auf Haftung von Nägeln und Schrauben. Sie sollen im Anschluß an die unter 3a geforderten Prüfungen hier kurz besprochen werden, ebenso die Prüfung auf Scherfestigkeit τ_q sowie über die Wirkung von Aesten und krummem Wuchs der Hölzer. Wie wichtig letzteres ist, soll an nachstehenden Beispielen gezeigt werden.

A. Druckversuche und Messung der Federung (Elastizität).

Der Weltverband beschloß 1906, den Druckversuch an Würfeln vorzunehmen, vergaß aber, diese Druck-

¹¹³) Dies hat Percy W. Smith bei seinen sonst sehr verdienstlichen Versuchen in „The Engineer“ 1914, I., S. 391/3, nicht berücksichtigt. Er steigerte um das 7fache, d. h. 140 at/minute; seine Zahlen sind also durchweg zu groß.

festigkeit ausdrücklich als Würfelfestigkeit zu bezeichnen, deren Zahlen im allgemeinen größer sind als bei Vierkanten mit $h > b$.

Ausschlaggebend für diesen Beschluß war dessen Uebereinstimmung mit der üblichen Prüfung von Steinen und Mörteln, bei denen ebenfalls meist vergessen wird, zu betonen, daß die Würfelfestigkeit größer ausfällt als die von mehr oder weniger schlanken Vierkanten, die im Bauwesen viel häufiger vorkommen.

Diese Würfelfestigkeit bildet den Hauptstreitpunkt auf fast allen Kongressen und hat sich bisher nur erhalten, weil über das Verhältnis zwischen Höhe h und Breite b der zu wählenden rechteckigen Vierkante keine Einigung zu erzielen war.

Bauschinger schlug vor $b/h = 1/1\frac{1}{2}$; Schüle und Janka $b/h \geq 2/1$, vgl. S. 26. Ich selbst vertrete $b/h = 1/2^{93}$ und habe bei den nachstehend mitgeteilten Versuchen dieses Verhältnis stets eingehalten, wenn nicht ausdrücklich Würfelfestigkeit dabei steht. Zum Vergleich beider dienen folgende Versuche mit Probekörpern, die aus ein und derselben Bohle mit gradlinigem Faserverlauf dicht hintereinander herausgeschnitten wurden.

Liste XI.

	r_t	n	Würfel- festigkeit	Vier- kant	Ver- hältnis	r_0
Fichtenholz . . .	0,44	12	428	466	0,95	
Mulmein Tiek . .	0,696	18,5	506	453	<0,90	

Es zeigt sich also bei diesen wenigen Versuchen im Durchschnitt, daß Vierkant $2/1$ nur 92,5 % der Würfelfestigkeit besaß.

Rudeloff sagt in B. M. 1901, 5, S. 297, daß Vierkante mit $h/b = 3$ hinreichend übereinstimmende Druckfestigkeiten ergeben, er fand nur 3 % Abnahme bei $h/b = 3$ gegenüber der Würfelfestigkeit, während er ebenda 1899, 4, S. 185 die in Bild 69 wiedergegebene Darstellung der Abnahme von σ'' mit wachsendem h/b nach seinen eigenen wie nach den Messungen von Johnson und Wijkander mitteilte, aus der erhellt, daß er von $h/b = 1$ bis $h/b = 2$

eine Abnahme der Festigkeitszahl bis zu 10 % fand, was mit Liste XI im allgemeinen gut stimmt. Der Verlauf der Kurve zeigt, daß für $h/b > 2$ die Abnahme nur gering ist, so daß sich die Wahl $h/b = 2$ um so mehr empfiehlt, als bei längeren Stücken die Erzielung von geraden Fasern, Astreinheit usw. immer schwieriger wird, was das Bild verdunkelt. Ich habe daher lieber Vergleichversuche an Stücken $h/b = 2$ gemacht, die teils astig, teils astrein sind und teils geraden, teils krummen Faserverlauf zeigen, vgl. später.

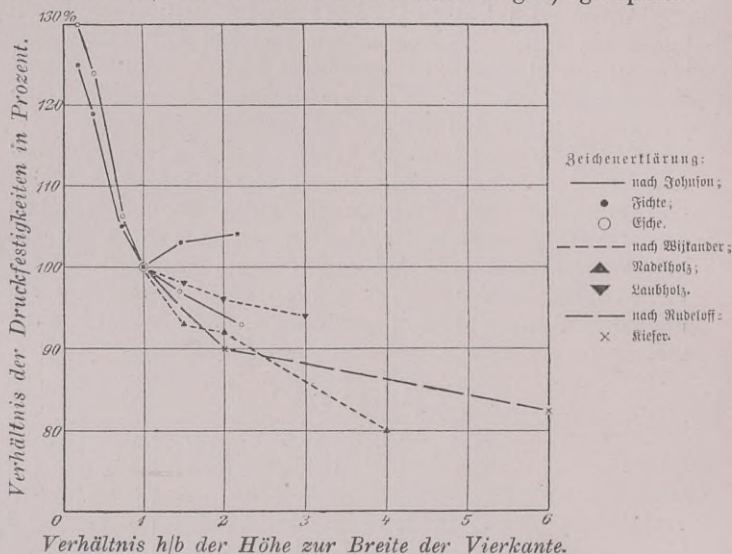


Bild 69. Abnahme der Bruchbelastung mit wachsendem h/b , nach Rudeloff B. M. 1899, 4, S. 185.

b) Messung der Federung (Elastizität).

Die Wahl von solchen Vierkanten empfiehlt sich auch schon deshalb, weil an ihnen nicht bloß die Druckfestigkeit, sondern auch die Federung bei verschiedenen Laststufen gleichzeitig und ohne Aufenthalt gemessen werden kann, wenn man dazu meine Schnellmesser ¹¹⁴⁾

¹¹⁴⁾ Diese Schnellmesser, welche sich mittels Steckröhren beliebig verlängern lassen, sind zu sehen in dem Bild 76d. Die kleine Sorte kostet nur 20 M. und läßt noch $1/100$ mm ab-

benutzt, die allerdings eine Meßstrecke von 6,5 bis 8^{cm} verlangen und daher für niedrige Versuchskörper nur mittels abgebogener Steckbleche benutzbar sind, falls man die Sprengköpfe⁹⁴⁾ aus der Meßstrecke ausschalten will. Doch habe ich diese Ausschaltung nur bei größeren Stützen gemacht, s. Bild 76 d, während für die kleinen Vierkantproben von nur 5 bis 7^{cm} Höhe die Zusammen-drückung der gesamten Länge gemessen wurde. In der 30^t-Presse von Amsler geht dies sehr gut auch ohne gebogene Steckbleche. Die Meßbilder sind trotzdem genügend genau, mit Ausnahme der wenigen Weichhölzer, die nur an den Preßbacken Zerstörungen zeigen; sie weichen aber erst hinter der Quetschgrenze von den anderen ab. Die Genauigkeit von $\frac{1}{100}$ mm ist für die meisten Messungen ausreichend.

Will man größere Genauigkeit erzielen, so muß man zu den Spiegelapparaten greifen, wie sie zuerst Bauschinger gebrauchte und Martens vereinfachte. Diese können auch für ganz kleine Meßstrecken benutzt werden, s. z. B. B. M. 1901, 5, S. 272; doch zieht man meist größere Strecken vor, allerdings mit Ausscheidung der Sprengköpfe. Der Weltverband schreibt dafür vor:

Zum vollständigen Druckversuch gehören die Ermittlungen:

- a) der Spannung an der Proportionalitätsgrenze (*P*-Grenze),
- b) des Elastizitätsmoduls *E* oder der Dehnzahl α , d. h. der Verkürzung der Längeneinheit für die Spannungseinheit,
- c) die Bruchspannung (höchste erreichbare Spannung),
- d) die Verkürzung mit fortschreitender Belastung bis zum Bruch,

- e) des Quotienten $\frac{\text{Druckfestigkeit}}{\text{Raumgewicht}} = \frac{\sigma_t''}{r_t}$ beim Normalfeuchtigkeitgehalt.

Forderung e) ist natürlich nur durch Rechnung zu ermitteln, die anderen vier Forderungen aber lassen sich an Vierkantproben mit unseren Schnellmessern und dem

lesen, die größere Sorte bis $\frac{1}{200}$ mm. Ich benutze sie schon seit 10 Jahren — auch zu Biegversuchen, Bild 80 b — und hoffe, nach dem Krieg sie in einer Arbeit über das Bauingenieur-laboratorium genauer beschreiben zu können. Ihre Kleinsthöhe beträgt 65, besser 80 mm.

an der Amslerpresse angebrachten bzw. von uns verbesserten Meßbildzeichner genügend genau und unter Einhaltung der vereinbarten Geschwindigkeit der Laststeigerung mühelos ermitteln, während der Weltverband dazu weiter vorschreibt:

- f) Die Bruchspannung ist an Würfeln zu ermitteln.
- g) Elastizitätsbestimmungen sind an Prismen mit quadratischem Querschnitt auszuführen, deren Länge gleich der dreifachen Breite ist. Die Meßlänge soll gleich dieser Breite sein (was unnütz wenig) und symmetrisch zur Mitte liegen.

Proben mit schief stehenden Fasern sind von der Prüfung auszuschließen (was bei manchen wertvollen Tropenhölzern schwer erreichbar ist).

- h) Es folgen dann Vorschriften über die Druckplatten, deren eine behufs Selbsteinstellung beweglich sein muß, ferner ausführliche Angaben über die Probenentnahmen bei Prüfung ganzer Baumstämme, die wir hier übergehen wollen, verweisend auf B. M. 1907, 1, S. 5. Dagegen sei noch erwähnt:
- i) Die Seitenflächen sind sauber zu behobeln und die Druckflächen mit besonderer Sorgfalt herzurichten. Doch wird hinzugefügt: „Gutgeführte Sägeschnitte sind gleichwertig mit sorgfältigem Behobeln“, was nur für größere Probestücke zutrifft.
- k) Daß die Lage der Jahrringe sowie das Verhältnis von Kern- und Splintholz anzugeben ist, versteht sich nach den allgemeinen Vorschriften Pkt. d von selbst.

Man sieht hieraus, daß die Trennung der Versuche über Würfelfestigkeit und Vierkantfederung vom Weltverband¹¹⁵⁾ geradezu gefordert ist, was folgende drei Nachteile hat:

Erstens hält es schwer, Würfel und Prismen von genau gleicher Holzbeschaffenheit zu gewinnen, selbst wenn große Baumstämme zur Verfügung stehen, so daß also eine genaue Uebereinstimmung beider Versuche selten zutrifft;

¹¹⁵⁾ Auf dem Newyorker Kongreß 1912 hat übrigens Warren die gleichen Gründe gegen Würfelproben vorgebracht, die ich schon seit Jahren vertrete, und ebenfalls für Vierkantproben sich ausgesprochen. W.-V. II, 16, Sektion C, S. 17/37.

zweitens ist die Voraussetzung anfechtbar, daß die Würzelfestigkeit maßgebend für die Druckfestigkeit längerer Stücke sei;

drittens erfordert diese Prüfmethode unnütz viel Zeit und Kosten, auch wenn sie sich nur auf Probestücke erstreckt, die gerade Längfasern haben.

Zunächst sei betont, daß die Würfelprobe für Holz höchst ungeeignet ist und den Bedürfnissen des Bauwesens fast nie entspricht. Wenn bei einheitlichen (homogenen) Stoffen, wie manchen Steinen, oder bei gleichmäßig gekörnten Stoffen, wie Gußeisen, Mörtel, Beton und manchen Sandsteinen, der Würfelversuch gewöhnlich zur Bildung von Doppelpyramiden führt und daher schon für diese Stoffe Vierkante mit $h > b$ vorzuziehen sind, um die erwarteten Gleitflächen zu erzielen, wie a. a. O.⁹⁴⁾

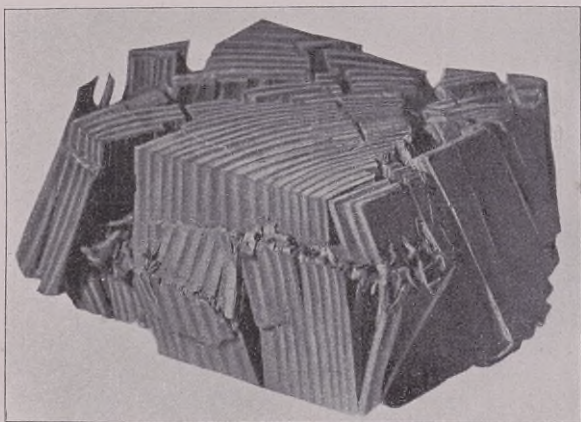


Bild 70. *Fichtenwürfel, zerdrückt.*

weiter ausgeführt ist, so kommen bei Holz mit seinem nach drei Richtungen so sehr verschiedenen Gefüge noch viel verwickeltere Erscheinungen vor. Statt der Doppelpyramiden entsteht entweder ein Auseinandertreiben der Jahrringe und Ausknicken der Randfasern, wie in Bild 70 für Fichten, oder Stauchungen, auch Faltungen der Fasern besonders bei Harthölzern, vgl. z. B. Weißkopf a. a. O.⁷²⁾,

S. 105, und Smith¹¹³), S. 331, seltener Gleitflächen, Spaltbrüche oder Bartbildungen an den Druckköpfen (letzteres nur bei Weichhölzern). Alle diese Erscheinungen ergeben sich jedoch bei Vierkant $h/b = 2/1$ je nach Holzbeschaffenheit und Lage der Jahrringe gegen die Druckrichtung viel deutlicher, wie folgende Bilder zeigen:

a) Zur Bildung von Sprengköpfen und Spaltbruch kommt es meist bei Probekörpern, deren Jahrringe parallel einer Seitenfläche liegen; statt der vierseitigen Pyramide der Zementkörper entsteht dann meist oben, seltener unten, ein Sprengkeil, der zum Aufspalten einer Spiegelfläche führt, wie Rudeloff schon in B. M. 1901, 5, S. 293, bemerkt hat und die Bilder zu Liste XII zeigen:

Liste XII.

Bild	Seite	Holzart	Zustand	n in $0/0$	r_n	σ''_n in at
52 c	194	Bongosi	trocken	19	1,09	735
53 c	199	Grünherz	lufttrocken	11,9	1,057	1210
71 a	263	Ostind. Tiek	„	13,7	0,602	438
71 b	263	„	naß	51,8	0,609	390
71 c	263	Fichte	lufttrocken	12,6	0,432	399

Hierzu ist zu bemerken, daß bei Bild 71 a der Sprengkopf erst im Innern der oberen Druckfläche sich ausbildete und die Spaltung nachher den Kopf seitlich hinausdrückte. Der Spalt liegt in einer Spiegelfläche.

Bei Bild 71 b fängt die Sprengkopfbildung links auf der Seitenfläche an, wirkt also an der Vorderfläche unsymmetrisch, der Spalt geht durch eine Spiegelfläche, und zwar ganz durch. Die Rückseite von Bild 71 b zeigt regelmäßigen Spaltkeil in beiden Ecken beginnend.

Bild 71 c zeigt oben zwei Zapfen, die infolge von zwei Höhlungen in der Druckplatte ungedrückt blieben und sich scharf von der übrigen mit Gips abgeglichenen Druckfläche abheben. Es handelt sich um den unversehrten unteren Teil der Stütze Bild 62 a aus einem Kreuzholz, bei dem die Sprengkopfbildung sich nicht gleichmäßig entwickeln konnte; die sichtbaren zwei Spalt-
risse beginnen in dem Jahrring, der in der Mitte der zwei

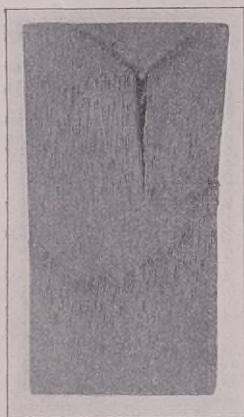


Bild 71 a. *Ostind. Teak g₁*.
Jahrringe parallel Bildebene.

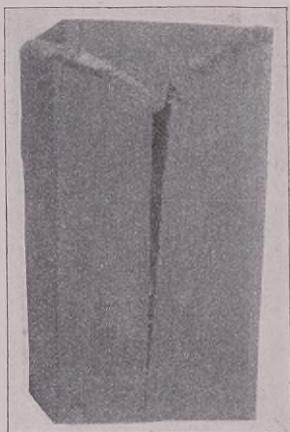


Bild 71 b. *Ostind. Tiek g₂*.
Jahrringe wie neben. Der Riß
im Spiegel ist oben durchsichtig.



Bild 71 c. *Fichte*.

Seitenflächen von Bild 70 c endet. Die weitere Zerstörung erfolgte durch Stauchung in den Längsfasern oben und unten sowie durch Bartbildung unten.

Bei Kreuzhölzern, oder allgemeiner bei Holzproben, deren Jahrringe mehr oder weniger schräg zu den Seitenflächen liegen, entsteht häufiger ein:

3) Bruch durch Bildung schiefer Gleitflächen mit oder ohne Spaltflächen. Rudeloff fand dies für Buchenklötze, B. M. 1901, 5, S. 295; nach unseren Versuchen

trifft es sowohl bei harten Laubhölzern als bei dichten Nadelhölzern zu. Die Gleitflächen sind aber häufig ziemlich flach, wie schon Bild 71c zeigt. Spröde Laubhölzer mit krummlinigen Fasern, wie z. B. das S. 195 erwähnte *Bilinga*, zeigen manchmal (infolge Spaltbildung) einen Absatz mitten in der Gleitfläche (Bild 71d), oder ein Aufspalten nach einer der krummen Fasern (Bild 71e); andere *Bilinga*proben spalteten sich bei der Belastung auf und zerfielen, so daß sie geringere Bruchlasten ertrugen

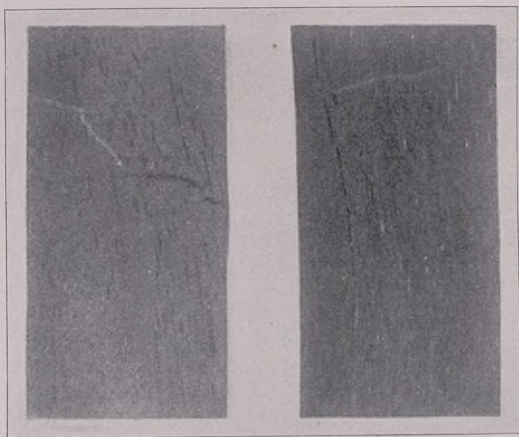


Bild 71 d. *Bilinga*. Bild 71 e.

als nach dem dichten Bau und der Schwere dieses Holzes zu erwarten war, das eben Neigung zur Bildung krummer Fasern zu haben scheint (ich konnte kein einziges geradfaseriges Stück antreiben) und dabei um so spröder ist, je trockener das Holz, so daß eine Darrprobe ganz überraschend geringe Festigkeiten ergab, weil sie mit Knall zerprang. In Liste XIII sind für eine Reihe von Hölzern unserer tropischen Kolonien sowie von Tiekhölzern und Jarrah die Druckergebnisse zusammengestellt (mit Verweisen auf die Seitenzahlen, wo sie beschrieben sind), die alle durch Bildung von Gleitflächen oder Stauchungen zerstört wurden.

Liste XIII.

Holzart	Beschrbg. s. Seite	Feuchtig- keit in $\frac{0}{100}$	r_n	r_0	σ''_n in at	$\frac{\sigma''_n}{r_n}$	Bemerkungen
Bilinga. . . .	195	17,3	0,752		495	660	S. Bild 71 d.
"	195	17,2	0,795		566	710	" " 71 c.
"	195	17,5	0,786		417	533	
"	195	0	0,731		331	453	Einzelne
Afzelia. . . .	195	0	0,761		1137	1500	Splitter
"	195	0	0,760		1130	1500	sprangen
"	195	28,9	0,938		712	760	aus.
"	195	30,7	0,926		604	654	S. Bild 84 b.
Bang	194	25,2	0,633		412	650	
"	194	15,2	0,584		444	760	
"	194	0	0,568		897	1580	
"	194	0	0,590		829	1308	
Njabi	195	0	0,798		1188	1490	
"	195	0	0,743		1232	1640	
"	195	18,7	0,796		511	643	
"	195	18,7	0,845		606	717	
Ostind. Tiek	145	18,5	0,668		455	682	
" "	145	0	0,597		924	1580	
" "	145	20,8	0,688		455	662	
" "	145	0	0,580		854	1470	
" "	145	0	0,597		924	1550	
" "	145	16,7	0,680		402	591	S. Bild 84 b.
Java.	146	23,8	0,713		391	550	
"	146	17,0	0,695		588	846	S. Bild 84 c.
"	146	0	0,620		1126	1820	
"	146	0	0,585		933	1495	
"	146	13,2	0,676		603	893	
"	146	26,6	0,748		482	646	
"	146	20,0	0,632		427	676	
Jarrah, luftr.	186	10,0	0,875		750	860	
" naß	186	50,0	1,007		402	398	

Man sieht, daß $\frac{\sigma''_n}{r_n}$ sehr stark wechselt, da r_n mit n steigt, σ''_n aber fällt. Die Ermittlung von $\frac{\sigma''_{15}}{r_{15}}$ erfordert mehr Zeit und Versuche, als mehr gegenwärtig zur Verfügung stehen, s. auch Bild 86 a.

Für Rotbuche seien noch die Mittelwerte von Schwappach a. a. O.¹⁴), Bd. II, S. 49, mitgeteilt, und zwar $r_t = 0,967$ und $\sigma_b'' = 540$ at.

Daß das Alter des Baumes von Einfluß auf die Druckfestigkeit ist, hat er wenigstens für Rotbuche derart festgestellt, daß ein im Alter von 80—100 Jahren gefällter Stamm das festeste Holz liefert. Bei höherem Alter nimmt σ'' (und r) zuerst langsam, dann ziemlich rasch ab.

Für unser Kiefernholz fand Schwappach ebenda S. 38:

$r_t = 0,49$, $\sigma_t'' = 450$ at, Schwindmaß 11 u. 12 0/0,

für Weymutkiefer dagegen (s. S. 112):

$r_t = 0,37$, $\sigma_t'' = 420$ at, Schwindmaß 9 0/0,

für Fichtenholz (S. 69) auf besseren Standorten:

$r_t = 0,46$, $\sigma_t'' = 460$, Schwindmaß 13 0/0,

wonach Liste V (S. 117) ergänzt werden kann.

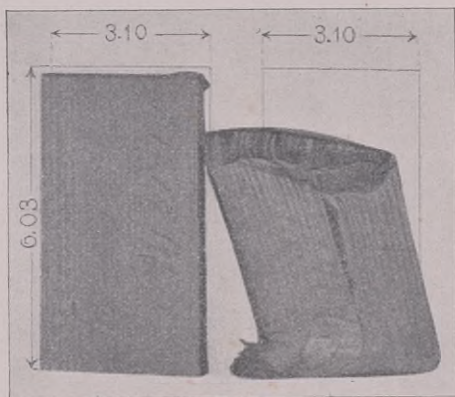


Bild 72a. *Fichte*. Bild 72b s. S. 276.

Lufttrocken. (Kreuzhölzer) naß zerdrückt.

c) Bartbildung an den Köpfen. Diese Zerstörungsart kam nur bei Nadelhölzern vor, wovon Bild 72a, b und d Beispiele zeigen, bei denen die Jahrringe schräg zu den Seitenflächen lagen. Es ergab sich für diese drei Fichtenholzproben:

Liste XIV. Bartbildungen.

		n in ‰	r_n	σ_n in at
Bild 72 a	Fichte, trocken	12,7	0,461	452
" 72 b	" naß	72,0	0,618	183
" 72 d	" sehr trocken	11,0	0,475	577

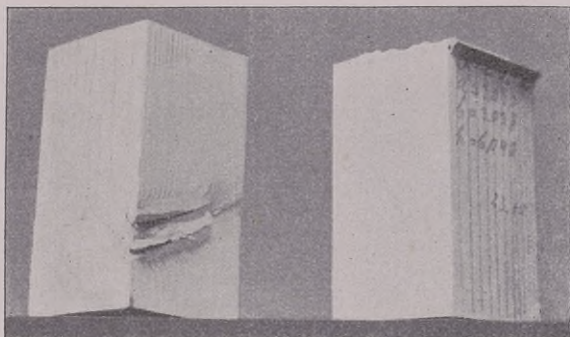


Bild 72 c.

Fichte.

Bild 72 d.



Bild 72 e. *Fichte.*

d) Einfluß von Aesten: Je nach der Lage der Aeste entstehen entweder Ausbauchungen 72 c oder Faltungen 72 e, die die Festigkeit wesentlich beeinträchtigen, wie folgende Liste zeigt.

Liste XV. Einfluß von Aesten.

Holzart	Bild	n in 0/0	r_n	σ'' in at	
				mit Aesten	ohne Aeste
Buche	—	12	—	523	752
Fichte	72 a	11	0,475	452	495
„	72 c	11,3	—	257	370
„	—	12,3	—	436	527
„	—	12	—	484	497

Die letzte Spalte enthält die Zahlen der Druckfestigkeiten σ'' aus benachbarten geradfaserigen und astfreien Stammteilen. Es zeigten sich bei unseren Proben die Schwächungen durch solche starke Aeste wesentlich größer als bei Wijkander, der vermutlich nur kleinere Astproben benutzte und daher für so kurze Vierkante keine nennenswerte Schwächung fand, B. M. 1899, 4, S. 185, s. a. die Bemerkungen für lange Stützen. Bild 62 u. S. 220.

Anmerkung: Warren hat neben Vierkantproben auch Rundholzproben mit $h/d = 2\frac{1}{2}$ bis 3 gemacht; er findet die Festigkeit letzterer bei australischen Harthölzern teils größer, teils kleiner als bei Vierkanten. Nähere Angaben fehlen aber in dem Auszug¹¹⁶⁾, und seine ausführlichen Veröffentlichungen sind mir nicht zugänglich; in Liste VII, S. 184, und in Bild 86b sind seine Zahlen für ostaustralische Hölzer mitgeteilt.

Die Meßbilder (bisher Diagramme oder Schaubilder genannt) zu Druckversuchen in der Längsrichtung von Würfeln und Vierkanten verlaufen fast durchweg wie Bild 73, das von einem Fichtenwürfel aufgenommen wurde. Wird nicht längere Zeit vorher belastet, so steigt die Dehnlinie anfänglich fast lotrecht an, bis alles gut anliegt, geht dann in eine sehr schlanke Kurve über, die man bis zu etwa $\frac{3}{4}$ der Scheitelhöhe B fast als Gerade ausgleichen kann (der sogenannten P -Grenze), neigt sich dann bis zur stärksten erreichbaren Belastung, Bruchlast etwas stärker und bleibt nun bei weichen Hölzern eine Strecke weit (hier BC), fast wagrecht, bei spröden Hölzern fällt sie meist scharf ab und zeigt beim Weiterücken mehr oder weniger schrägen Verlauf, der hier nicht verfolgt ist. Vielmehr

¹¹⁶⁾ The Builder 1912 II, S. 518/20.

haben wir gemäß der Anregung von Percy W. Smith¹¹³⁾ versucht, die Wiederausdehnung nach der Entlastung zu bestimmen, indem wir nach seinem Vorgang zunächst rasch, aber gleichmäßig, den Gesamtdruck bis auf $\frac{3}{4}$ verringerten und dann möglichst plötzlich völlig entlasteten. Smith will hierbei den durch gestrichelte Linien angedeuteten Verlauf der Dehnlinie erhalten haben, wobei zu bemerken, daß seine Prüfmaschine elektrisch angetrieben ist und gleichmäßige wie plötzliche Veränderungen der

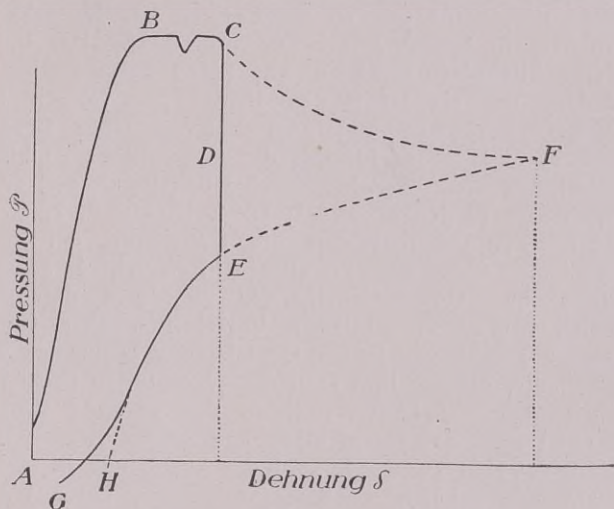


Bild 73.

Pressung gestattet. Bei unserer 30 t-Pressen von Amsler mit Handkurbelantrieb läßt sich beides nicht so sicher ausführen; wir erhielten daher nicht die Spitze F, sondern die ausgezogene Linie CDE, die zuerst fast lotrecht, dann etwas schräg nach links verläuft. Erst bei E tritt völlige Entlastung ein, und dann dehnt sich der Körper wieder stark aus, was die Kurve EG ergibt, die beim Abheben der Druckplatte vom Probekörper noch unter die Grundlinie hinabzieht, weil unsere Schnellmesser nicht die Bewegung der Druckkörper, sondern der oberen Druckplatte anzeigen, vgl. oben, während bei Smith sich die

Linie *FEH* ergibt, so daß *AH* die bleibende Zusammen-
drückung darstellt und zeigt, daß trotz der Bruchbelastung
den nicht zerstörten Holzfasern noch sehr viel Federkraft
innewohnt.

c) Druckversuche quer zur Faserrichtung
sind für unsere Bauverbände von großer Wichtigkeit, leider
aber vom Weltverband gar nicht gefordert. Daß die
Querfestigkeit wesentlich kleiner ist als die Längsfestig-
keit, lehrt schon das Gefühl, besonders bei Nadelhölzern,
deren Bau dafür um so ungünstiger ist, je mehr das
Frühholz in breiten Jahrringen vorherrscht. Das wußten
unsere Altvordern recht gut und haben daher Fehler ver-
mieden, wie sie im letzten Drittel des vorigen Jahr-
hunderts vorkamen und zum Einsturz eines Brücken-
gerüsts in München führten, der gerichtlichen Anlaß zur
Ausführung von Versuchen durch Föppl gab, und dessen
Ergebnisse in den M. M.¹¹⁷⁾ 1904, H. 29, S. 7/25, sich
finden. Föppl betont dort die Unkenntnis der jungen
Ingenieure über den gewaltigen Unterschied zwischen
Längs- und Querfestigkeit, der allerdings durch das
Fehlen besonderer amtlicher Vorschriften über die zu-
lässigen Pressungen in der Querrichtung begünstigt wird,
und Leute, die auf ihre statischen Kenntnisse pochen, in
denen aber vor lauter Rechnen das gesunde statische
Gefühl nicht zur Entwicklung kam — an dieser Krank-
heit leidet zum Teil heute noch die Ausbildung in unseren
technischen Schulen — dazu verleiteten, unter Wasser
liegende Schwellen auf Querfestigkeit ebenso stark zu
belasten wie trockene Ständer derselben Holzart auf
Längsfestigkeit, trotzdem schon ältere Versuche über
deren großen Unterschied vorlagen und von Winkler
a. a. O.¹⁰⁹⁾ S. 22 zusammengestellt, wenn auch meist
etwas zu hoch angegeben sind. Es macht nämlich bei der
Querfestigkeit einen wesentlichen Unterschied, ob ein quer-
gedrückter Holzklotz nur die Länge und Breite des darauf

¹¹⁷⁾ M. M. ist Abkürzung für Mitteilungen aus dem
mechan.-techn. Laboratorium der Kgl. Techn. Hochschule
München, begründet von Bauschinger, der H. 1 bis 23 schrieb,
fortgesetzt von Föppl, H. 24 ff.; ebenso bedeutet B. M. =
Berliner Mitteilungen, Z. M. = Züricher Mitteilungen.

drückenden Ständers hat oder — was häufiger vorkommt — größere Abmessungen zeigt als der Ständer. Ein gesundes Baugesühl erkennt dies ohne weiteres, nicht aber der „öde Rechner“, der eine Zeitlang im Bauwesen so sehr überschätzt worden ist ¹¹⁸⁾. Wir müssen also unterscheiden zwischen

- a) Vollbelastung eines Holzklotzes über seine ganze Querfläche,
- β) Teilbelastung einer Schwelle über das Mittelstück ihrer Querfläche.

Zu α) liegen schon mehr Versuche vor als zu β), doch sind auch diese noch nicht erschöpfend. Zwar kennt man den großen Unterschied in der Querfestigkeit für die drei Belastungsfälle Bild 74a—c, das aus B. M. 1899, 4, S. 186, entnommen, dort aber nur für Biegversuche verwertet ist, schon länger; Zahlenangaben sind aber nur spärlich vorhanden und für das Bauwesen auch nicht ausreichend, da es sich bei Schwellen und Sattelhölzern meist um Vollbalken handelt, bei denen alle drei Fälle a—c zusammenwirken:

Für Vollbalken gibt Föppl je sechs Zahlenwerte an, deren Mittelwerte folgende sind:

	Längs- festigkeit in ^{at}		Querfestigkeit in ^{at}			
			Quetsch- grenze		Last für 10 % Zusammen- drückung	
	trocken	naß	trocken	naß	trocken	naß
Für Fichten- würfel in ^{at}	249	193,2	26,3	22,45	29,8	25,6
Verhältniszahlen	100	78	100	85	100	86

¹¹⁸⁾ Vgl. meine beiden Aufsätze in der „Deutschen Bauzeitung“ 1891, S. 563 über „Wissenschaft und Wirklichkeit im Bauwesen“ und 1899 S. 391 bis 523 über „Die Techniker und ihre Hochschulen am Schluß des 19. Jahrhunderts“, dessen meiste Vorschläge erst in jüngster Zeit durch den Verein Deutscher Ingenieure vertreten worden sind, freilich mit einer Häufung des Lernstoffs, welche meiner Verwarnung vor einer Ueberfütterung nicht genügend Rechnung trägt.

Trocken bedeutet hier Lufttrockenheit, also wahrscheinlich $n = 15\%$, für naß ist leider kein n in $\%$ angegeben, auch kein Abwägen erfolgt, sondern nur gesagt, daß diese Würfel vor der Prüfung drei Tage ins Wasser gelegt wurden, wobei man durch allmählich tieferes Eintauchen eine möglichst vollständige Wassersättigung herbeizuführen suchte.

Schade, daß diese Unbestimmtheit keinen anderen Schluß auf den Grad der Abminderung der Querfestigkeit durch Nässe ziehen läßt als den, daß die Abminderung in der Querfestigkeit annähernd verhältnismäßig ist der in der Längsrichtung, daß also in beiden Fällen die Querfestigkeit von Fichtenholz annähernd $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{9}$ der Längsfestigkeit beträgt.

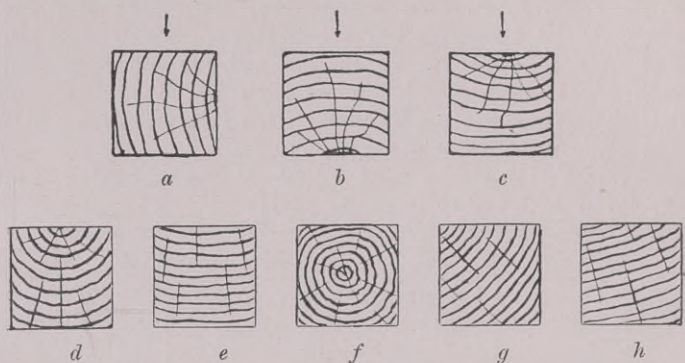


Bild 74.

Föppl findet aus anderen Versuchen annähernd $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{11}$ bei Fichtenholz, dagegen bei Eichenholz fast $\frac{1}{3}$. Auffallend ist aber, daß er bei Eichenholz für Belastung in der Richtung der Jahrringe 142 at (Bild 74 a) und quer dazu $236,7 \text{ at}$ (Bild 74 b) findet, also bei Eichenholz quer zu den Jahrringen um 66% mehr als in ihrer Richtung; bei Eichenholz mit schräg liegenden Jahrringen fand er im Mittel nur 113 at . Dagegen fanden wir am 13. V. 13 bei lufttrockenem Bongosi, dessen $\sigma'_l = 737 \text{ at}$ war, $\sigma'_q = 537 \text{ at}$ bzw. 332 at , und am 7. VI. 13 bei gedarrtem Bongosi 353 at und 446 at , also Widersprüche, die von dem Sprödwerden

durchs Darren herrühren können; jedenfalls zeigt sich aber, daß Bongosi für Querdruck ganz besonders günstig ist.

Wegen der großen Gefäße in den Frühholzzonen ringporiger Laubhölzer, besonders der Eiche, hätte man erwarten sollen, daß sie sich ähnlich wie Nadelhölzer verhalten, d. h. in der Richtung der Jahrringe beträchtlich widerstandsfähiger seien als quer dazu. Föppl erklärt sein gegenteiliges Ergebnis dadurch, daß bei dem Probestück 74 a die inneren Jahrringe sich abspalteten und herausgedrückt wurden, was bei größeren geschlossenen Stücken nicht der Fall gewesen wäre. Vielleicht haben die kräftigen Markstrahlen, die ja auch dem Sandstrahlgebläse so großen Widerstand leisten (vgl. Bild 40 b und c, S. 136/7) zu diesem Ergebnis mitgewirkt? Jedenfalls bedarf dies einer Nachprüfung, zu der mir gegenwärtig die Zeit fehlt. Bei Nadelhölzern ist zweifellos der Widerstand gegen Zusammendrückung in der Richtung 74 a größer als in 74 b bis e, folglich auch bei Vollbalken. Halbholzbalken, hochkantig gepreßt, werden sich daher einseitig ausbiegen, ebenso Querschnitte wie 74 g und h.

Meine eigenen Versuche erstrecken sich nur auf Würfel, die quer oder schräg zu den Jahrringen zerdrückt wurden.

Bild 75 a zeigt einen Kiefernwürfel, der lufttrocken auf 40 % zusammengedrückt wurde und dabei quer zu den Markstrahlen seitliche Risse und Herausdrückungen

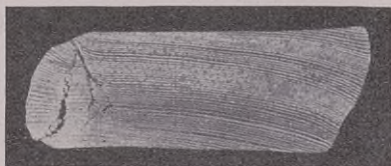


Bild 75 a. *Kiefernwürfel, trocken.*

zeigte, also Doppelkeilbildungen, die hier an Stelle der Doppelpyramiden von Betonwürfeln treten, wie schon bei den Sprengköpfen der Bilder 71 besprochen ist.

Die Quetschgrenze betrug $\sigma_q'' = 40 \text{ at}$ und war mit einer Verschiebung in den Jahrringen verbunden, die nur

auf der linken Seite zur deutlichen Doppelkeilbildung, rechts aber zum Ausbauchen führte, $n_b = 21,1 \text{ ‰}$. Da das zugehörige $\sigma'_l = 542 \text{ at}$, war $\sigma'_l : \sigma'_q = 542 : 40 = 13,3 : 1$.

Die Zusammendrückung geschah bis zu $2,78 \text{ cm}$, also um $4,29 \text{ cm}$; nach einer Stunde Entlastung ging die Höhe auf $3,1 \text{ cm}$ zurück, also auf weniger als die Hälfte der ursprünglichen Höhe von $7,07 \text{ cm}$.

Ein Eichenwürfel aus einem 200 Jahre alten Bau mit etwa 20° Neigung der Jahrringe gegen die Druckplatte zeigte starke Zusammendrückung erst bei $\sigma = 117$ bis 148 at , wobei eine geringe Zerstörung eintrat; hier war $\sigma'_q = \frac{1}{4} \sigma'_l$. Größe der Zusammendrückung etwa 1 cm .

Ein Rotbuchenwürfel von $7,07 \text{ cm}$ Kantlänge preßte sich bei $\sigma'_q = 126 \text{ at}$ um 1 cm zusammen, ohne Zerstörungen zu zeigen; nach fünf Stunden war die Zusammenpressung auf $0,31 \text{ cm}$ zurückgegangen; hier war $\sigma'_q = 0,24 \sigma'_l$.

Diese drei Klötze sind lufttrocken zerdrückt worden, der folgende aber naß.

Bild 75 b zeigt einen Kiefernwürfel mit kräftigen Spätholzringen, $6,2 \text{ cm}$ Kantenlänge und $r_t = 0,463$. Er

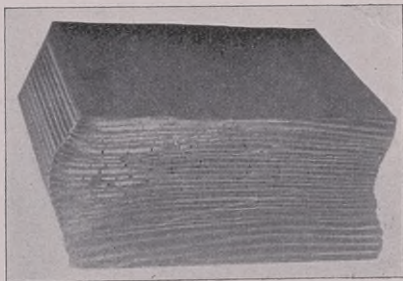


Bild 75 b. *Kiefernwürfel, naß.*

wurde in wassersattem Zustand zerdrückt bis zur Quetschgrenze $\sigma'' = 25,8 \text{ at}$ und erlitt hierbei eine Zusammenpressung auf $3,14 \text{ cm}$, konnte dann aber noch beliebig weiter zusammengedrückt werden, ohne daß sich Doppelkeilbildung zeigte, wohl aber Verschiebungen in den Jahrringen, die links zu Ausbauchungen, rechts zu

Einschnürungen führten. Er blieb unter der Presse bis zum Austrocknen und maß nach $\frac{1}{2}$ Jahr erst 3,2 cm Höhe.

Bild 75 c zeigt einen Jarrahwürfel, der ebenfalls quer zu den Jahrringen gepreßt wurde bis zur Quetschgrenze $\sigma''_q = 142 \text{ at}$, mit Zusammendrückung auf 3,39 cm

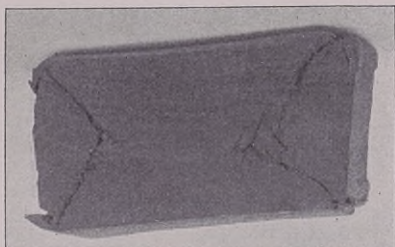


Bild 75 c. Jarrahwürfel.

und deutlicher Doppelkeilbildung auf beiden Seiten. Nach dem Entlasten ging die Zusammendrückung zurück auf 1,41 cm. $r_t = 0,895$, $n_e = 11 \frac{0}{10}$. Da dasselbe Holz $\sigma''_l = 750 \text{ at}$ ergab, war $\sigma''_l : \sigma''_q = 750 : 142 = 5,3 : 1$.

Einfluß der Feuchtigkeit auf die Quersammenpressung:

Ein Fichtenwürfel, naß, mit $n = 52,7 \frac{0}{10}$ quer zerdrückt, ergab $\sigma''_q = 25 \text{ at}$, also nur etwa $\frac{1}{12} \sigma''_l$; er preßte sich dabei von 6,08 auf 4,23, also um 85 cm zusammen, wobei viel Wasser ausgequetscht wurde und starker Harzgeruch bemerkbar war; letzteres besonders nach dem Entlasten, bei dem seine Höhe wieder auf 5,5 cm wuchs.

Er wurde dann nochmals in Wasser gelegt und mit der Handspindel der Amslerpresse wieder auf etwa 25 at gepreßt, wobei er sich auf 4,15 cm, also um fast 2 cm zusammendrückte. Nach dem Entlasten Rückgang auf 5,92 cm, also bleibende Zusammendrückung nur 0,16 cm. Das Aufquellen nach rascher Entlastung erfolgte so schnell und mit Wiederansaugung des ausgepreßten Wassers, daß dies als klarer Beweis gelten kann für den Satz S. 22, der auch durch Bild 68 erhärtet wird, daß der Wechsel

der Feuchtigkeit in den Zellwänden fast ausschließlich zur Erscheinung des Schwindens und Quellens führt, nicht aber der Wechsel des Wassergehalts im Innern der Zellen. Denn durch obiges Zusammenpressen wurde ja nur das Wasser aus dem Zellinnern herausgedrückt, nicht das der Zellwände. Letztere konnten also wohl durch äußeren Druck zusammengepreßt werden, behielten aber ihre Elastizität und schnellten nach sofortiger Entlastung fast auf die ursprüngliche Höhe zurück. Daß aber diese Wiederausdehnung nicht infolge des zurückgesogenen Wassers, sondern lediglich infolge Wiederausdehnung (Zurückfederung) der Zellwände stattfand, deren Hohlräume dann das ausgepreßte Wasser wieder ansogen, erhellt daraus, daß die Wiederausdehnung nach dem Entlasten aufhörte, sobald man die Probe so lange unter der Presse ließ, bis auch die Zellwände getrocknet waren, also zusammengeschrumpft blieben.

Diesen Versuch kann man bei weichem Fichtenholz mit vorherrschendem Frühholz sogar mittels einer gewöhnlichen Kopierpresse, die Spindelantrieb besitzt, machen, und wird überrascht sein über die rasche Wiederausdehnung nach der sofortigen Entlastung, die fast dem Aufquellen eines im Wasser zusammengedrückten und dann losgelassenen Badeschwammes gleicht.

Auch bei Zusammendrückung nasser Weichhölzer in der Längsrichtung der Fasern treten ähnliche Erscheinungen auf, nur sind hier stärkere Pressungen nötig, als sie mit einer Kopierpresse ausgeübt werden können. Bild 72 a und b zeigen zwei Fichtenstücke, die auf Längsdruck geprüft wurden, s. Liste XIII und zwar 72 a in lufttrockenem Zustand mit Bartbildung und ganz geringem Rückgang auf 5,60 cm nach der Entlastung, also 0,43 cm bleibender Zusammendrückung; Bild 72 b dagegen wurde in wassersattem Zustand ($n = 72 \text{ ‰}$) gepreßt, wobei die Zusammendrückung 1,44 cm betrug. Dieses Vierkant schnellte trotz seiner starken Zusammenpressung mit Bartbildung, Aufspalten und Schiefdrücken nach sofortiger Entlastung wieder ziemlich weit zurück. Erst durch Dauerpressung bis zum Austrocknen konnte es im zusammengepreßten Zustand, den Bild 72 b zeigt, festgehalten werden auf 4,59 cm Höhe.

β) Querfestigkeit bei nur teilweiser Belastung der Querfläche.

Dieser Fall tritt sehr häufig ein bei Eisenbahnschwellen sowie bei Sattelhölzern von Stützen und wurde bisher in unseren Lehrbüchern zu nebensächlich behandelt, vgl. S. 270. In diesen Fällen erstreckt sich stets das gedrückte Querholz weit über den Stützenquerschnitt, während die Breite entweder bei beiden übereinstimmt oder beim Querholz größer ist als die Stützenbreite, nur ausnahmsweise auch mal kleiner. Letzteres findet manchmal bei Rundstützen für Gerüste statt, ist aber im allgemeinen nicht zu empfehlen. Immerhin dürfte die Tragfähigkeit der Schwellen bei Rundholzstützen größer sein, als bei Vierkantstützen.

Das übliche Zapfenloch in dem Querholz hält Föppl bei der Berechnung der zulässigen Belastung für vernachlässigbar, was aber besonders im letzterwähnten Falle zu weit geht und nur angeht, wenn die Schwelle beträchtlich breiter als die Stütze ist.

Anmerkung: Uebrigens sind solche Zapfenlöcher überhaupt nicht empfehlenswert und sollten dort, wo Schlagregen in sie eindringen kann, für Dauerbauten im Freien ganz vermieden werden. Man ersetzt sie überall dort, wo kein Schutz gegen Verdrehungen der Stütze erforderlich ist, zweckmäßiger durch Rundeisendollen (Bild 76 a), die ja überall billig zu haben und sehr viel rascher und genauer schließend anzubringen sind, besonders wenn sie in Asphaltteer getaucht sind, also dichten wasserabweisenden Schluß bewirken. Werden Eisenbleche als Zwischenlagen gewählt, was sehr zu empfehlen, so sind auch in ihnen Dollenlöcher leichter auszustanzen als Zapfenlöcher. — Wo Schutz gegen Verdrehung nötig, müssen zwei Dollen statt eines einzigen eingesetzt werden.

Man hat aus Föppls Versuchen den Schluß ziehen wollen, daß, wenn b die Breite der Stütze, B die der Schwelle sei und σ_q'' die zulässige Querfestigkeit (Würfelfestigkeit) des Schwellenholzes, man für die Schwelle setzen dürfe:

$$\sigma_{zul}'' = 1\frac{1}{2} \text{ bis } 2 \sigma_q'' \text{ falls } B = b \text{ und}$$

$$\sigma_{zul}'' = \frac{B^2}{b^2} \cdot \sigma_q'' \text{ falls } B > b,$$

wobei also von der Länge der Schwelle nur die Strecke B , die Dicke der Schwelle aber gar nicht berücksichtigt ist, die doch beide auch von Einfluß sind. Föppl

deutet a. a. O.¹¹⁷⁾ S. 8 an, daß eine bestimmte Dicke der Schwelle einen Größtwert der zulässigen Belastung liefere, weil bei größerer Höhe die Gefahr starker Zusammendrückung und des seitlichen Ausweichens der Fasern sich mehre, wenn auch wegen der schrägen Druckverteilung durch die Schwelle eine größere Auflagfläche, also geringerer Gegendruck in at erzielt werde. Die Auffindung dieser günstigsten Dicke der Schwelle dürfte aber eine sehr zeitraubende und von der Holzart, der Jahrringbeschaffenheit und dem Verhältnis h/b stark abhängig sein. Daß auch noch eine Reihe anderer Einflüsse in Betracht kommt, zeigen nachstehende Versuche:

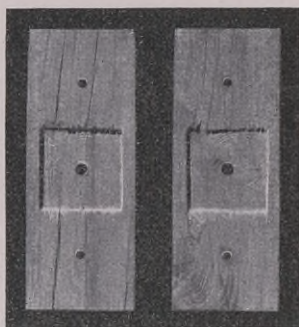


Bild 76 a.

Draufsicht der zwei Eichenrähme zu Bild 62 a und b, in die sich die sie tragenden Fichtenstützen eingepreßt haben, und zwar um $2\frac{1}{2}$ —6 cm bei 27^t Belastung; Schwellabmessungen $15 \times 15 \times 40$ cm. Stützenquerschnitt $11,5 \times 11,5 = 132 \text{ cm}^2$, also mittleres $\sigma' = 204 \text{ at}$. Das ungleiche Eindringen rührt von dem Ausknicken der Stützen her, deren Seitenansicht Bild 62 a und b, S. 222, zeigt.

Bild 76 a zeigt einen Eichenklotz von $15 \times 15 \times 40 \text{ cm}$ Abmessungen, der in der Anordnung Bild 62 a gedrückt wird durch eine Fichtenstütze mit $b^2 = 11,5 \times 11,5 \text{ cm}$ Querschnitt. Man sieht, daß sich die Ränder bei im Mittel 204 at Belastung scharf eingedrückt haben und außerdem Längsrisse entstanden sind, die bei weiterer Steigerung der Belastung, d. h. wenn die Stütze nicht vorher gebrochen wäre, zur Zerstörung der Schwelle

durch Stauchung und Aufspalten geführt hätten. Ob letzteres bei größerer Länge der Schwelle vermieden worden wäre, ist noch zu untersuchen, aber nicht wahrscheinlich, da die Hauptspalten gar nicht bis zum Ende des Klotzes reichen. Jedenfalls ersieht man, daß dieses Spalten durch zwei Querbolzen sich verhüten ließe, ebenso daß das Einfressen der Stütze in die obere Fläche durch Einschalten von dünnen Eisenblechen von der Größe $B \times B$ wesentlich länger sich hätte verzögern lassen.

Anmerkung: In Bild 87 d S. 336 ist $B = b$ bei einem Sattelholz aus Rotbuche mit Zapfenloch. Auch dort hätte sich die Eindrückung des Stützenkopfes durch Dollen statt Zapfen und eiserne Unterlagscheibe wesentlich verringern lassen; σ''_q betrug dort nur 121,5 at.

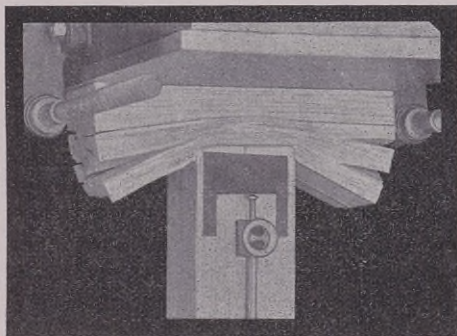


Bild 76 b. *Sattelholz und Stütze aus Fichte.*
Versuch v. 26./3. 1908.

Bild 76 b zeigt ein fichtenes Sattelholz mit $B = b = 13 \text{ cm}$, $L = 40 \text{ cm}$ und $H = 13 \text{ cm}$. Die Stütze $13 \times 13 \text{ cm}$ konnte gar nicht bis zum Bruch belastet werden, weil die Hubhöhe des Druckkolbens nur ausreichte, um das Sattelholz um $5,5 \text{ cm}$ zusammenzupressen; die Stütze drückte sich in das Sattelholz so ein, daß es in der Mitte nur noch $7,5 \text{ cm}$ Höhe hatte, während seine Enden sich aufspalteten, sowohl in der Dicke als in der Quere. Um letzteres zu verhindern, wurden bei einem zweiten Ver-

such, Bild 76 c, je zwei Schrauben auf jeder Seite 7 cm tief eingetrieben, welche zwar das Einfressen der 13 cm-Stütze bei 79^{at} Pressung auf 4,33 (statt 5,5) cm verminderten, ebenso die Größe des Aufklaffens, letzteres aber

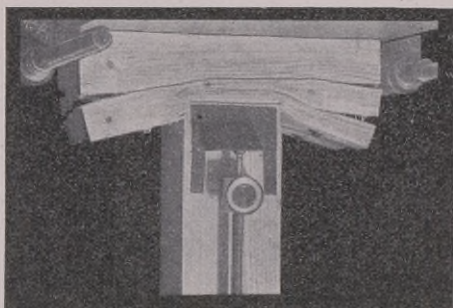


Bild 76 c.

doch nicht ganz verhindern konnten. Das gleiche gilt von einem weiteren Versuch, bei dem noch eine dritte Schraube von 10 cm Länge weiter außen eingetrieben wurde.

Bild 76 d endlich zeigt kräftige Eisenbänder; aber auch diese konnten das Aufklaffen nicht verhindern; weil eben die örtliche Zusammenpressung am Stützenkopf zu groß war; sie betrug bei 122^{at} Pressung 6,3, bei 182^{at} 7,8 cm, d. h. mehr als die Hälfte der ursprünglichen Höhe von 13 cm. Die Stütze spaltete bei 188^{at} Pressung oben auseinander. Aus ihren im Eiskeller aufbewahrten heilgebliebenen Resten wurden Würfel und Vierkante hergestellt, deren Druckfestigkeit 399^{at} betrug (Bild 71 c).

Anmerkung: Föppl hat ähnliche Versuche mit Belastung von 30 cm langen Schwellenabschnitten durch Schienen von 10 cm Breite gemacht und bezeichnet deren Ergebnisse als „Schwellenfestigkeit“, die er etwa doppelt so groß fand wie bei Würfeln. Er gibt aber keine Abbildungen und sagt auch nichts über das Aufspalten, sondern bedauert nur, daß er nicht noch längere Schwellenstücke benutzen konnte.

Durch Anwendung von Kopfbügen, wie bei Bild 87, hätte sich vielleicht dieses Aufklaffen vermeiden oder

örtlich beschränken lassen. Ich verzichtete aber zunächst auf solche Versuche; denn aus den bisherigen ergeben sich klar die folgenden Ergänzungen zur Regel 6 S. 246:

1. Stößt ein Langholz, das bis zur zulässigen Druckgrenze beansprucht werden soll, auf ein Querholz gleicher Sorte, so treten bei letzterem starke Querverdrückungen und Spalt-
risse ein; es muß daher durch Einschalten einer Zwischenlage aus härterem Holze und womöglich auch noch durch eine Blecheinlage zwischen diesem und dem Langholz für beträchtlich geringere Querpressung gesorgt werden. Bei Nadelholz darf dieser Querdruck im allgemeinen nur $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{10}$ der Langholzpressung betragen, dagegen bis zu $\frac{1}{4}$ der Nadelholzlängspressung, wenn die Schwelle aus deutschem Hartholz besteht; bei Bongosi bis zu $\frac{2}{3}$.

2. Eisenblecheinlagen am Kopf und Fuß der Stützen und Eisendollen an Stelle der üblichen Verzapfungen sind stets zu empfehlen auch bei Hartholzschwellen; bei kurzen hochkantigen Schwellenklötzen unter Umständen auch noch Querbolzen zum Schutz gegen Aufspalten in der Längsrichtung. Ueber den Einfluß der Kopfbüge siehe im Abschnitt V.

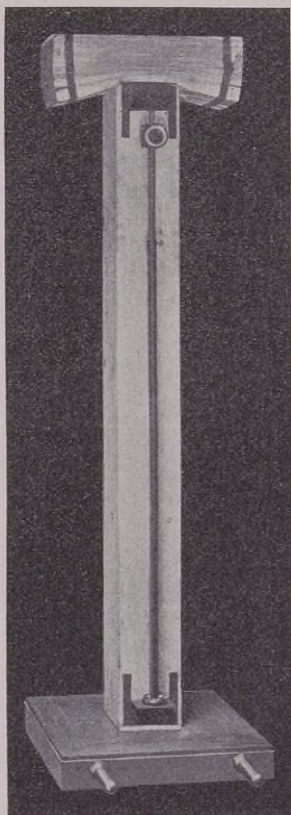


Bild 76 d.

B. Zugversuche.

Diese sind bei Holz besonders schwierig auszuführen, weil dabei häufig ein Ausschlitzen, d. h. Ueberwindung der Scherfestigkeit vor dem Zerreißen eintritt, und zwar sowohl bei weichen als bei Harthölzern.

Der Weltverband sagt: „Zur Ermittlung der Zugfestigkeit dienen Flachstäbe; sie sind am besten aus Spaltstücken so herauszuarbeiten, daß die Breitseiten entweder senkrecht oder tangential zu den Jahrringen stehen. Die Dicke der Stäbe soll 1 cm, die Breite mindestens 2 cm und die Versuchlänge 22 cm betragen.“

Erläuterungen dazu fehlen ganz; sie werden von Rudeloff in B. M. 1899, 4, S. 182, gegeben. Zuerst glaubte man, mit Rundstäben am besten zu fahren, die aber fast alle durch Ausschlitzen d. h. Abscheren zugrunde gingen und daher eher als Probestäbe für Scherfestigkeit im Jahrringumfang gelten können. Da aber auch die älteren Flachstäbe selten befriedigten, ging Warren für seine Versuche mit australischen Harthölzern wieder zu Rundstäben über und scheint damit zufrieden zu sein, was aber nur für die Eucalyptusarten mit ihrer ungewöhnlich großen Scherfestigkeit zutrifft. Er soll übrigens neuerdings doch wieder zu Flachstäben übergegangen sein, vgl. a. a. O.¹¹⁶⁾, S. 519, und fand durchschnittlich $\sigma'_l = 1\frac{1}{2}$ bis $2 \sigma'_l$, während Andere bis zu $3 \sigma'_l$ erhielten. Ob es sich hier nicht um Zugholz einseitig gewachsener Stämme handelte? Vgl. S. 215.

Bauschingers Form flacher Probestäbe ist zwar bewährt und daher bis heute am häufigsten verwendet, allein ihre Herstellung ist sehr schwierig und zeitraubend, wenn Beschädigungen vermieden werden sollen. Wir strebten daher nach Vereinfachungen und gelangten nach den verschiedenen durch Bild 78 und 79 dargestellten Versuchen schließlich für Weichhölzer und sehnige Harthölzer zu der Anordnung Bild 77 mit den eingeschriebenen Maßen, die von den Weltverbandforderungen ziemlich abweichen. Der Zerreißquerschnitt wurde auf $0,8 \times 1,2 = 0,96 \text{ cm}^2$ verringert, Reißlänge auf 6 cm, was allerdings für die Messung der Federung etwas kurz ist; doch können für letzteren Zweck glatte Vierkantproben benutzt werden, falls man nicht bis zur Zerreißgrenze messen will. Die

Preßköpfe wurden möglichst kräftig gewählt, in der Dicke aber derart beschränkt, daß sie nicht allzu stark zusammengepreßt werden; wodurch die Längsfasern verbogen würden; ihr Querschnitt ist $1,4 \times 3,8 = 3,92 \text{ cm}^2$, ihre Länge möglichst groß, 13 cm. Außerdem wurde darauf geachtet, daß die Jahrringe möglichst rechtwinklig zu den Klemmbackenflächen lagen, was besonders für Weichhölzer wichtig ist. (Die andere Möglichkeit, die Jahrringe parallel zu den Klemmbackenflächen zu legen,

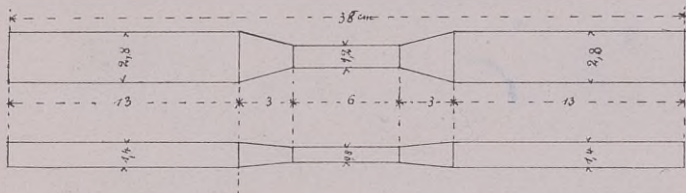


Bild 77.

ist für Nadelhölzer mit breiten, vorherrschend Frühholz enthaltenden Jahrringen ganz unbrauchbar.) Die Herstellung würde sich beträchtlich vereinfachen lassen, wenn man auf eine Verdickung der Stäbe zwischen den Klemmbacken verzichten, sie also nur erbreitern würde. Wie aber Bild 78b zeigt, führt dies selbst bei Harthölzern (dort Rotbuche) nur zum Ausschlitzn, bei Weichhölzern auch noch zum Verbiegen der Fasern und daher vorzeitigem Abreißen derselben. Ja, bei besonders weichen Hölzern genügt nicht einmal Form 77 gegen das Ausschlitzn; wir mußten schließlich bei langfaserigen Hölzern seitlich noch eine Reihe von Nägeln einschlagen, um das Abscheren zu verhüten, ein Mittel, das sich vorher schon bei Bauverbänden bewährt hatte, wie die Bilder 95 d ff. zeigen. In Bild 79f₂, das eine Seitenansicht der Normalform darstellt, sind diese Nägel sichtbar.

Nur bei kurzfasrigen Harthölzern, wie manchen Eichen- und Tieksorten, Bild 78a und d, konnte man mit glatten Vierkantstäben auskommen. Bild 78c zeigt den Versuch, ein Weichholz (Fichte) flach zu bearbeiten und durch Aufleimen von Eichenfuttern zu verstärken, die nach innen dünn ausliefen. Man sieht aber, daß der

Bruch mitten durch diese Ausläufer ging, was das Ergebnis unbrauchbar machte.

Bild 78e zeigt eine Rotbuche, deren Meßstrecke sehr verkürzt und durch starke Einschnürung mit schlanker Ausrundung sowohl in der Breite als auch in der Dicke möglichst zum Reißen an der Einschnürstelle gezwungen werden sollte; sie hat dort nur $0,569 \text{ cm}^2$ Querschnitt

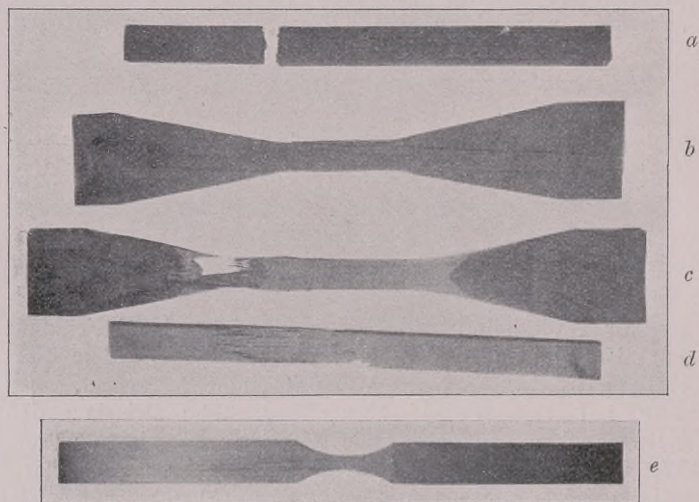


Bild 78.

a Eiche; b Rotbuche; c Fichte mit Eichenfurnier; d Fichte mit schräg verlaufenden Fasern; e Rotbuche durch Ausschlitzten zerstört.

gegen $3,6 \text{ cm}^2$ außen. Statt dessen erfolgte die keilförmige Abscherung, die weit in die Klemmbacken hineinreichte, so daß σ gar nicht bestimmt werden konnte.

Auf Bild 79 ist die Form 77 nur bei *a*, *e* und *f* genau eingehalten. Anfänglich wurden die Reißlängen 10 cm , die breiten Köpfe auch nur 10 cm lang gemacht, was aber in Bild 79d zum völligen Ausschlitzten führte und dann zur Aenderung der Abmessungen nach Bild 77 Anlaß gab. Es handelt sich um Fichten- und Kiefernstäbe, die möglichst gleichmäßig aus je einer geradfaserigen Bohle in der Spiegelrichtung herausgeschnitten sind, die aber

trotzdem die verschiedensten Bruchformen zeigen und auch sehr verschiedene Werte für σ' lieferten. Selbst bei den zwei seitlich genagelten Proben *e* und *f* reichen abgerissene Langfasern tief in die Klemmköpfe hinein. Der Grund für diese Verschiedenheit liegt darin, daß die

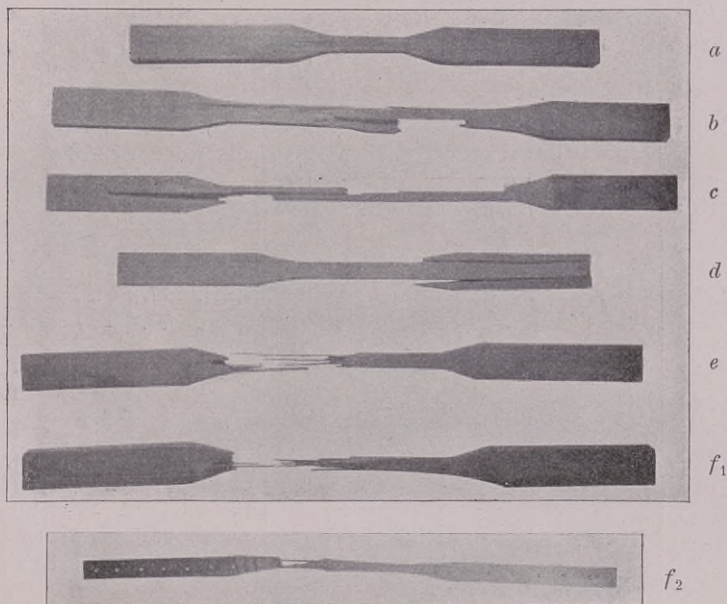


Bild 79.

a Altes Kiefernholz; *b* Fichte; *c* Fichte; *d* Fichte mit Harzgalle in der Mitte; *e* Kiefer; *f*₁ Kiefer; *f*₂ Seitenansicht zu *f*₁ mit Nägeln.

Fasern zum Teil nur in der Längsrichtung parallel der Oberfläche erschienen, in der Dicke aber oft schräg, ja fast diagonal liefen, ein Fall, der auch bei Bauausführungen häufig vorkommt und der Zugfestigkeit abträglich ist, da er zum schrägen Abscheren Anlaß gibt, vgl. Bild 78d, dessen $\sigma' = 267^{\text{at}}$ war. Letzteres geschieht auch bei versteckten Aesten, die die Zugfestigkeit noch stärker vermindern. Eine Zusammenstellung unserer Zugversuche folgt in Liste XVI.

Liste XVI.

Bei unseren Bildern 78 und 79 ergaben

Bild	Holzsorte	σ' in at	Form und Reißlänge l in cm
78 a	Eiche, kurzfaserig	385	wie Bild 78 a
	" "	456	" " 78 a
	" "	780	" " 78 a
	" "	727	" " 78 a
	" "	900	" " 78 a
	Java Tiek	900	" " 78 a
	Bong	900	" " 78 a
78 b	Buche	>1160	
	"	1090	
	"	>1580	
	Fichte	>1000	wie Bild 77, aber $l = 10$ cm
	"	922	" " 77, " $l = 10$ "
	"	747	
	"	443	vierkantig
78 d	"	367	"
79 b	"	566	wie Bild 77, aber $l = 10$ cm
79 d	"	> 787	" " 77, " $l = 10$ "
	Kiefer, äußeres Splintholz	700	" " 77, " $l = 10$ "
	" " "	929	" " 77, " $l = 10$ "
	" " "	1175	
	Kiefer, inneres Splintholz	791	
	" " "	902	
	" " "	838	
79 c	" " "	1040	
	" " "	676	
79 e	Kiefer, Kern	909	wie Bild 77, also $l = 6$ cm
	" "	1062	" " 77, " $l = 6$ "
79 f	" "	770	" " 77, " $l = 6$ "
79 a	" "	650	" " 77, " $l = 6$ "
	" "	1195	" " 77, " $l = 6$ "

Zugversuche.

sich folgende Werte für σ'_l in at:

Bruchbild	Bemerkungen
quer durch schrägfaserig quer durch kurzzackig quer durch Mitte zackig	Wurmgang führt durch den Bruchquerschnitt. minderwertiges Holz. ganz kurzfaseriger Querbruch.
" Bruch durch Ausschlitzen, daher $\sigma' >$ die errechnete Bruchlast. splitteriger Bruch wie Bild 78 b " " 78 b	lufttrocken, Zerstörung durch Ausschlitzen. naß, $n = \dots \%$, sehr naß, $n = \dots \%$. astig, Riß beim versteckten Ast. schrägfaserig und an den Klemmbacken stark zusammengepreßt. schrägfaserig.
durch Ausschlitzen	trotz Harzgalle in der Mitte der Meßstrecke dort nicht gebrochen.
schrägfaseriger Bruch, halb durch Gleiten; lufttrocken.	lufttrocken.
	trotz Bohrwurm und etwas blau geworden.
	naß $n = 41,5 \%$. lufttrocken $n = 10,3 \%$. " $n = 10,3 \%$. naß $n = \dots \%$. lufttrocken $n = 10,3 \%$. gedarrt $n = 0$. lufttrocken $n = 10,2 \%$.
Längsschlitz und Querbruch an der Einschnürstelle aus Kernmitte mit breiten Jahrringen und viel Frühholz. mit kräftigem Spätholz in engen Jahrringen.	

Man sieht, wie sehr die Zugfestigkeit abhängt von der Faserrichtung, die trotz anscheinend ganz geradfaseriger Bretter oft schräg verlief, ferner vom Auftreten versteckter Aeste, dem Alter, Kurzfaserigkeit und besonders vom Feuchtigkeitsgrad. Es erscheint daher namentlich im Hinblick auf Astigkeit, die bei Zugspannung viel ungünstiger wirkt als bei Druck, nicht geraten, die zulässige Zugspannung des Holzes für Bauten so wesentlich höher als die für Druck anzusetzen, wie neuere Schriftsteller nach den Ergebnissen mit tadellosen geradfaserigen Probestücken es befürworten.

Die Federung E_z (das Elastizitätsmaß für Zug) findet sich bei tadellosen Probestücken ebenfalls größer als für Druck, läßt aber durch Aeste noch viel stärker nach als bei Druck. Versteckte Aeste, die gegenwärtig häufig vorkommen (vgl. S. 230), mögen die Ursache für manche auffällig niedrigen Zahlen von E_z sein.

Die bis jetzt von uns vorgenommenen Messungen ergaben daher starke Schwankungen, auch scheint mit dem Alter ein starkes Nachlassen sowohl von E_z als von E_d zu erfolgen. Es seien nur einige unserer Meßzahlen hier mitgeteilt:

Liste XVII.

	E_z at	E_d at
Sehr altes Eichenholz (aus jahrhundertalten Bauten) sehr trocken.....	86 100	75 000
Desgl. sehr kurzfaserig.....	71 200	—
Sehr altes trockenes Kiefernholz.....	82 500	67 200
Sehr altes trockenes Kiefernholz.....	84 300	72 000
Mittelgutes frisches Eichenholz, sehr trocken, $n = 10\frac{1}{2}\%$	102 400	—
Gutes frisches Kiefernholz.....	174 200	145 200
Gutes Fichtenholz, sehr trocken.....	146 400	116 000
Gutes Buchenholz, sehr trocken.....	113 600	139 800
Gutes Bang (Chlorophora excelsa), S. 194.	123 800	—

Leider reichte die Zeit nicht zur Ausrechnung unserer zahlreichen Druckversuche mit Kolonial- und Tiekhölzern, man sieht aber schon aus Liste XVII, wie starke Unterschiede bei verschiedenem Alter, Wachstum und Feuchtigkeit, auftreten können, ferner daß E_z meist $> E_d$ ist. Winkler

fand als Mittel älterer Versuche für alle Holzgattungen E 110 000 ^{at} mit Spielraum zwischen 20 000 und 200 000 ^{at}.

Vespermann stellt a. a. O.⁸⁷⁾, S. 23/29, die neueren Angaben über Elastizität und Festigkeit zusammen; S. 37 finden sich Tiemanns Versuche über Longleaf pine und red spruce für verschiedene Feuchtigkeitsgrade, wonach eine sehr bedeutende Abnahme der Werte mit wachsender Feuchtigkeit stattfand; ferner Warrens Versuche vom Jahre 1887 für Eucalyptusarten, wonach E_z für Talgholz 189 000 ^{at}, für Grey Ironbark 385 000 ^{at} sein soll, während E_d für verschiedene Verhältnisse der Vierkantabmessungen h/b (vom 24/1 bis 4/1) stark wechseln und teils zu-, teils abnehmen soll, was vielleicht auf Mißverständnissen oder Druckfehlern beruhen mag; jedenfalls ist aber E_z stets $> E_d$.

Meßbilder von Zerreißversuchen sind deshalb schwierig aufzunehmen, weil, wie unsere Zerreißbilder zeigen, die Faserrisse sich bei langfaserigen Hölzern oft weit ins Innere der Klemmbanken hinein erstrecken und die Messungen außerhalb der Elastizitätsgrenze sehr unsicher werden. Wir haben daher vorerst auf deren selbsttätige Aufzeichnung durch die Prüfmaschine verzichtet.

Anmerkung: Die Behauptung von Metzger, daß Laubhölzer mehr auf Zugfestigkeit, Nadelhölzer mehr auf Druckfestigkeit gebaut seien (Botan. Zentralbl. 1910, 7, S. 16) und seine Begründung durch das Kleingefüge beider Holzarten, trifft jedenfalls in dieser Allgemeinheit nicht zu, auch nicht betreffs Elastizitätsgrenze.

Die Zugfestigkeit σ'_q quer zur Faserrichtung ist so gering, auch wegen Ringklüften und Spiegellrisen so unsicher, daß σ'_q zul. am besten $= 0$ gesetzt wird. Liste X.

C. Scherversuche.

Reine Scherversuche sind um so schwieriger auszuführen, je größer der Unterschied in Bau und Festigkeit der Früh- und der Spätholzzonen der Jahrringe ist, also besonders schwierig bei Nadelhölzern.

Der Weltverband fordert:

1. Der Scherversuch ist an vierkantigen Proben durchzuführen, und zwar einschnittig (nicht wie früher zweischnittig).

2. Er soll auf die Festigkeit im Spiegel τ_s und in der Wölfläche, d. h. im Umfang der Jahrringe, τ_u sich erstrecken (radial und tangential).
3. Der Angriff der Belastung soll stets vom Hirn aus erfolgen.
4. Die Scherbacken sollen nicht über 1^{cm} breit sein und ihre Druckflächen rechtwinklig zur Krafrichtung stehen.
5. Die Breite der Proben, d. h. ihrer Scherflächen, soll bei Spiegelschnitten nicht über 5, bei Fladenschnitten nicht über 3^{cm} betragen.
6. Die Länge der Scherflächen in der Krafrichtung soll gleich der vierfachen Breite der Scherbacken sein (also $4 \times 1 = 4$ ^{cm} (in Zukunft vielleicht noch weniger, s. u.).
7. Ermittelt wird die Bruchspannung, bezogen auf den vollen Probequerschnitt. Die Verdrückungen unter den Scherbacken bleiben unberücksichtigt.

Diese eingehenden Vorschriften geben einen Einblick, wie schwierig derartige Versuche sind und wie unbefriedigend die früheren Ergebnisse mit größeren Abmessungen der Probestücke. Es scheint, daß auf dem nächsten Kongreß noch weitere Einschränkungen beantragt werden sollen, denn Stamer, der a. a. O.⁵⁾, S. 379, eine Abbildung der in Berlin gegenwärtig üblichen Vorrichtung zu Scherversuchen gibt, bemerkt dort zu Punkt 6: „Die Zahl 4^{cm} wird wahrscheinlich auf 2 bis 2 $\frac{1}{2}$ ^{cm} abgeändert werden.“ Man hat eben gefunden, daß bei diesem einschnittigen Abscheren sehr leicht Biegspannungen hinzukommen, wenn die Scherlänge zu groß wird, daß dann also dieselbe Fehlerquelle eintritt, die man früher den — deshalb abgeschafften — zweisechnittigen Versuchen vorgeworfen hat, die sich aber bei unserer Anordnung vermeiden läßt. Da nun außerdem reine Scherspannungen τ_u in der Wölfläche selbst bei deren Verkürzung auf 3^{cm} nur bei Probestücken aus dem Splint sehr dicker Bäume mit glatten nicht welligen Jahrringen — welch letztere doch so häufig, besonders bei Kiefern vorkommen — möglich sind und den Bedürfnissen des Bauwesens höchst selten entsprechen, habe ich auf strenge Befolgung obiger Vorschriften sehr bald verzichtet und einschnittige Scherversuche nur so weit vorgenommen, als sie in Wirklich-

keit bei Bauausführungen vorkommen¹¹⁹⁾, z. B. bei den so wichtigen Versatzungen von Sprengwerken, bei verdübelten Balken, Hängböcken, Hängsäulen u. dgl., wo die Scherkräfte aber fast stets in einem Sehnenschnitt (nicht im Umfang) wirkten, vgl. Abschnitt V, während ich für andere Fälle bei kleineren Versuchstücken zum zweisehnittigen Versuch zurückgekehrt bin, zuerst mit Formen, wie sie Inokuty¹²⁰⁾ in Japan verwendete; da diese aber seitliches Ausweichen und Biegspannungen zeigten, arbeiten wir seit 1912 mit der Anordnung Bild 80 a, die Professor Dr.-Ing. Quietmeyer ersonnen hat, die sich leicht in jede Druckpresse einfügen und z. B. auf der 30^t-Amslerpresse sehr gut beobachten läßt. Zwei kräftige lotrechte Wandplatten sind durch vier Stemmbohlen so zusammengeschraubt, daß der Probekörper satt an ihnen anliegt, aber natürlich ohne Zusammenpressung. Der in der Mitte lotrecht geführte Druckklotz von 7,07 cm Breite und 1,8 cm Dicke ist mit einer wagrechten Platte verschraubt, die zentrisch genau unter die Druckplatte der Presse eingestellt wird und ihre Führung durch zwei Stifte erhält, die von der oberen Querplatte aus in die zwei lotrechten Wandplatten hineinreichen. Hebt nun der Druckkolben der Presse den $\sqsubset$ förmigen Rahmen, so wird das Mittelstück des Probekörpers doppelschnittig auf Abscheren beansprucht und schiebt sich nach unten durch. Um die hierdurch hervorgerufenen Biegspannungen aufzuheben, ruht das Probestück satt auf zwei festen Unterlagen, die mit 2 cm Abstand an der Grundplatte befestigt sind, während auf der Kopffläche des Probestückes zwei Platten von der Form 80 b ruhen, die vor Beginn des Druckes mittels zweier (hier weggelassener) Keilstücke gegen die zwei oberen Stemmbohlen zum satten Anliegen gebracht werden und so jede Biegung des Probestückes verhindern. Der Spielraum für das Durchdrücken braucht nur gering zu sein, 1 cm genügt.

¹¹⁹⁾ Winkler gibt a. a. O.¹⁰⁹⁾, S. 31/32, wohl die vollständigste Zusammenstellung älterer Zahlenwerte für Scherfestigkeit, findet sie parallel den Fasern durchschnittlich $= \frac{1}{9}$ bis $\frac{1}{12}$ der Bieg- oder $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{8}$ der Druckfestigkeit, was im allgemeinen zu viel ist, und bedauert S. 22, daß keine Versuche über Versatzungen vorhanden sind. Sie sollen im Abschnitt V nachgeholt werden.

¹²⁰⁾ Inokuty, Technical Papers, Tokio 1913, S. 163—172.

In Bild 80a sieht man das Mittelstück des Probekörpers bereits so weit abgesichert, daß sein unteres Ende noch hinter dem unteren Stemmbolzen sichtbar wird. Die Größe der Durchdrückung ist etwas geringer als am oberen Ende, weil dort eine kleine Stauchung hinzukommt. Man sieht, daß oben der Druckklotz nur auf der rechten

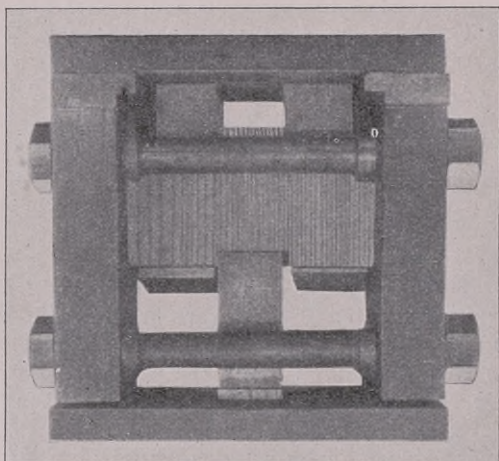


Bild 80a. Scherversuch.

Seite dicht anliegt; links sieht man eine Lücke, die daher rührt, daß der Teil des Jahrringes, der außerhalb des Druckklotzes lag, mitgerissen worden ist, eine Erscheinung, die stets dann eintreten wird, wenn das gepreßte Jahrringstück nicht geradlinig und genau unter der Kante des Druckklotzes liegt. An der unteren Fläche werden dann solche überragende Teile gegen die Unterlagen gepreßt und ebenfalls gestaucht. Man muß daher mit dem Durchdrücken aufhören, sobald die Scherbewegung eingeleitet ist, sonst mißt man u. U. Reibung und Staucharbeit mit.

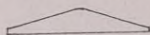


Bild 80b.

Bild 80c ist die Draufsicht von unten des aus Bild 80a herausgenommenen Kiefernklotzes von $7,07^2 = 50 \text{ cm}^2$ Hirnfläche und $5,8 \text{ cm}$ Höhe. Das durchgedrückte Mittelstück ragt daraus hervor. Die sechs ersten Jahrringe sind breit und weich; nur vom sechsten und fünften reichen

kurze Strecken unter den Druckklotz; dann folgen engere Jahrringe, aber immer noch mit breiten Frühholzzonen; allmählich werden die Spätholzzonen kräftiger. Vom Splint reicht nur der älteste Jahrring noch gerade bis zum Druckklotz. Die beiden Kanten des durchgedrückten Mittelstücks zeigen rechts eine dunkle Schattenlinie, links eine helle Lichtkante; innerhalb dieser zwei Kanten entstand zunächst dicht unter der Druckplatte eine Stauchung der Längsfasern, bis die Scherfestigkeit überwunden war und das Mittelstück durchgedrückt wurde, aber nicht in ebenen Scherflächen, sondern teils entlang den Jahrringen, teils

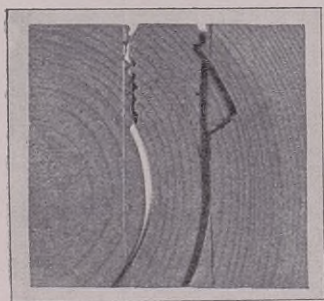


Bild 80c.

Draufsicht von unten.

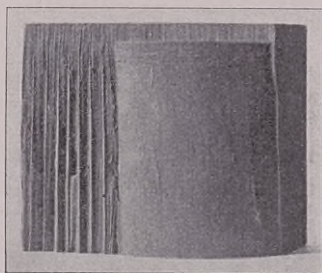


Bild 80d.

Seitenansicht des linksseitigen Stücks.

quer dazu in Spiegelflächen; es entstand daher links teils eine gezackte Fläche, teils eine gewölbte entlang dem sechsten Jahrring. Bild 80 d zeigt die Ansicht der Trennfläche des linksseitigen Stückes, aus dem die zackige Fläche sowie die Wölblfläche deutlich zu ersehen sind, ebenso der gestauchte obere Teil, der unter dem Druckklotz lag. Auf der rechten Seite des Mittelstückes erfolgte die Trennung teils schalenförmig nach einem Jahrring, teils nach Spiegelflächen, so daß ein dreikantiges Stück aus dem rechts liegenden Seitenstück mit herausgerissen wurde. — Dieses Probestück ist sehr lehrreich und zeigt erstens, daß die Abscherung längs der Jahrringe und Spiegel viel leichter erfolgt als in den schrägen Druckflächen; zweitens aber, daß der Widerstand gegen das Abscheren so beträchtlich war, daß zuerst eine Stauchung der Längsfasern eintrat, ehe die Scherfestigkeit überwunden wurde.

Es folgt daraus, daß eine Scherfläche von 5,8 cm Höhe zu groß ist, um reine Scherversuche bei weichem Nadelholz zu erzielen. Auch 4 cm Höhe fand ich noch zu groß. Wir haben daher später die Probeklötze nur 3,54 cm hoch gewählt, so daß die Scherfläche = $2 \cdot 7,07 \cdot 3,54 = 50 \text{ cm}^2$ betrug, womit folgende Ergebnisse erzielt wurden:

Liste XVIII.

Scherversuche τ_l längs der Fasern.

Holzart	Prüfjahr	Feuchtig- keit in %	Winkel zwischen Jahrringen und Scherkante	Klotzhöhe in cm	τ_l in at	r_t	Bemerkungen
Fichte	1909	~ 15	wie in Bild 80		80		
"	1909	~ 15	~ 90°		108		
"	1912	~ 11	~ 90°		120		
"	1912	~ 11	~ 0°		94		
"	1913	~ 11	~ 0—15°		54		
Kiefer	1909	~ 15	~ 0°		78		
"	1909	~ 15	~ 90°		142		
"	1909	~ 15	~ 35°		118		
"	1909	~ 15	~ 40°		130		
"	1909	~ 15	~ 70°		110		
"	1908	~ 15	~ 70°		130		
"	1908	~ 15	~ 40°		142		
"	1912	~ 11	~ 75°		146		
"	1910	~ 11	~ 0—20°		78		Harzgalle
"	1910	~ 11	leicht gekrümmt		88		
"	1910	~ 11	~ 10—20°		88—90		2 Stück
Eiche	1908	~ 11	~ 20°		115—118		2 "
"	1909	~ 11	~ 80—90°		122		
"	1910	~ 11	~ 0—10°		110		
"	1910	~ 11	~ 80°		122		
"	1911	~ 11	~ 30°		128		
"	1914	~ 12	~ 0°		105		
"	1914	~ 12	~ 90°		96		
Rotbuche	1908	~ 12	~ 10—40°		165		wellige Jahrringe
"	1908	~ 12	~ 70°		151—154		2 Stück
"	1909	~ 12	~ 70°		150		
"	1909	~ 12	~ 30°		158		
"	1911	~ 12	~ 0—20°		170		
"	1912	~ 12	~ 25—45°		190		
"	1914	~ 12	~ 90°		158		
"	1914	~ 12	~ 0°		174		

Die neueren holländischen Versuche vom Jahre 1912, welche nach „De Ingenieur“ im Techn. Gemeindeblatt 1912/13, S. 316, mitgeteilt sind, zeigen wesentlich kleinere Werte zum Teil infolge höheren Feuchtigkeitgehalts, der dort glücklicherweise angegeben ist. Doch glaube ich, daß ein Teil der Schuld auch im Prüfungsgang liegt. Es sind die Probeformen von Inokuty¹²⁰⁾ benutzt worden, die nach obigem zu viel durch Biegung leiden. Dort sind auch die Zahlen von Johnson für australische Hölzer denen von Warren gegenübergestellt und letztere als zu hoch bezeichnet. Ich vermute, daß eher die von Johnson zu niedrig sind.

Endlich sind auch noch Zahlen von Bauschinger über den Einfluß der Feuchtigkeit dort mitgeteilt. Mir sind diese Zahlen nur aus Rudeloffs Arbeit im Gewerbefleiß 1912, S. 384, bekannt und da sie mit den Zahlen der Holländer für $n = 17\%$ ziemlich stimmen, gebe ich hier beide (letztere eingeklammert) wieder.

Danach beträgt die Scherfestigkeit τ_l eines Fichtenstammes für einen Feuchtigkeitgehalt n in %:

$n = 10$	12,5	16 (17)	27 (39) 0/0,
$\tau_l = 75,5$	60,5	55 (45)	48 (32) at.

Unsere Messungen geben durchweg höhere Werte, was teils in der schrägeren Lage der Jahrringe zur Scherichtung, teils auch an der Meßart liegen kann. Doch gelten unsere Zahlen nur für kurze ast- und rissefreie Stücke. Für größere darf man höchstens $\tau_l = \frac{1}{7} - \frac{1}{10} \sigma_l$ setzen.

Anmerkung: Die Streitfrage, ob τ_s (in der Spiegelrichtung) $\leq \tau_u$ im Jahrringumfang, ist von verschiedenen Forschern widersprechend gelöst worden. Rudeloff fand 1899 τ_u um 10–15% größer als τ_s ; Wykander fand bei Nadelholz keinen Unterschied, bei Laubholz τ_u um 16% $> \tau_s$; Warren bei Eucalyptus τ_s nur halb so groß als τ_u ; bei tropischen Hölzern, die keine deutlichen Jahrringe zeigen, ist letzteres einleuchtend, bei unseren Nadelhölzern hängt es ganz vom Wachstum und den etwaigen Schwindrissen und -spannungen ab, dürfte aber, wie Bild 80c mit seinen Zickzackabscherungen zeigt, im allgemeinen keinen großen Unterschied bei gut ausgetrockneten Hölzern ergeben.

Ob bei grünem Holz das Verhältnis $\tau_l : \sigma'_l$ günstiger wird, also $< \frac{1}{7} - \frac{1}{10}$, ist zwar zu vermuten, aber erst nachzuprüfen, wofür mir bis jetzt Gelegenheit fehlte. Für Kriegsbrücken z. B. erscheint dies wichtig.

Nochmals sei aber betont, daß die Ergebnisse von Scherversuchen mit kleinen astreinen Stücken keine Sicherheit bieten, daß vielmehr in Bauten häufig wegen Spiegel- und Ringklüften sowohl τ_u als $\tau_s = 0$ gesetzt werden müssen.

Die Scherfestigkeit τ_q quer zur Faserrichtung ist wesentlich größer als τ_l in der Längsrichtung, aber viel schwieriger zu prüfen, da hier Biegspannungen der Längsfasern und Abknicken derselben durch Querpressung gar nicht zu vermeiden sind, die das Bild trüben. Ich hatte noch keine Zeit, Versuche hierüber anzustellen. Es leuchtet aber ohne weiteres ein, daß $\tau_q > \tau_l$ sein muß, wenn auch starke Verdrückungen namentlich bei Nadelhölzern mit breiten Frühholzonen auftreten werden. Zerstörungen von Holzverbänden durch reine Querabscherung kommen fast nie vor, wohl aber starke örtliche Zusammenpressungen sowohl bei allzu kleinen Auflagerflächen von Balken als bei den Strebenversatzungen an hölzerne Hängsäulen, Bild 94, die im Abschnitt V besprochen werden sollen und mehr auf Querdruck als auf Querabscherung hinauslaufen, daher die Regel 6, S. 246, daß man stets Hartholzfutter oder Eisenschuhe bei quergedrückten Nadel- und weichen Laubhölzern verwenden soll. Ich begnüge mich, hier noch in Liste XIX die Bruchfestigkeiten aus Försters Taschenbuch für Bauingenieure, S. 204, mitzuteilen, die auf Sonderversuchen mit etwa 20 % Feuchtigkeit, also nicht ganz lufttrockenem Holze beruhen sollen und kaum allgemeine Mittelwerte darstellen.

Liste XIX.

Bruchfestigkeiten in at (aus Försters Taschenbuch für Bauingenieure, I. Aufl., S. 204 und 506) bei einer Belastungsgeschwindigkeit von 20 $at/minute$.

Bruchspannungen für	σ'_l	σ''_l	σ_b	τ_l	τ_q	Federmaß E in at	Spannung an der sog. Prop.-Grenze	Zul.	
								τ_l	τ_q
Eiche	960	350	600	75	300	100 000 bis etwa 108 000	150—500	15	30
Rotbuche ...	1340	320	670	85	—	128—180 000	100—600	15	30
Kiefer	800	280	470	45	260	90—108 000	150—200	10	20
Fichte	750	240	420	40	—	92—111 000	150—230	8	15

Der Weltverband hat für Biegversuche sehr ausführliche Bestimmungen beschlossen, und zwar:

1. Zu Biegversuchen dienen Vierkantstäbe (rechteckige Prismen mit quadratischem Querschnitt).
2. Die Prüfung erfolgt bei Unterstützung beider Enden durch eine Einzellast in der Mitte.
3. Der örtliche Druck unter dem Lastangriff ist durch Aufsetzen eines Reiters aus hartem Holze möglichst unschädlich zu machen. Die Abmessungen des Reiters sind: Breite = Stabbreite; Länge = $\frac{1}{10}$ der Stützweite; Dicke = $\frac{1}{3}$ der Stabhöhe.
4. Die Stabenden sind auf Rollen zu stützen unter Verwendung von ebenen Zwischenlagen, deren Auflagenfläche gleich dem Stabquerschnitt ist.
5. Bei Untersuchung ganzer Stämme sind die Biegproben derart zu entnehmen, daß eine Diagonale des quadratischen Querschnitts einen Halbmesser des Stammes bildet.
6. Von den so entstehenden Probestäben eines Stammabschnittes sind mindestens zwei im gleichen Durchmesser liegende (besser alle vier) zu prüfen.
7. Die Lastrichtung ist so zu wählen, daß eine der beiden Spiegelflächen auf der Zugseite liegt.
8. Die Querschnittabmessungen der Versuchstücke sind abhängig von der Stammdicke.
9. Die Stützweite soll mindestens gleich der achtfachen Höhe sein und im allgemeinen $1,5^m$ betragen.
10. Aus einzelnen Holzstücken sind die Biegproben womöglich so zu entnehmen, daß die Jahrringe rechtwinklig zur Zugseite verlaufen.
11. Jedenfalls ist aber bei allen Biegversuchen die Lage der Jahrringe zur Kraftrichtung anzugeben (besser durch Handskizze zu erläutern).
12. Zum vollständigen Biegversuch gehört daher die Ermittlung:
 - a) der Spannungen an der P -Grenze, bis zu der Spannung und Durchbiegung verhältnismäßig sind,
 - b) der Federung (Elastizitätsmaß E),
 - c) der Bruchspannung, berechnet aus der Bruchlast (s. Punkt 15),

- d) des Verlaufs der Durchbiegung mit wachsender Belastung bis Bruchgrenze nebst Aufzeichnung des Meßbildes (Biegediagrammes),
 - e) der Biegarbeit bis zur P -Grenze,
 - f) der Biegarbeit bis zum Bruch (zu ermitteln aus dem Meßbild).
13. Die Durchbiegung ist mit $0,01 \text{ mm}$ Genauigkeit zu ermitteln.
 14. Als P -Grenze ist diejenige Belastung zu bezeichnen, bis zu welcher die Ausgleichlinie für das Meßbild geradlinig verläuft.
 15. Die Spannungen sind nach der bekannten Biegformel zu berechnen, unter Annahme ihrer Gültigkeit bis zum Bruch.
 16. Als Bruchlast gilt die höchste vom Probestab getragene Belastung; einzelne Brüche von Faserbündeln oder Flächenabschieferungen sind noch nicht als Bruch anzusehen.
 17. Die Biegarbeit ist auf einen Normalbiegestab von $10 \times 10 \text{ cm}$ Querschnitt und $1,5 \text{ m}$ Stützweite zu beziehen, um die Werte für Stäbe von verschiedenen Abmessungen vergleichbar zu machen (was nur für quadratische Querschnitte möglich).

Diese sehr ausführlichen Bestimmungen erregen verschiedene Bedenken, die wir nachstehend besprechen und dazu Gegenvorschläge machen wollen:

Zu 1: Quadratischer Querschnitt ist für Biegebalken unzweckmäßig.

Zu 3: Die Hartholzreiter erfordern solche Höhe, wie sie für manche Prüfmaschine nicht zur Verfügung steht, besonders nicht bei hochkantigen Stäben. Man muß dann zu Eisenreitern übergehen, von denen wir zuerst die in Bild 81a benutzten. Da sich diese aber für hochkantige Balken zu schwach erwiesen, sind wir bei allen folgenden Versuchen zu Anordnung Bild 81b übergegangen, mit zwei Eisenplatten, deren untere an den Enden abgerundet und etwas aufgebogen ist, während die obere mit der unteren verschraubt und mit einer Nut für den Druckstempel versehen ist. Für hochkantige Weichholzbalken genügt auch nicht eine Länge von $\frac{1}{10}$ der Stützweite; selbst bei $\frac{1}{4}$ waren oft noch starke Verdrückungen unter dem Reiter nicht zu vermeiden.

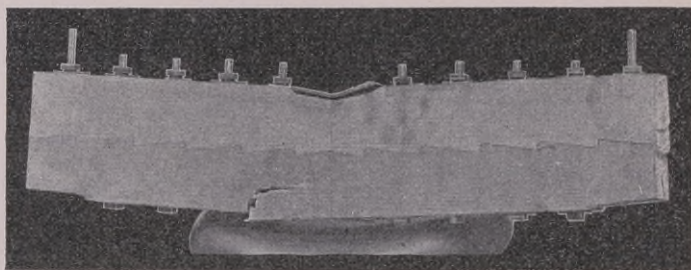


Bild 81a. *Verzahnter Balken mit zu schwachem Reiter.*

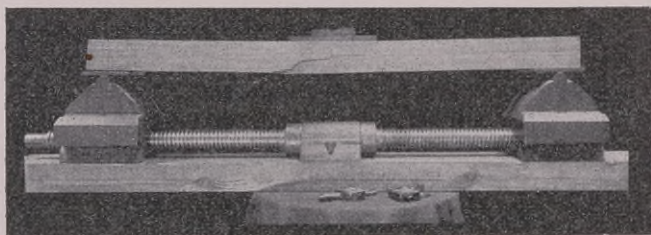


Bild 81b. *Anordnung unserer Biegversuche.*

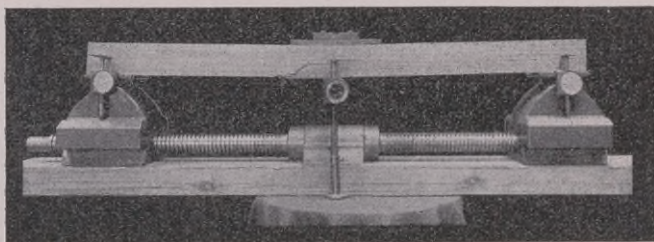


Bild 81c. *Desgl. mit 3 Schnellmessern für Durchbiegung.*

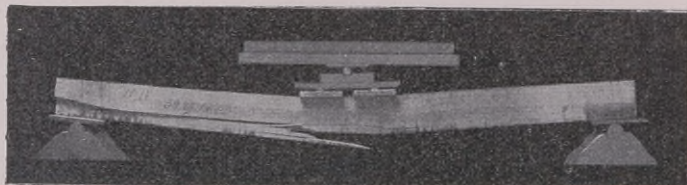


Bild 81d. *Für niedrige weitgespannte Balken.*

Bei schlanken Balken mußten wir zu der Doppelanordnung Bild 81d greifen, da eine einzige steife Platte zu starke örtliche Verdrückungen erzeugt haben würde.

Zu 4: Die Rollenaufleger sind bei der Pohlmeermaschine, die für unsere Versuche sonst ausreichend war, nicht gut anbringbar und daher durch die vorhandenen Stützen ersetzt worden, die aus Bild 81b und c ersichtlich sind. Für die „Zwischenlagen“ genügt eine Auflagefläche gleich dem Stabquerschnitt $h \times b$ nur für $l/h \geq 8$. Für hochkantige Stäbe mit $l/h < 8$ mußten wir sie bei Nadelhölzern häufig länger wählen, um bei breiten Frühholzonen allzu starke Einpressungen zu vermeiden. Letztere waren bei den späteren Bildern trotzdem oft zu groß, um die Durchbiegungen an den Auflagern vernachlässigen zu können.

Zu 13: Zum Messen der Durchbiegung muß man daher entweder drei Ablesungen machen oder die Zusammendrückung an den Stützen durch besondere Vorrichtungen ausschalten, wie dies Johnson und Wijkander getan haben.

Johnson benutzt hierzu einen Spannfaden, Wijkander eine Hebelmeßvorrichtung, die z. B. in B. M. 1899, 4, S. 187, abgebildet ist. Allein Johnsons Apparat entspricht nicht der in Punkt 13 geforderten Genauigkeit, und Wijkanders sinnreiche Anordnung ist nur für eine einzige Stützweite eingerichtet, die nicht immer zur Verfügung steht. Wir benutzten daher zur Messung der Durchbiegung unsere Schnellmesser¹¹⁴⁾, die 0,01 mm ablesen lassen und deren zwei über den Stützen, der dritte unter der Balkenmitte so aufgestellt wurden, daß ihre Köpfe unter kurzen Steckblechen standen, die in der Mittellinie des Probekalkens eingetrieben wurden. Bild 81c zeigt diese für jede Stützweite und Balkenhöhe mögliche Anordnung, die allerdings drei gleichzeitige Ablesungen für jeden Lastfall erfordert.

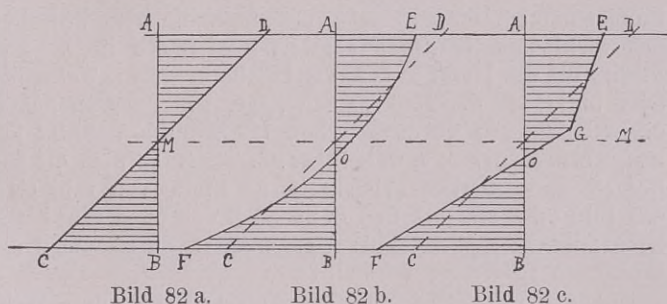
Zu Punkt 5. Diese Forderung führt zu Stabquerschnitten, Bild 74 g, d. h. zu Kreuzhölzern, die für Biegebelastungen höchst ungeeignet sind. Schon in dem ersten Mathematikunterricht lernt jeder Techniker, daß das Widerstandsmoment $W = \frac{bh^2}{6}$ für Vollbalken, die aus

einem gegebenen Stammquerschnitt herauszuschneiden sind, einen Größtwert annimmt für $b/h = 5/7$; für Halbholzbalken und Bohlenbalken ist $b/h < 1/3$ zu wählen, wobei die Rechnung allerdings Rücksicht auf die Scherspannungen nehmen muß, also verwickelter wird. Kreuzhölzer eignen sich zu Nadelholzbalken auch deshalb nicht, weil hierbei die Verteilung der weichen Frühholzzonen zu ungleichmäßig ausfällt, also zu seitlichen Ausbiegungen Anlaß gibt, die den Versuch stören. Da nun aber Vollbalken bei kleinen Versuchen nicht anwendbar sind, so käme statt Kreuzhölzern besser einer der Querschnitte Bild 74 a bis c in Betracht. Aus dem Kleingefüge des Holzes geht ohne weiteres hervor, daß von diesen drei Querschnitten die Jahrringlage a und b für die Zugspannungen weniger geeignet ist als die Lage c , wofern die flache Spätzone des untersten Jahrrings nicht durchschnitten wird. Liegt sie aber wie in 74 e, so ist auch dies eine recht ungünstige Lage, um so mehr, als die oberen Jahrringe für Druck bei c und e ebenfalls ungünstig liegen. Daraus erklärt es sich, daß die bisherigen Versuche so widerspruchsvoll sind und bald für a , bald für c größere Tragfähigkeit liefern. Nur b ist stets am unvorteilhaftesten. Tetmajer konnte nach B. M. 1899, 4, S. 186/7, keinen Unterschied zwischen Lage a und c finden, Wijkander fand bei a um 4 % höhere Werte als bei c , was nach Rudeloff auf Zufälligkeiten beruhen kann, die wohl durch Berücksichtigung obiger Einflüsse sich schärfer hätten sichten lassen.

In Wirklichkeit kommen nun aber für Balken fast nie die Querschnitte 74 a bis d in Betracht, sondern nur Voll-, Halbholz- oder Bohlenbalken, bei Kriegsbrücken und Gerüsten wohl auch Wahnkant- oder Rundholzbalken, letztere oft mit oben oder unten abgesägten Schwarten, Es ist daher wünschenswert, die Versuche auf diese Bedürfnisse des Bauwesens auszudehnen, wofür wenigstens Anfänge vorliegen.

Zu Punkt 15. Die Berechnung nach der Navierschen Biegeformel $\sigma_b = \frac{Pl}{4W}$ führt bei Holz zu großen Fehlern, weil hier das Hooksche Gesetz nur in engen Grenzen gilt, die sog. P -Grenze daher selten scharf wird, weil außerdem die Zugfestigkeit meist ziemlich höher ist als die Druck-

festigkeit. Letzterer Umstand scheint im Widerspruch mit der Beobachtung zu liegen, daß die Zerstörung der Probestäbe meist auf der Zugseite beginnt; dieser Widerspruch ist aber leicht widerlegbar durch folgende Gründe: erstens ist das Verhältnis zwischen Spannung und Dehnung kein scharf geradliniges, sondern vermutlich annähernd ein hyperbolisches¹²¹⁾, und zweitens ist das Zugelastizitätsmaß meist größer als das für Druck. Beides bewirkt, daß die nach der Vorschrift 15 berechneten Bruchspannungen weit ab von der Wirklichkeit liegen. Die Naviersche Biegformel gibt als Spannungsverteilung Bild 82 a, d. h.



ein verschränktes Trapez, dessen Kreuzungspunkt M (die Nulllinie) in halber Balkenhöhe liegt. Die Randspannungen $\sigma'' = AD$ und $\sigma' = BC$ haben hierbei gleich große Zahlenwerte. Die Berücksichtigung obiger zwei Umstände aber zwingt zu der Tieferlage O der Nulllinie und zu einer krummen Begrenzung der wagrechten Zug- und Druckspannungen, so daß nach Bild 82 b $\sigma'' = AE$ (statt AD) und Randspannung $\sigma' = BF$ (statt BC) wird,

¹²¹⁾ Diese hyperbolische Spannungsverteilung für Steine, Holz und Gußeisen habe ich in meinem Schornsteinbuch 1896 und Deutsche Bauzeitung 1897, S. 58, vorgeschlagen, zugleich mit Berücksichtigung des Wärmeeinflusses. Bach und Schüle haben dann kurz nachher das Potenzgesetz eingeführt, das viel umständlichere Rechnungen gibt. Mehrke zeigte darauf in der Zeitschr. f. Math. u. Physik 1897, 42, S. 327, daß beide Vorschläge (aber ohne den Wärmeeinfluß) auch schon früher gemacht worden sind, und Engesser gab in der Zeitschr. Dtsch. Ing. 1898, S. 903, Formeln für beliebige Gesetze der Formänderung.

wenn die Flächen OAE und OBF gleich groß werden und gleiche Drehmomente haben sollen. Bedenkt man noch, daß in der Nähe der Bruchgrenze das Elastizitätsmaß rascher abzunehmen pflegt, so wird vor dem Bruch die Kurve EOB von E ab steiler, ebenso von F ab, erhält also einen Wendepunkt zwischen O und F . Diese Kurve ist in Bild 82 b nicht eingezeichnet, da sie an der Tatsache nichts ändert, daß bei Biegversuchen stets die Zugseite stärker, die Druckseite weniger stark beansprucht wird als die sogenannte Biegspannung σ_b , die nach der vorgeschriebenen Biegformel errechnet wird.

Man kann nur sagen, das berechnete σ_b ist eine Randspannung, die gar nicht vorkommt, die aber zwischen den wirklichen Randspannungswerten σ'' und σ' liegt. Der Streit, ob die Nulllinie O bei Holz oberhalb, wie Tetmajer, oder unterhalb der Balkenmitte liege, wie Suenson neuerdings betont, ist übrigens schon 1887 durch Winkler gelöst worden, der a. a. O.¹⁰⁹⁾, S. 26, als Näherung, die das Berechnen wesentlich erleichtert, an Stelle von Bild 82 b das Bild 82 c erörtert und S. 25 auch den oben erwähnten Grenzfall einer Wendekurve angenähert durch einen gebrochenen Linienzug darstellt.

Anmerkung: Der dänische Ausschuß hat dem Weltverband in Newyork Versuche vorgelegt, die eine Bestätigung der Lage der Nulllinie unterhalb der Mitte ergeben; er vermutet aus seinen Versuchen, daß bis zur P -Grenze die Nulllinie in der Mitte bleibt (?) und dann (vielleicht ruckweise) nach unten wandert. Seine Meßvorrichtung ist aber kaum genau genug, um ohne Nachprüfung bleiben zu können. Die genaueste Vorrichtung zu derartigen Bestimmungen stammt von Professor Rich. Müller, der seine Doktorarbeit: Versuche über das Wandern der Nulllinie, Berlin 1909, in unserem Laboratorium an Eisenbetonbalken durchgeführt hat und demnächst Ergänzungen veröffentlichten wird. Diese Versuche sind aber sehr zeitraubend.

Suenson hat aus Bild 82 b den Schluß gezogen, daß $E_z < E_d$ sein müsse, was keineswegs notwendig und mit verschiedenen Messungen im Widerspruch steht. Nach Winkler¹⁰⁹⁾, S. 13, ist kein merklicher Unterschied, doch geben Jenny und Bauschinger E_z bis zu 19 % größer an als E_d . Unsere Versuche lieferten nach Liste XVII meist $E_z > E_d$. Trotzdem ist hierbei die Verteilung der Spannungen wie bei Bild 82 b möglich, und man sieht leicht ein, daß auch dann der Bruch mit Zerreißen der unteren

Fasern beginnen kann, was die meisten Forscher als das häufigste gefunden haben; es braucht nur O in Bild 82b entsprechend tiefer zu rücken, ehe die Zerdrückung der oberen Randfasern beginnt. Bei den ungünstigen Balkenformen, die der W.-V. vorschreibt, mag diese Art der Zerstörung durch Zerreißen in der Tat am häufigsten vorkommen, und wenn Wijkander hinzufügt, daß er dies besonders bei Laubhölzern bemerkt habe, so ist der Grund hierfür wohl meist in dem krummlinigeren Verlauf der Fasern bei Laub- gegenüber von Nadelhölzern zu finden.

Unsere Versuche mit $b/h = 1/2$ ergeben am häufigsten eine Zerstörung durch Abscheren an den Enden¹²²⁾, dann durch Zerreißen der Zugfasern (manchmal am Auflager beginnend, was mit der dortigen Querpressung, ja Knickung der Fasern zusammenhängt), nur selten durch Stauchen der Druckfasern in der Faserrichtung, trotzdem durch den Reiter häufig beträchtliche Querverdrückungen vorkamen.

Bestimmte Regeln lassen sich aus den wenigen Versuchen noch nicht ableiten, auch ist der Bau des Holzes an verschiedenen Stellen eines und desselben Stammes oft so verschieden, daß sich hieraus vieles erklären ließe, wenn die Schilderung der Versuche genügend Aufschluß darüber geben würde. Ob z. B. einseitiger Wuchs, sog. Rotholz, Faulstellen, Wurmfraß, Harzgallen, Aeste, Drehwuchs u. dgl. dabei mitwirkten, ist den meisten Beschreibungen und Abbildungen nicht anzusehen. Möglich sind alle drei Zerstörungsarten, je nach Holzsorte, Wuchs und Querschnittform sowie etwaigen Wuchsfehlern. Daß z. B. Aeste die Zugfestigkeit viel mehr beeinträchtigen als die Druckfestigkeit, ist schon mehrfach betont, weshalb man auf die heute so vielfach geglaubte Annahme, daß $\sigma' = 3 \sigma''$ sei, im Bau nie rechnen darf. Wir haben in Liste X für σ_b und σ' Werte eingesetzt, die von σ'' nicht allzuweit sich entfernen. Man kann dann vorläufig für derart festgesetzte Grenzen von σ_b zul. bei der Berechnung nach der Navierschen Biegformel bleiben.

¹²²⁾ Verwunderlich ist, daß bei den obenerwähnten dänischen Messungen mit Hochkantbrettern die Zerstörung nicht durch Abscheren an den Enden begann, was bei so geringer Scherbreite noch mehr zu erwarten war als bei unseren $b/h = 1/2$.

Anmerkung: Der Japaner Tanaka hat schon auf dem Kopenhagener Kongreß im Jahre 1909 eine neue Biegformel vorgeschlagen, die sich an das Bach-Schülesche Potenzgesetz anschließt und nach W.-V. II, 13, Nr. XXIII, 1, S. 7, lautet:

$$\sigma_b = \frac{3 Pl}{2 b \cdot h^n}, \text{ wo } n \geq \text{der Wert 2 der gewöhnlichen Biegformel.}$$

Der Newyorker Kongreß hat einen Ausschuß zur Nachprüfung dieser Formel gewählt, dessen Bericht abzuwarten ist. So viel geht aber aus seinen Untersuchungen jetzt schon hervor, daß die nach der gewöhnlichen Biegformel berechneten Werte von σ_b bei verschiedenen Verhältnissen von h/l durchaus nicht vergleichbar sind, sondern um so größer ausfallen, je $< h/l$ ist.

Hat man es mit Balken aus einseitig gewachsenen Stämmen zu tun, deren Windseite höhere Zug-, aber geringere Druckfestigkeit zeigt als auf der Leeseite, so ist die S. 216 gegebene Warnung zu beachten.

Einige Ergebnisse der Versuche, die im Bauingenieurlaboratorium seit 1906 ausgeführt sind, mögen hier noch auszugsweise mitgeteilt sein. Da die volle Mitteilung aller in Punkt 12 verlangten Angaben zu weit führen würde, seien nur die Bruchlasten bzw. die nach der gewöhnlichen Biegformel berechneten Bruchspannungen mitgeteilt, die freilich bei kleinen Spannweiten und großer Balkenhöhe zu groß ausfallen, da die erforderliche Breite des Reiters sich von der Annahme einer Einzellast in der Mitte mehr oder weniger weit entfernt.

Diese Versuche werden seit 1906 alljährlich den Studierenden in der Weise vorgeführt, daß zunächst ein Vollbalken vom Querschnitt $b/h = 1/2$ — und daran anschließend mehrere verstärkte Balken, von den gleichen Gesamtabmessungen und aus derselben Bohle geschnitten — zerdrückt werden. Die Zerdrückung geschieht auf der 50 t-Pohlmeyermaschine, die nicht mehr als 1 m Stützweite gestattet. Die verstärkten Balken s. im Abschn. V.

Anmerkung: Nur ausnahmsweise sind Balken quadratischen Querschnitts versucht worden, insbesondere die schon von Weiskopf a. a. O.⁷²⁾, S. 117 ff., sowie ebenda 1914, 6, S. 108, mitgeteilten ausländischen Eichensorten und tropischen Harthölzer im Vergleich zur deutschen Eiche, worauf hier verwiesen sei; leider ist aber deren Feuchtigkeitbestimmung verabsäumt worden, so daß für manche auffallende Zahlen σ_t vermutet werden muß, daß sehr verschiedene Feuchtigkeitgrade vorhanden waren; im übrigen sind dort so ausführliche Angaben in den Listen mit den zugehörigen Meßbildern und Lichtbildern der Bruchstellen gegeben, daß es genügt, noch darauf hin-

zuweisen, daß die meisten dieser Hölzer durch Zerreißen der Zugfaser in der Mitte zerstört wurden, teils mit kurzem Querbruch, teils mit langfaserigem Bruch. In der letzten Spalte der Tabellen muß es selbstverständlich Raumgewicht statt spez. Gewicht heißen, vgl. S. 13/14. Abmessungen: Stützweite $l = 100$ cm, Querschnitt ursprünglich 8×8 cm (der aber durch Schwinden beim Lagern sich zum Teil ein wenig änderte) also $l/h = 100/8$, d. h. > 8 , vgl. Forderung 9 des W.-V. S. 298

Aus den obengenannten Gründen haben wir bei unseren Versuchen stets $l/h < 8$ gewählt, um dadurch den Einfluß der geringen Scherfestigkeit in der Längsrichtung der Fasern zur Geltung zu bringen; es wurden hauptsächlich Fichte und Kiefer als die bei uns häufigsten Balkenhölzer geprüft. Schwierigkeiten ergaben sich dabei insofern, als möglichste Uebereinstimmung mit Vollbalkenquerschnitten bei unseren kleinen Abmessungen schlecht zu erzielen waren, die Stücke vielmehr aus starken Bohlen herausgesägt werden mußten. Statt Querschnitt Bild 74 f, — dem wohl am häufigsten im Bau angewendeten — mußten Querschnitte von Bild 74 c, d, e oder h gewählt werden, während Querschnitt b als der für Einzelbalken ungünstigste nur für den oberen Teil von Doppelbalken verwendet wurde, s. Abschnitt V. Der Querschnitt Bild 74 a ist nur bei Bohlenbalken aus Riesenstämmen möglich und wegen der Gefahr der Spiegelsrisse kaum zu empfehlen.

Die Frage, ob das Holz mit dem Alter an Festigkeit verliert oder gewinnt, bildete einen Streitpunkt in den Newyorker Verhandlungen, s. W.-V. II, 9, XXIII, 3; nach W.-V. II, 10, XXVIII, 6, S. 8, setzen langandauernde ruhende Lasten die Bruchfestigkeit bei Holz rascher herab als bei Eisen und Beton. Dies stimmt auch mit den Erfahrungen an Jahrhunderte alten Balkendecken, die sich trotz Lastverminderung ständig stärker durchbiegen. Ob hier allmähliche Sauerstoffaufnahme (langsame Verbrennung?) stattfindet? Warrens Versuche erstrecken sich auf nur 25 Jahre; hier ist diese Verbrennung ausgeschlossen. Wenn er dabei eine Zunahme der Festigkeit findet, so beruht dies vermutlich auf der fortschreitenden Austrocknung der Hölzer, gehört also nicht zur Frage der Tragverminderung im hohen Alter von Bauten.

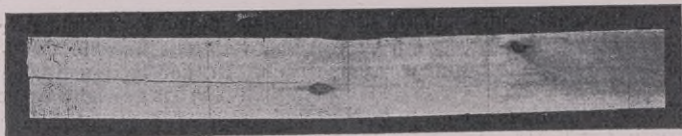


Bild 83 a.

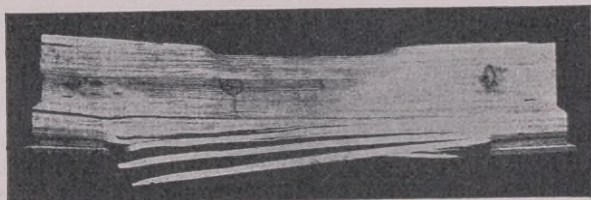


Bild 83 b.

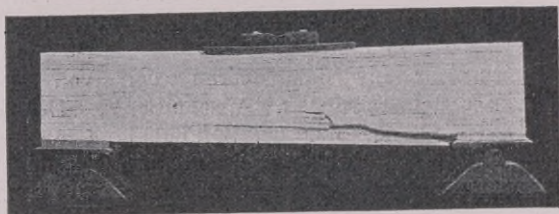


Bild 83 c.

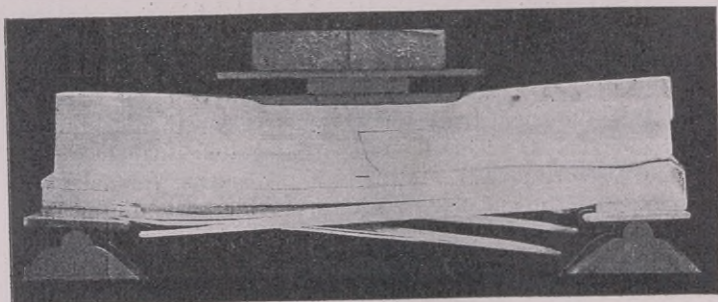


Bild 83 d.

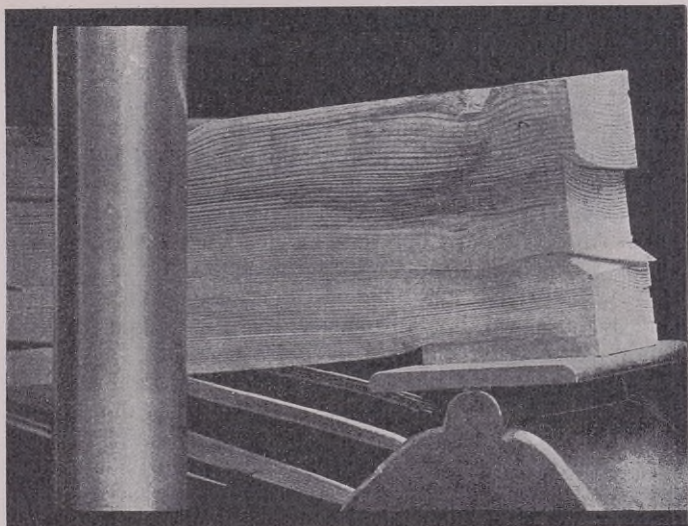


Bild 83 e.

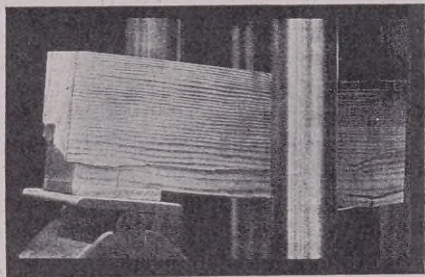


Bild 83 f.

Im Begriff, eine Liste der sämtlichen Versuchsbalken aus acht Jahrgängen zusammenzustellen, erhielt ich meine Einberufung, mußte daher auf deren oben hervorgehobene eingehende Beschreibung verzichten und kann nur noch zu den bereits vorhandenen Bildern folgendes bemerken:

Bild 81 b und c zeigen einen der Weißkopfschen Eichenbalken, vgl. oben.

Bild 81 d desgleichen, aber besonders bemerkenswert, weil hier gleichzeitig das Zerreißen der unteren Fasern und das Abscheren über der linken Stütze eintrat.

Bild 83 a ist ein Fichtenbalken mit Aesten; Bruch durch Abscheren über der linken Stütze.

Bild 83 b und c zwei Fichtenbalken, deren Bruch durch Abreißen der Zugfasern an der Quetschstelle neben einem Auflager eintrat.

Bild 83 d ist ein Fichtenbalken, der gleichzeitig an beiden Auflagern infolge Quetschens der Zugfasern und durch Abscheren rechts riß.

Bild 83 e zeigt Einzelheiten zu 83 d mit zwei Abscherstellen über der rechten Stütze entlang den Jahrringen.

Bild 83 f zeigt Abscheren im Zickzack durch Jahrringe und Spiegel sowie Abreißen der Zugfasern in Balkenmitte.

Die nach der Navierschen Biegeformel berechneten Spannungen wechselten für Kiefer zwischen 427 und 812 ^{at}, für Fichte zwischen 370 und 549 ^{at}, wobei zu bemerken, daß meist weitringiges Fichtenholz mit schwachen Spätholz-zonen zur Prüfung kam, während die Güte des Kiefernholzes stark wechselte, auch Aeste, Harzgallen u. a. von Einfluß waren. Der Querschnitt betrug meist 6/12 ^{cm}, die Stützweite wechselte von 54 bis 96 ^{cm}; die meisten Proben brachen durch Abscheren am Auflager oder Zerreißen der Zugfasern.

Soeben teilt Hollenberg in „Werkstattechnik“ 1915, 2/3, Versuche über Eignung einheimischer sowie Kolonialhölzer für den Wagenbau mit, welche er tunlichst bei 15 % Feuchtigkeit prüfte und Zahlen erhielt, die mit obigem gut stimmen. Starke Abweichungen erklärt er gleichfalls aus der unvermeidlichen Verschiedenheit des Wachstums der Hölzer. Seine Listen sind recht vollständig, auch betreffs Früh- und Spätholzanteil und Lage der Jahrringe. Glücklicherweise herrschen die Kreuzhölzer nicht so ausschließlich vor, wie der Weltverband vorschreibt. Ueber Hollenbergs Zapfenversuche s. S. 337.

E. Spaltversuche

bilden den fünften und letzten Teil der Festigkeitsprüfungen, die der Weltverband vorschreibt. Gefordert wird:

1. Die Proben erhalten die von Nördlinger (schon 1860) eingeführte Form mit Spaltflächen in der Spiegel- und Fladenrichtung (radial und tangential zu den Jahrringen).
2. Die Abmessungen sollen sein:
 $a=2,5$, $b=5,0$, $h=4,0$, $l=5,0$
 und Strecke $n-n=1,5$, alles in cm,
 s. Bild 84.
3. Falls die Probestücke hierfür zu kurz sind, werden nach Rudeloff eiserne Schenkel verwendet.
4. Beobachtet wird die Gesamtbruchlast, die erforderlich ist, um bei lotrechter Stellung des Probestücks durch zwei in den Nuten n wagrecht angreifende Zugkräfte beide Schenkel auseinanderzureißen.

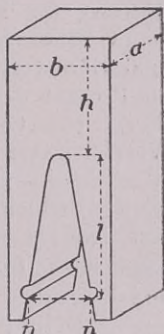


Bild 84.

Da Spalthölzer im Bauwesen nur selten verwendet werden, ihre Herstellung aber meist in gewerblichen Betrieben erfolgt, gehen wir auf diese Versuche nicht weiter ein.

Wichtiger sind jedenfalls die folgenden zwei Versuche, über die der Weltverband noch keine Beschlüsse gefaßt hat, die aber immer mehr an Bedeutung gewinnen und hier noch zu besprechen sind.

F. Abnutzversuche.

Hölzer, die zu Fußbodendielen, Treppenbelägen oder an Orten verwendet werden, wo sie starken Stößen oder Reibungen ausgesetzt sind, müssen hierfür besondere Eigenschaften besitzen, die entweder durch Abschleifen oder durch das Sandstrahlgebläse ermittelt werden. Je geringer hierbei die Gewichtverluste, um so geeigneter ist die betreffende Holzart.

Früher hat man nur den Abschleifverlust bestimmt und dazu die von Bauschinger oder die von Böhme entworfene Abschleifmaschine benutzt. Da aber z. B. für Fußböden neben der Abschleifung auch Stoßwirkungen durch die Absätze der Begehenden aus-

geübt werden, hat Gary seit 1900 noch die Abnutzung durch das Sandstrahlgebläse hinzugefügt, vgl. B. M. 1904, 3, S. 103/123. Streng genommen sind beide Prüfungen erforderlich, um daraus die Eignung einer Holzart für Fußböden zu ermitteln. Man unterscheidet dann beide Angaben am kürzesten als Schleifverlust und Blasverlust in Gramm für die Flächeneinheit, nicht in Prozent des ursprünglichen Gewichts, da dieses von Form und Größe der Probe zu sehr abhängt, um als Vergleichswert zu dienen. Da aber die Stoßwirkung im allgemeinen die wichtigere ist und unsere Räume für eine Abschleifmaschine zu beengt sind, verzichtete ich auf letztere und beschaffte nur ein Sandstrahlgebläse (das auch für Gestein- und Mörtelprüfungen häufig benutzt wird).

Das Berliner Gebläse arbeitet mit Dampfdruck, der uns hier nicht zur Verfügung stand, während wir Luftdruckerzeuger ohnehin für unsere Preßluftwerkzeuge nötig haben. Deshalb wurde bei Vogel & Schemann in Kabel i. W., die für Berlin ein Dampfdruckgebläse geliefert hatten, ein Sandstrahlgebläse mit Preßluft bestellt, und durch Vergleich der Abnutzgrößen, die an verschiedenen Baustoffen sowohl in Berlin als hier erzielt wurden, festgestellt, daß die von Gary eingeführten Berliner Vorschriften, wonach der zu prüfende Baustoff zwei Minuten lang einem mit Dampfdruck von 3^{at} 123) betriebenen Normensandstrahl 124) ausgesetzt wurde, hier dahin abzuändern waren, daß der Preßluftdruck des Normensandstrahls nur 2^{at} zu wirken brauchte, um in der gleichen Zeit die gleiche Wirkung zu erzielen wie im Baustoffprüfamt Berlin-Großlichterfelde W. Dieses Preßluftgebläse hat außerdem den Vorteil, daß keine Dampftrocknung erforderlich ist.

123) Warren benutzte überhitzten Dampf von 40 $\frac{\text{at}}{\text{cm}^2}$ = 2,81 at, vgl. 113), S. 18.

124) Der dazu verwendete Normenabfallsand ist der abgeseibte und nach Prüfung durch das Baustoffprüfamt Großlichterfelde unter Plombenverschluß zu beziehende Abfall aus der Anfertigung des Normensandes für Zementprüfungen; dieser Abfall kommt uns immerhin noch teurer zu stehen als ein gleich schwerer Sack besten Zements.

Zahlreiche Ergebnisse mit diesem Sandstrahlgebläse sind im vorhergehenden mitgeteilt und lassen die Vorteile seiner Verwendung auch zur Prüfung des Gefügebaues der Hölzer erkennen. Die mitgeteilten Abnutzzahlen beziehen sich, wo nichts Besonderes erwähnt ist, auf die Abnutzung luftgetrocknenen Holzes. Es ergab sich stets bei Hirnholz eine weit geringere Abnutzung als bei Seitenholz, weshalb zu den Berliner Zahlen, S. 195, ein Fragezeichen gesetzt ist.

Unsere Zahlen bedeuten Gewichtverluste in Gramm bei zwei Minuten Blaszeit unter 2^{at} Preßluftdruck. Natürlich ist dann noch der Durchmesser der Blasfläche anzugeben, der meist 4 cm beträgt, häufig aber auch 5 cm; die betreffenden Zahlen sind behufs Vergleich selbstverständlich auf einen Durchmesser umzurechnen. In Berlin hat man diese Gewichtverluste zum Teil in cm³ Holz für 1 cm² Blasfläche umgerechnet, wie S. 195 angegeben ist; doch ist die Genauigkeit dieser Umrechnung anfechtbar, weil die Hohlräume im Holze an verschiedenen Stellen sehr verschieden sein können und daher r_t nicht an jeder Stelle stimmt. Auch kommen besonders im Fladen- und im Spiegelschnitt der Nadelhölzer so starke Vertiefungen vor, daß man mit jener Umrechnung keine anschauliche Vorstellung der Abnutzung gewinnen kann, sondern hierzu einer bildlichen Darstellung bedarf, für die dann die Angabe der Blasfläche und des Gewichtverlustes genügt. Diese Zahlen sind den Bildern der einzelnen Holzarten beigelegt.

Für manche Zwecke ist es von Wert, den Einfluß der Feuchtigkeit des Holzes auf die Abnutzgröße zu erfahren, wozu neue Versuche dienen, die leider wegen Kriegausbruchs nicht wie beabsichtigt weiter ausgedehnt werden konnten, da meine Gehilfen einberufen wurden und geschulter Ersatz nicht aufzutreiben war. Ja, heute fehlt mir sogar die Zeit, die vorhandenen Ergebnisse mitzuteilen. Ich kann nur sagen, daß im allgemeinen mit der Feuchtigkeit die Abnutzung zunimmt. Nur bei völlig wassersatten Hölzern sind zum Teil geringere Gewichtverluste erzielt worden, vermutlich weil die wassersatten Zellwände unter dem Gebläse zurückgedrückt werden und ausweichen können, statt abzureißen.

G. Härteversuche.

Nach S. 10/11 ff. ist von den früheren Verfahren zum Messen der Härte des Holzes heute eigentlich nur noch das von Gary eingeführte Sandstrahlgebläse und die von Janka eingeführte Kugeldruckprüfung in Anwendung. Man hoffte durch letztere sehr viel einfachere und rascher auszuführende Prüfung die so schwierige Zug-, ja sogar die Druckprüfung entbehrlich zu machen, d. h. eine einfache Beziehung zwischen Kugeldruckhärte und Zug- sowie Druckfestigkeit aufstellen zu können durch allerdings sehr zeitraubende und mühevollen Versuche, die von Janka für österreichische Hölzer seit 1906 durchgeführt werden, ferner von Warren für australische, von Cline (U. St. Forest Service) für nordamerikanische Hölzer. In Newyork wurde darüber 1912 von den genannten drei Forschern folgendes mitgeteilt, vgl. W.-V. 1912, Bd. II, 13, Nr. XXIII, 3, 5 und 6. Janka hat die Brinellsche Kugeldruckprüfung für Holz derart abgeändert, daß er einen kreisrunden Stahlstempel von $1,1284 \text{ cm } \varnothing$, also 1 cm^2 Querschnitt unten halbkugelförmig ausrundete und so lange ins Holz eindrückte, bis die ganze Halbkugel — aber ja nicht mehr — sich hineingepreßt hatte. Die hierzu erforderliche Kraft H in kg stellt dann die Belastung in kg/cm^2 oder kürzer in at dar und gibt also unmittelbar das Härtemaß H des Holzes in at an. Diese Härte ist für Hirnholz anders als für Seitenholz; zum Vergleich verschiedener Hölzer sollen aber nur die Zahlen für Hirnholz dienen.

Anmerkung. Der Ersatz des Kugeldrucks durch Ludwigs Kegeldruck hat sich für Holz als unzweckmäßig erwiesen, da der Bau des Holzes zu verschiedenartig ist und zum seitlichen Ausweichen der harten Fasern führt, also höchstens die Härte gegen das Eindringen von Nagelspitzen darstellt, was nicht allgemein genug.

Janka gibt dann S. 4 eine Liste seiner Prüfwerte für r_t , E_t , σ_{bt} , σ_t'' , σ_0'' und H_t bei Fichte, Lärche und Esche, verabsäumt aber leider deren Darstellung im Meßbild, das viel anschaulicher gezeigt hätte, daß in der Tat bei gleichförmig gewachsenen Baumstämmen die Schaulinien für r_t als Abszissen und die Werte E , σ und H als Ordinaten ziemlich gleichförmig verlaufen, also einfache Beziehungen zwischen diesen Werten erhoffen lassen, wenn erst zahlreichere Prüfwerte vorliegen, so daß

künftighin aus den Härtezahlen die anderen vielleicht errechnet werden können. Doch ist dabei die Feuchtigkeit n von Einfluß, indem mit steigendem r_t und gleichbleibendem n der Wert H zunimmt, während mit steigendem n und gleichbleibendem r_t der Wert H abnimmt. Leider stimmt dies aber nicht mehr für einseitig gewachsene Stämme, die nach S. 215 auf der Leeseite das härtere breitringige Rotholz, auf der Windseite dagegen weiches, aber zugfesteres Holz besitzen sollen. Jankas Zahlen ergeben hier wohl größere Werte von H auf der Leeseite als auf der Windseite, dagegen sind seine Werte von σ' auf der Leeseite, die vom Volk als harte Seite bezeichnet wird, kleiner als auf der Windseite; ferner scheint für $n < 10\%$ die Zunahme von H nicht gleichen Schritt zu halten mit der von σ' .

Es sind also noch viele Versuche nötig, um Klarheit über diese Beziehungen zu schaffen. Auf die Zahlen von Cline und Warren a. a. O. sei hier nur verwiesen und schließlich mitgeteilt, daß ich mich erst im Mai dieses Jahres entschlossen habe, die Jankasche Prüfung einzuführen. Die Amslersche kleine 3000 kg-Pressen für Zug und Druck war hierfür sehr geeignet (der dafür geplante Meßbildzeichner ist leider noch nicht zur Ausführung gelangt), es brauchte nur noch für die Amslersche Bauart des Brinellkugelapparats der oben genannte Stahlstempel nachgeliefert und die Kreiseinteilung entsprechend ergänzt zu werden, was wir selbst ausführen konnten, so daß die Kosten für Beschaffung des Jankaschen Halbkugelstempels nur 12 M. betrugen oder einschließlich des Brinellapparats selbst 156 M., zusammen also nur 168 M. In der kurzen Zeit konnten bisher nur Härteprüfungen an Fichten, Kiefern, Tiek und afrikanischen Harthölzern ausgeführt werden, teils lufttrocken, teils auch wassersatt. Letzterenfalls wurde bei Afzelia mit $n = 57\%$ ringsum den Kugeleindruck ein breiter Wasserfleck ausgepreßt, wie Bild 85 d zeigt. Die Prüfung geschah sonst ganz nach Janka. Die Geschwindigkeit des Eindrückens betrug 1 mm/minute. Für jede Probe sind neun Eindrücke gemacht, um der Ungleichheit des Holzgefüges Rechnung zu tragen und das arithmetische Mittel aus den neun Einzelwerten als Härtemaß gewählt. Dabei ergab sich:

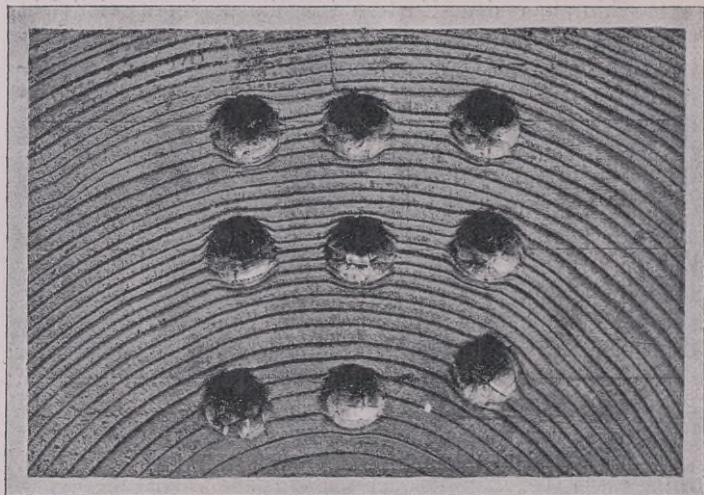


Bild 85a. *Fichte*.

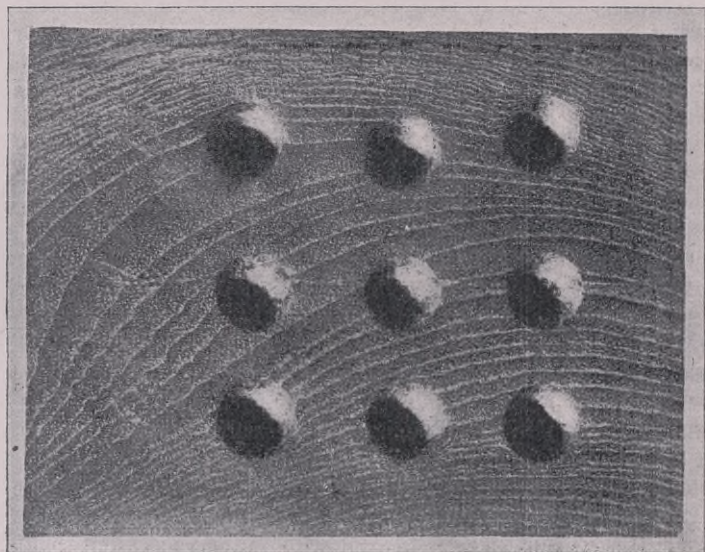


Bild 85b. *Ostindisch Tiek (aus Mulmein)*.

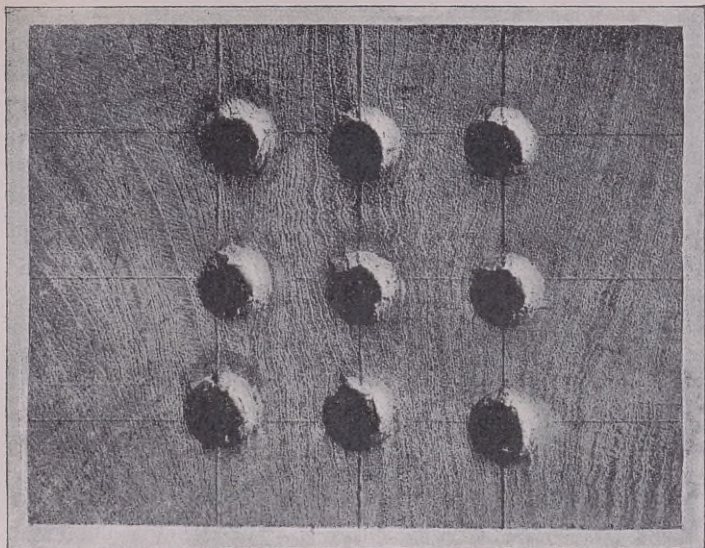


Bild 85 c. *Java Tiek.*

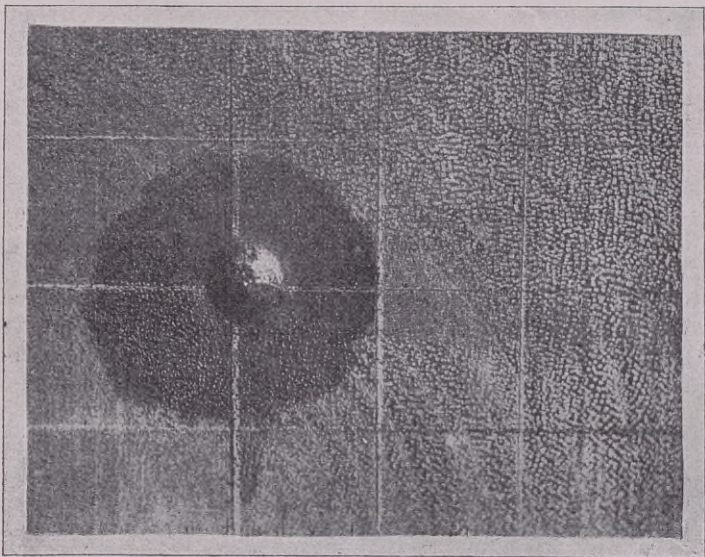


Bild 85 d. *Afzelia* (aus Kamerun) bei $n=57\%$ gedrückt; nasser Flecken ringsum ausgegrest.

für Bild 85 a, Fichte:

$$n_t = 12,6 \text{ ‰}; r_t = 0,437; \sigma'' = 412 \text{ at}; H = 185 \text{ at};$$

für Bild 85 b, Ostindisch Tiek, feucht:

$$n = 16,7 \text{ ‰}; r_t = 0,680; \sigma'' = 462 \text{ at}; H = 371,4 \text{ at};$$

für Bild 85 c, Java Tiek, etwas feucht:

$$n = 23,8 \text{ ‰}; r_t = 0,713; \sigma'' = 391 \text{ at}; H = 349 \text{ at};$$

desgl. trocken:

$$n = 15,4 \text{ ‰}; r_t = 0,696; \sigma'' = 540 \text{ at}; H = 400,8 \text{ at};$$

für Bild 85 d, Afzelia:

$$n = 57,0 \text{ ‰}; r_n = 1,12; \sigma_n'' = 604 \text{ at}; H_n = 510 \text{ at};$$

ferner bei trockenerem Afzelia:

$$n = 33,8 \text{ ‰}; r_n = 0,965; \sigma_n'' = 712 \text{ at}; H_n = 546 \text{ at};$$

bei letzterer Probe spalteten aber die Ecken auf; sonst wäre wohl H_{34} entsprechend größer ausgefallen als H_{57} .

Leider fehlte mir die Zeit, weitere Ergebnisse zusammenzustellen, die sich auf den Vergleich der Hirnflächen mit den Seitenflächen sowie auf den Vergleich für zahlreichere Werte von n beziehen; die Prüfungen mußten jäh abgebrochen und sollen später ergänzt und ausführlicher mitgeteilt werden, besonders für unsere Kameruner Hölzer Afzelia, Njabi, Bang, Bilinga usw., vgl. S. 195.

Die ausführlichsten Ergebnisse mit österreichischen Hölzern gibt Janka a. a. O., Heft 35 und 37.

H. Raumgewicht r_n und Feuchtigkeitgrad $n \text{ ‰}$.

Eine notwendige Ergänzung dieser Festigkeitsversuche ist die Ermittlung des Raumgewichts r_n und des Wassergehaltes der Prüfkörper, ersteres zu Beginn der Versuche, letzteres unmittelbar danach. Ueber beide Bestimmungen ist schon S. 14 ff. ausführlich berichtet, so daß hier betreffs Raumgewicht r nur noch zu sagen ist, daß sich in den meisten Fällen nicht das Eintauch-

verfahren, sondern die Berechnung von $r = \frac{G}{J} = \frac{\text{Gewicht}}{\text{Rauminhalt}}$

empfiehlt, was hier um so leichter möglich ist, als es sich meist um Proben von kleinen, aber genau rechtwinklig bearbeiteten Körpern handelt, während das Eintauchverfahren in der Regel zu umständlich und schwierig ist, so daß das vom Weltverband empfohlene Friedrichsche Präzisions-

xylometer (s. S. 20) sowohl in Berlin als an seinem Ursprungsort Mariabrunn (Oesterreich) nur selten mehr verwendet wird.

Schwierigkeiten entstehen allerdings bei Biegeproben größerer Abmessungen, weil man hier nicht mit Sicherheit auf eine gleichmäßige Verteilung der Feuchtigkeit durch das ganze Stück hindurch rechnen kann.

Der Weltverband fordert daher in diesem Fall „das Herausschneiden von 2 bis 5^{cm} starken Scheiben, die möglichst nahe an der Bruchstelle quer zum Stabe zu entnehmen sind und den ganzen Stabquerschnitt umfassen“, was sich bei stark zerrissenen und durch Scherspannungen der Länge nach zerschlitzten Balken schwierig ausführen läßt, auch den Nachteil hat, daß solche oft sehr lehrreichen und daher möglichst im ganzen aufzubewahrenden Prüfkörper verloren gehen oder durch nachträgliches Zusammenleimen beeinträchtigt werden. Man kann dies vermeiden, wenn man die Probekörper aus starken Bohlen herausschneidet, rasch bearbeitet und zerdrückt und neben dem inneren Ende des Probekörpers gleich eine Scheibe aus der Bohle heraussägt und deren Feuchtigkeit sofort mißt. Bei zusammengesetzten Balken, die längere Zeit zur Bearbeitung bedürfen, versagt freilich dieser Ausweg oder wird zu ungenau, da schmale Hirnschnittscheiben viel rascher an der Luft austrocknen als längere Balkenstäbe. Zwar empfiehlt sich auch hier, das n der Scheibe sofort nach dem Absägen zu bestimmen, die bearbeiteten Stücke aber bis zur Prüfung in einem etwas feuchteren Raume aufzubewahren als sie vorher lagen, was auch zur Verhinderung von Schwindrissen sich empfiehlt (z. B. im Keller statt in der Tischlerwerkstatt), da sonst viel größere Fehlerquellen entstehen als durch die Sägearbeit. Um bei letzterer keine zu starke Luftzufuhr und Wärmeentwicklung — also Verdampfung — eintreten zu lassen, fordert der Weltverband, daß „die Sägeschnitte nicht mit Maschinen, sondern mit der Handsäge zu erstellen sind“, was aber für kleine Stücke von zweifelhaftem Erfolg ist; ich ziehe Bandsägeschnitte für kleine Probestäbe vor, bei denen keine starke Luftzufuhr eintritt.

Ueber die Bezeichnungen r_g , r_0 , r_t , r_u s. S. 14.

Wegen des Quellens und Schwindens der Hölzer ist für jeden einzelnen dieser Feuchtigkeitzustände nicht bloß

sein Gewicht, sondern auch sein jeweiliger Rauminhalt erst unmittelbar vor der Prüfung der Festigkeit zu bestimmen.

Man hofft, später die Prüfung der Festigkeit durch die des Raumgewichts ersetzen zu können. Zu den Formeln S. 24 ff. ist mittlerweile noch die von Smith hinzugekommen, der ziemlich allgemein fand:

$$\sigma''_{lt} = 722 r_t \text{ in }^{at}, \text{ wenn } r_t \text{ in }^{t/m^3}.$$

Diese Formel ist überraschend einfach, aber nachzuprüfen und Zahl 722 wahrscheinlich zu verkleinern, um sie vergleichbar zu machen, da Smith zu rasch belastet hat¹¹³⁾.

Der Feuchtigkeitsgehalt n ist von besonders starkem Einfluß auf die Festigkeit der Hölzer. Zahlenangaben über Festigkeit ohne Beifügung ihres Feuchtigkeitsgrades sind daher sehr unsicher, und manche Widersprüche in älteren Versuchergebnissen lassen sich zwar z. T. auf die große Verschiedenheit des Zellenbaues in ein und demselben Stamme, häufiger aber lediglich auf Nichtbeachtung von deren verschiedenen Feuchtigkeitsgraden zurückführen⁹¹⁾. Der Weltverband schreibt daher vor:

1. Der Feuchtigkeitsgehalt ist in $\frac{0}{100}$ des vollständigen Trockengewichts (das ich S. 14 kurz als „Darrgewicht“ bezeichnet habe) anzugeben; er ist möglichst an den ganzen Probestücken oder, falls diese zu groß sind, an Scheiben zu bestimmen, die nahe der Bruchstelle quer zur Probe entnommen sind.
2. Ueber die Dicke dieser Scheiben und deren Entnahme mittels Handsäge s. oben.
3. Die Trocknung geschieht so lange, bis keine größeren Gewichtunterschiede als $0,3 \frac{0}{100}$ des Trockengewichts mehr festzustellen sind, im gut gelüfteten Trockenschrank von 95 bis 98°C .
4. Die Wägung der getrockneten Proben erfolgt erst, nachdem letztere in gutschließenden Exsikkatoren über Schwefelsäure auf die Luftwärme abgekühlt sind.
5. Als einheitlicher (Normal-)Feuchtigkeitsgehalt, auf den Feuchtigkeits- und Gewichtszahlen umzurechnen sind, ist $15 \frac{0}{100}$ ¹²⁵⁾ anzusehen.

¹²⁵⁾ Schon S. 17 ist betont, daß diese Zahl erst nachträglich an Stelle der ursprünglichen 12 gesetzt wurde nach sehr lebhaften Verhandlungen und daß Wolfman¹²⁾ lieber $14 \frac{0}{100}$ setzen möchte.

Die strenge Befolgung dieser Vorschriften ist im Hinblick darauf, daß man hierbei den Feuchtigkeitsgehalt des Probekörpers erst nachträglich ermitteln kann, sehr zeitraubend und trotzdem unsicher, da über die geforderte Umrechnung der Festigkeit σ_n bei beliebigem Feuchtigkeitsgehalt n der Probe auf die Festigkeit σ_{15} bei Normalfeuchtigkeit 15 % zu wenig bekannt ist. Der Weltverband gibt keine festen Regeln für diese Umrechnung an, und wir werden sie wohl auch noch lange entbehren müssen. Um zu entscheiden, ob sie überhaupt je einwandfrei ganz allgemein festzustellen sind, müssen noch sehr viele Versuche mit verschiedenen Holzarten gemacht werden. Die bis jetzt aufgestellten Formeln sind schon S. 15 erwähnt. Ihre Nachprüfung muß von vielen Seiten geschehen, ist auf alle wichtigen Holzarten auszudehnen und zunächst zeichnerisch festzulegen, ehe man an die Aufstellung allgemein gültiger Formeln herantreten kann.

Rudeloff gibt z. B. in B. M. 1912, 7, S. 390/91 Schaubilder für die Abnahme der Biegefestigkeit σ_b bei Fichtenholz mit zunehmender Feuchtigkeit, die ähnlich verlaufen wie die zwei nachstehend wiedergegebenen für σ'' und n .

Die von mir begonnenen Versuche mit Druckstäben verschiedenen Feuchtigkeitsgrades sind durch den Krieg abgebrochen worden, die vorläufigen Werte sollen aber im Bild 86 a angenähert mitgeteilt werden. Vorher sind übrigens obige Weltverbandvorschriften noch kurz zu besprechen:

Punkt 1 und 2 sind schon beim Raumgewicht beleuchtet.

Punkt 3 beschränkt den sonst allzuzeitraubenden Versuch zur Bestimmung des Darrgewichts auf die Zeit, wo für zwei aufeinanderfolgende Wägungen nicht mehr als 0,3 % Gewichtunterschied sich ergeben.

Wiegt also das gedarrte Probestück, wie es für unsere kleinen Vierkanthölzer häufig vorkommt, 30–40 g, so beträgt bei 33 g der Wert 0,3 % schon 0,10 g oder 100 mg. Man erhält dann günstigstenfalls das Darrgewicht um diese Zahl zu hoch. Benutzt man zum Abwägen beste Handelwagen mit 20 mg Empfindlichkeit, was im allgemeinen genügt, und verzichtet man auf die allzupein-

liche Forderung 4, d. h. wiegt man die auf 95—98 ° C erhitzten Hölzer, ohne die Abkühlung abzuwarten, so verursacht der durch die Wärme bewirkte Luftauftrieb einen Abwiegefehler von höchstens 0,10 0/0, also nur $\frac{1}{3}$ von dem, was in obiger Fehlerquelle zugelassen ist. Die Exsikkatorkühlung erscheint mir daher überflüssig, wenn nicht feinere analytische Wagen und höhere Erhitzung stattfindet, welch letzteres aber neue Fehlerquellen hervorrufen würde. Man kann daher Forderung 4 ruhig streichen.

Zur Ausführung des Trocknens solcher Probestücke eignet sich der gewöhnliche Trockenofen der Physiker sehr wenig; auch wenn er rings mit Asbestplatten umkleidet und mit einem der üblichen Quecksilberthermostaten versehen ist, läßt sich bei wechselndem Gasdruck die gewünschte Innenwärme von 95—98 ° C sehr schwer festhalten. Ueber Nacht steigt sie oft höher, falls nicht regelmäßig nachts beaufsichtigt wird; durch Erhitzen über 100 ° C erhält man aber wochenlange Abnahme des Gewichts, die jedoch nicht bloß vom Verdunsten des Wassergehalts, sondern auch von der über 100 ° C beginnenden Destillation des Holzes herrührt und zu spät erst durch starke Bräunung des Probestücks erkannt wird. Diese Bräunung und Destillation ist bei vielen unserer älteren Versuche eingetreten, die daher verworfen werden mußten. Eine sichere Wärme-reglung ist nur erzielbar, wenn man den Trockenofen mit Wassermantel umgibt, der durch einen sog. Rückflußkühler auch über Nacht stets auf 98 ° C gehalten werden kann. Eine wesentliche Beschleunigung des Trocknens wird nach Wawrzinioks¹²⁶⁾ Vorschlag erreicht, wenn man gleichzeitig das zu verdampfende Wasser samt der Luft absaugt, und zwar am besten durch Anschluß des Ofens an die nächste Wasserleitung mit Hilfe einer Körtingschen Strahlpumpe, die überall leicht und billig zu haben ist und rasch eine Luftverdünnung auf 760 mm Hg-Säule herstellt. Der uns hiernach von Hegershoff in Leipzig gelieferte zylindrische Trockenofen hat 10 cm

¹²⁶⁾ Wawrziniok: Handbuch des Materialprüfwesens, Berlin 1908, S. 434. Dort ist auch schon unser kurzer Ausdruck Darrgewicht (s. S. 14) gebraucht.

Lichtweite und über 30^{cm} Länge, reicht also für das Trocknen von Zugstäben und 7^{cm}-Würfeln reichlich aus, kostet nur 118 M. und darft weiche Hölzer ohne Gefahr des Reißens und Bräunens oder gar Ankohlens schon binnen 1½ bis 2 Tagen, harte Hölzer in etwa 4 bis 6 Tagen; z. B. wurde ein dichter schwerer Java-Tiek-Würfel von 7^{cm} Kantenlänge feucht eingebracht mit 251,60^g Gewicht und wog

			also Abnahme	
			g	%
nach 48 Stunden noch	203,65 g		47,95	19,1
„ weiteren 48 Stunden	202,53 „		1,12	0,56
„ „ 48 „	202,05 „		0,48	0,24
„ „ 48 „	202,09 „		— 0,04	— 0,02

Der Wasserverbrauch war hierbei stündlich etwa 600^l, also täglich 14,4 m³; es empfiehlt sich daher, möglichst viele Hölzer gleichzeitig zu trocknen, soweit der Ofen sie fassen kann, um die Kosten für Wasserverbrauch zu ermäßigen.

Anmerkung: Die kleine Gewichtszunahme am Schluß obigen Versuchs wird häufig beobachtet. Schild vermutet daraus Aufnahme von Ozon, Oxydation sowie Bildung von Ameisen- und Essigsäure und schlägt eine Hitze von 111° C im Wasserstoffgasstrom vor, was viel zu umständlich und wohl beim Luftabsaugen auch überflüssig ist. Die älteren Versuche haben zum Teil zu große Hitzegrade angewandt, vgl. B. M. 1899, 4, S. 191/2.

Unser Saugtrockenschrank (Vakuumpapparat) mit Rücklaufkühler arbeitet, ohne Schwindrisse zu erzeugen, sehr rasch im Vergleich mit den älteren Verfahren und dürfte genügend genau sein.

Der Gang der Versuche zur Ermittlung des Einflusses der Feuchtigkeit n in % des Darrgewichts auf die Festigkeit ein und derselben Holzart ist nun der, daß man aus einem möglichst gerade gewachsenen Bohlenstück zahlreiche Vierkante zu Druckstäben, Zugstäben, Scher- und Biegeproben dicht nebeneinander¹²⁷⁾ herausschneidet, so daß bei allen für gleiches n annähernd gleiche Festigkeiten zu erwarten sind, daß man nun mindestens je zwei dieser Stäbe in lufttrockenem, in Darrzustand und bei ver-

¹²⁷⁾ Bei Kernbäumen ist auch noch zwischen Kern- und Splintholz zu unterscheiden; bei Bäumen mit sehr ungleichen Jahrringen zwischen diesen.

schiedenen Graden der Wasseraufnahme¹²⁸⁾ auf ihre jeweilige Festigkeit prüft, sofort nach dem Versuch den Feuchtigkeitsgehalt der ganzen Stäbe (oder falls sie zu groß, der Bruchstellenscheiben) bestimmt und für die so gefundenen Werte n als Abszissen die zugehörigen Festigkeiten als Ordinaten auf mm-Papier aufträgt. Man erhält dann eine Reihe von Punkten, durch welche sich eine Ausgleichlinie ziehen läßt; deren Schnittpunkt mit der Ordinate zu $n = 15 \%$ gibt die mittlere Festigkeit in lufttrockenem Zustand.

Nur wenn diese Ausgleichlinie für verschiedene Holzsorten ähnlichen Verlauf zeigt, kann man versuchen, eine allgemeine Gleichung für deren wahrscheinlichen Verlauf aufzustellen und hieraus dann die Festigkeitswerte für $n = 15 \%$ berechnen, nachdem σ'' für irgend zwei andere n durch Versuche festgestellt ist. Falls aber diese Kurvengleichung nicht als allgemein gültige Beziehung feststellbar ist, sind für jede Holzart stets mehrere Versuche mit verschiedenen Feuchtigkeitszuständen nötig, um durch Zeichnung die mittleren Werte für $n = 15 \%$ zu finden.

Man sieht, die Arbeit ist sehr umfangreich und zeitraubend. Sie wurde von mir zunächst nur für die Druckfestigkeit, Härte und Abnutzung von Fichtenholz, sodann für Eichen- und Tiekholz ermittelt; Rotbuche und Kiefer waren schon früher untersucht, aber mit gewöhnlichen Trockenöfen, die Ergebnisse sind also nach obigem zu unsicher, sollen daher später wiederholt werden.

Fichtenholz: Zunächst seien mitgeteilt die Prüfungen an Fichtenholz, das aus jener Bohle Bild 29 stammt, die — mit Ausnahme der eingewachsenen Aeste Bild 64 — ziemlich gleichmäßigen Faserverlauf besaß mit $r_0 = 0,40$.

Bild 86 a zeigt unten den Verlauf der ausgeglichenen Kurve (σ'' , n) für Fichtenholz. Hätte man auch noch die Werte r_n aufgetragen, so ergäbe sich hierfür eine

¹²⁸⁾ Wünschenswert ist ferner die Ermittlung an grünem Holz, wenigstens für unsere Kriegsbrücken, die häufig hieraus angefertigt werden müssen. Es ist nicht ohne weiteres anzunehmen, daß deren n die gleiche Festigkeit ergibt wie künstlich genäßtes Holz vom selben n , so lange hierüber nicht einwandfreie Versuche vorliegen.

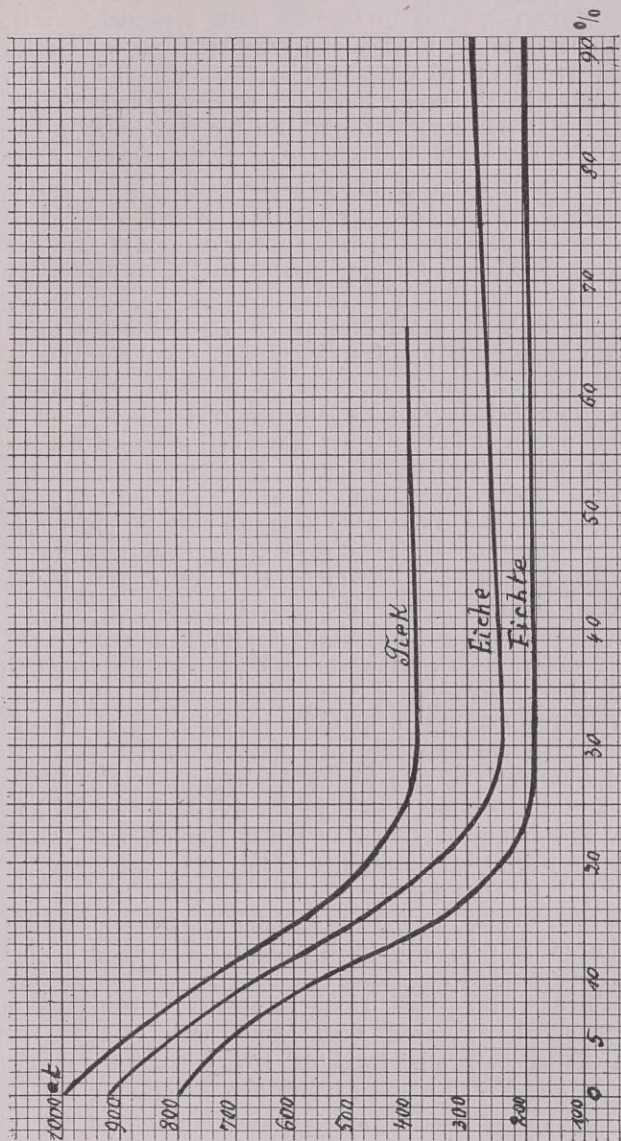


Bild 86 a. Beziehung zwischen Feuchtigkeit n in % (Abszissen) und Druckfestigkeit σ' in at (Ordinaten).

mit n ansteigende Kurve, die fast geradlinig verläuft. Auch Härte- und Abnutzkurve hätte man hinzufügen können; doch fehlen mir hierfür noch einige Werte, weshalb ich vorerst auf deren Eintragung verzichte.

Im Darrzustand ist die Druckfestigkeit σ'_0 mehr als doppelt so groß wie in gut lufttrockenem Zustand und in letzterem fast doppelt so groß wie in feuchtem. Es ergab sich: $\sigma'_0 = 800$, $\sigma'_{15} = 365$, $\sigma'_{25} = 195$, $\sigma'_{30} = 190$ at. Dann steigt die Kurve wieder fast geradlinig an, aber nur bis 200 at bei $n = 90\%$. Für größere n scheint σ'' wieder abzunehmen, doch liegen hierfür noch zu wenig Messungen vor. Die Kurve zeigt also von $n = 0$ ab zuerst langsamere, dann von etwa $n = 5\%$ allmählich raschere Abnahme für σ''_n , fällt am stärksten zwischen $n = 10$ und $n = 15\%$, um sich dann wieder zu verflachen und bei $n = 28$ bis 50% ihre tiefste Lage zu erreichen.

Ein Wendepunkt liegt also bei etwa $n = 12\%$; ob ein zweiter bei etwa $n = 90\%$ liegt, ist noch zu untersuchen.

Janka hat für Oesterreichs Fichtenwälder ausführlichere Messungen gemacht und findet einen ähnlichen Kurvenverlauf, unterscheidet aber verschiedene Gütegrade der Fichte zwischen $r_0 = 0,34$ bis $0,54$ und zeichnet für diese und vier Zwischenwerte je besondere Kurven, erhält also eine Kurvenschar von ähnlichem Verlauf, worauf hier verwiesen sei a. a. O.⁶⁾ 1904, Tafel II; er fügt hinzu, daß die Abnahme von σ'' erst von da ab zu Null wird, ja sich in eine kleine Ansteigung verwandelt, wo die Zellwände bereits wassersatt, während das Zellinnere sich nun erst mit Wasser zu füllen beginnt, was zwischen $n = 25$ bis 50% eintreten pflegt.

Für Kiefer ist der Verlauf ein ähnlicher.

Für Eiche und Buche gleichfalls; man erhält für Eiche etwa die mittlere Kurve, für Rotbuche liegt sie noch etwas höher.

Tiekhholz: Das Tiekhholz spielt im Schiffbau und im Eisenbahnwagenbau auch heute noch eine so wichtige Rolle, daß mir Direktor Dr. Weiskopf zahlreiche Proben zur Nachprüfung sandte, deren Herkunft nur ganz allgemein, teils nach dem bekannten hinterindischen Ausfuhrhafen Mulmein benannt war, teils aus Java stammte,

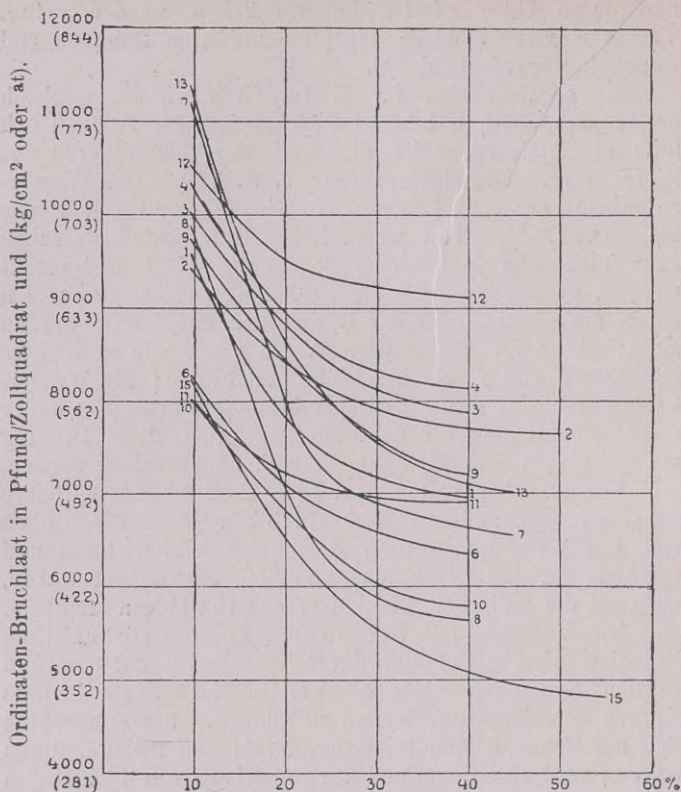
und deren Güte miteinander verglichen werden sollte. Von den zwei anderen Hauptausfuhrhäfen Rangoon und Bangkok war nichts dabei.

Es ergaben sich für Mulmein Tiek die ungleich breiten Jahrringe, welche Bild 85 b zeigt, für Java Tiek teils die gleichen, teils die noch unregelmäßigeren des Bildes 85 c. Die Härteprüfung s. S. 318. Die Wasseraufnahme ging sehr langsam vor sich¹²⁹⁾ und gelang nur bis zu 51,8 0/0. Ein wesentlicher Unterschied zwischen Java Tiek und Mulmein Tiek konnte nicht festgestellt werden, so daß für beide die Beziehung zwischen σ'' und n durch die obere Kurve des Bildes 86 a dargestellt werden kann; sie zeigt für höhere Werte von n ein geringeres Nachlassen von σ'' als bei Eiche und Fichte; für Schiffbauten erscheint somit Tiekholz besonders geeignet; daher seine Bevorzugung für Schiffbauten. Auch diese Prüfung mußte wegen des Krieges zu früh abgebrochen werden.

Von manchen Seiten wird Java Tiek für das sprödere gehalten, von anderen Mulmein Tiek. Die Biegeproben von Dr. Weiskopf werden demnächst veröffentlicht und sprechen für Java Tiek, das künstlich angepflanzt wurde, während die indischen Tiekhölzer aus Urwäldern stammen.

Die Versuche mit Hölzern aus unseren afrikanischen Kolonien sind gleichfalls durch den Krieg unterbrochen worden und noch nicht so weit gediehen, um sichere Kurven derselben aufzeichnen zu können. Sie erstreckten sich auf Bongosi, Afzelia, Bang, Njabi und Bilinga, deren Kurven vermutlich zum Teil noch oberhalb von Tiek liegen dürften. Afzelia scheint besonders fest, aber spröder als die anderen zu sein. Bei der Kugeldruckprobe spaltete sich das Holz nach den Rändern zu aus, vgl. die Zahlen S. 318.

¹²⁹⁾ Die Proben waren noch ziemlich feucht, die Sägeflächen rochen kräftig nach frischem Leder, besonders bei Java Tiek; trotzdem konnte keine Spur von Gerbsäure darin gefunden werden, was für den Rostschutz der eingetriebenen Eisen von hohem Werte ist. Dagegen fand Professor Dr. Jänecke darin etwa 2 0/0 Kieselsäure und 2 1/4 0/0 Calciumoxyd. Die Analysen, die Wehmer a. a. O.⁷⁶⁾, S. 648, mitteilt, stimmen hiermit gut überein; er gibt noch an, daß darin Harz mit Tecto-chinon C₁₈, H₁₆, O₂ und in frischem Zustand ein besonders fettes Oel enthalten ist, das die langsame Wasseraufnahme erklärt. Ob dies auf die Dauer wirksam bleibt?



Abzissen-Feuchtigkeit n in % des Darrgewichts.

Bild 86 b. Warrens Versuche mit Eukalyptushölzern.

Hierin bedeutet: 1 Blackbutt, 2 Tallowwood, 3 Grey Gum, 4 Grey Ironbark, 6 Blue Gum, 7 Brush Box, 8 Turpentine, 9 Red Mahogany, 10 White Mahogany, 11 Colonial Teak, 12 Grey Box, 13 Woollybutt, 15 Turpentine, s. a. Liste VII, S. 184.

Man sieht, wie verschieden die beiden Turpentine*) 8 und 15 sind, vgl. S. 186.

*) Kraiss⁵⁾ warnt vor Fälschungen; es gäbe im Handel viel minderwertiges Turpentine. Nach Vespermann⁸⁷⁾, S. 51, hätten Eisenbahnschwellen aus Blackbutt und Turpentine viel geringere Dauer als die anderen.

Bei 13 australischen Eukalyptusarten fand Warren nach W.-V. 1912, Bd. II, 13, XXIII, 6, S. 4, die in Bild 86 b dargestellten Kurven, die sich zum Teil überschneiden, was dafür spricht, daß einfache gemeinsame Gleichungen für die Beziehung zwischen n und σ'' kaum zu finden sind. Am günstigsten ist der Verlauf für die Kurven 2, 3, 4 und 12, die Talgholz, Grey Gum, Grey Ironbark und Grey Box darstellen. Liste VII, S. 184, wird hierdurch anschaulich ergänzt. Die Blackbuttkurve 1 verläuft steiler als die für Talgholz 2, so daß sich beide im Feuchten wohl verschieden verhalten dürften und die übliche wahllose Mischung beider für Pflasterklötze Bedenken erregt, vgl. S. 185. Auch sollen viele Harzgallen vorkommen, die sich, falls sie in der Nähe der Oberfläche versteckt liegen, wohl ebenso wie bei Nadelholz durch Ausschmelzen kenntlich machen müssen.

Am ungünstigsten stellt sich Turpentine 15 vom südlichen und 8 vom nördlichen Küstengebiet, was nicht für deren Vorzüge bei Wasserbauten spricht, vgl. S. 186. Jedenfalls ist Vorsicht in der Auswahl nötig, besonders wenn sich auch noch bestätigen sollte, daß im Handel viel minderwertige oder fälschlich als Turpentine bezeichnete Hölzer vorkommen.

Bild 86 b reicht nur von $n = 10$ bis $n = 40 - 60 \text{ ‰}$.

Warren fand bei den meisten australischen Hölzern durch Trocknen im Trockenofen nach W.-V. II, 16, C, S. 27, sogar eine Verminderung der Festigkeit, was mit meinen Versuchen nicht stimmt. Dagegen haben Labordiere und Anstett nach W.-V. II, 10, XXIII, 4, S. 6/7, beim Tränken von Harthölzern mit schweren Teerölen eine Festigkeitzunahme gefunden, die bei einer Badwärme von 150 bis 200 ° C den Höchstwert von 73 ‰ erreicht, von 150 ° ab jedoch nur noch wenig zunimmt und über 200 ° die Gefahr starker Rissebildung mit sich bringt, wobei aber auch die Dauer der Heizung mitwirkt. Weitere Versuche stehen in Aussicht.

Ueber die

J. Messung des Schwindens und Quellens

s. Seite 250.

K. Einfluß stoßweiser Belastung; die Zähigkeitprüfung

Der Weltverband hat zwar beschlossen, die Geschwindigkeit der Lastzunahme auf 20 at/min einzuschränken; da aber bei manchen Holzverbänden plötzliche stoßweise Belastungen vorkommen, z. B. bei Rammpfählen und bei Balken mit schwerem Wagenverkehr auf holpriger Fahrbahn, ferner wenn Lasten herabfallen können, ist es wünschenswert, hierfür gleichfalls Prüfungen vorzunehmen, wie sie in Amerika und Australien auch schon durchgeführt werden. Warren berichtet ganz kurz a. a. O.¹¹⁵⁾, S. 518, von Schlagproben und deren Meßbildern und stellt weitere Veröffentlichungen in Aussicht. Es erscheint wünschenswert, daß diese Prüfung in den Arbeitsplan des Weltverbandes aufgenommen und die bisherigen Ergebnisse mitgeteilt werden. Man darf vermuten, daß sich für stoßweise Belastung zähe Hölzer besser eignen als spröde, daß also das Güteverhältnis verschiedener Holzarten hierfür zu einer anderen Reihenfolge führt als bei langsamer Laststeigerung. Möglicherweise geben solche Stoß- und Schlagproben ein ausreichendes Maß für die Zähigkeit der Hölzer ab. Da diese Frage heutzutage auch für Luftschrauben erhöhte Bedeutung genommen hat, habe ich den vom „Weltverband“ empfohlenen Pendelhammer von Charpy bestellt; er wird demnächst eintreffen und dann sind wohl auch in dieser Frage nützliche Nachträge möglich.

Sehr wichtig ist ferner die

L. Prüfung der Drehfestigkeit des Holzes,

die für Wellen, Schraubenpfähle, Windflügel von Wichtigkeit und von Warren für australische Hölzer in Angriff genommen sind. Zahlenangaben hierüber sind mir aber zurzeit nicht bekannt. Warren sagt a. a. O.¹¹⁶⁾, S. 520, daß vermutlich die Drehversuche reinere Zahlen für Scherfestigkeit geben als die üblichen Abscherversuche, weil hier jeder Einfluß der Biegung fehlt, so daß diese Zahlen größer ausfallen als für solche Scherwirkungen, bei denen kleine Biegemomente unvermeidlich sind, vgl. S. 291.

Endlich ist noch für viele Zwecke erwünscht die
**M. Prüfung auf Haftfestigkeit von Nägeln und
Schrauben im Holz.**

Diese Prüfung wurde früher wegen ihrer leichten Ausführbarkeit sogar als Ersatz für andere Festigkeitsprüfungen verwendet, z. B. von Karmarsch.

Neuerdings hat sie besondere Bedeutung durch die Streitfrage erhalten, ob für unsere Schnellbahnen Holz- oder Eisenschwellen vorzuziehen sind. Es sei hier nur verwiesen auf die ausführlichen Versuche von Rudeloff mit Kiefern-, Eichen- und besonders Buchenschwellen im Gewerbefleiß 1912, 5, S. 382/411, wo auch der Widerstand gegen seitliches Verdrücken angegeben ist, sowie auf Warrens Versuche mit Eukalyptushölzern a. a. O.¹¹⁶), S. 519, endlich auf die dort in einigen Zahlenergebnissen mitgeteilten Versuche im Watertown Arsenal in Amerika.

Für Hausbauten ist auch noch die

N. Schall- und Wärmeleitung der Hölzer

von Wichtigkeit, deren Messung sehr schwierig ist und in den Arbeitsplan der Physiker gehört. Es sei nur erwähnt, daß nicht bloß der Schall, sondern auch die Wärme in der Längsrichtung der Fasern wesentlich besser geleitet wird als quer dazu. Einige Zahlen von Pönsgen siehe in Z. d. V. d. Ing. 1912, S. 1653.

Die Fragen über

O. Feuer-, Wetter- und Fäulnisbeständigkeit

(Dauer bei Umgebung mit Dungstoffen und dgl.) spielen eine wichtige Rolle bei Dauerbauten aus Holz, ebenso die Schutzmittel gegen Vergänglichkeit. Die hierfür vorliegenden Versuche sind so umfangreich, daß sie ein eigenes Buch füllen würden und daher hier nicht erörtert werden können. Wir begnügen uns daher, unsere Verwunderung darüber auszusprechen, daß die von Nördlinger schon 1860 a. a. O., S. 459, angegebene einfache Fäulniskufe für Versuche mit Erdfählen nicht mehr Anwendung findet.

Ueber die Prüfung auf versteckte Faulstellen durchs
Gehör s. S. 8.

V. Festigkeit von Holzverbänden ¹³⁰⁾.

Die meisten Festigkeitsversuche mit Holz beschränkten sich bisher auf eins oder mehrere der vorstehend besprochenen Gebiete und verzichteten auf die Prüfung ganzer Bauverbände, trotzdem diese eine treffliche Ergänzung mancher Versuche, z. B. des Scherversuchs, gestattet, ja erst sicheres Licht über reine Abscherung verbreitet und zu wichtigen Regeln über Holzverbände führt, die schon S. 245 zusammengestellt sind. Die Prüfung ganzer Holzverbände beschränkte sich bisher auf Versuche mit verstärkten Balkenträgern in wirklicher Größe, die auf der Baustelle zerdrückt wurden, vgl. S. 336. Im Laboratorium wird man meist auf Versuche in verkleinertem Maßstab beschränkt sein.

Nun erfordern allerdings die Prüfungen solcher Bauverbände entweder größere Maschinen, als sie die meisten Prüfanstalten besitzen, oder sehr eingehende Entwürfe von verkleinerten Modellen mit steter Berücksichtigung des Verlaufs der Jahrringe im großen und steter Ueberwachung von deren Herstellung durch geübte Modelltischler. Da wir nun eine Modelltischlerei besitzen, werden in den Uebungen des Bauingenieur-Laboratoriums seit 1906 nicht nur die Einzelfestigkeiten, sondern auch die Wirkung äußerer Kräfte auf ganze Holzverbände durchgeführt. Ich halte dies für eine wichtige und sehr lehr-

¹³⁰⁾ Es ist im Baugewerbe von alters her üblich, von Stein- und Holzverbänden zu reden, neuerdings auch von Eisenverbänden. Alle drei fasse ich seit mehr als 25 Jahren zusammen zu Bauverbänden und habe die schlecht gewählte Bezeichnung „Baukonstruktionslehre“ verdeutscht in Bauverbandlehre. Mein Nachfolger in diesem Lehrfach ist leider wieder zu „Baukonstruktionslehre“ zurückgekehrt trotz meines Nachweises (im Vorwort zu „Spannwerke des Bauwesens“, Riga 1890), daß construere im Gegensatz zu sternere nur das regelmäßige Schichten der Steine und Mauern bedeutet und z. B. in Viollet le Ducs Lexikon ausschließlich so verstanden wird. Andere haben meinen Vorschlag angenommen, ihn aber in Bauverbandslehre verballhornt.

reiche Ergänzung meines Unterrichts, wie aus den folgenden Bildern erhellen dürfte, die sich allerdings beschränken auf Versuche A. über Stützen teils ohne, B. teils mit Kopfbügen, C. verstärkte Balken, D. einfache Hängböcke ohne und E. mit hölzernen Hängesäulen, F. Zugverlängerungen von Balken, in deren Herstellung bei Brücken und Dachstühlen so häufig gesündigt wird; letzteres hat viel dazu beigetragen, daß man heute nicht selten das absprechende Urteil hört: Das Holz taugt nichts zu Bauverbänden, während meist nur die Kenntnisse derer nichts taugten, die es falsch verwendet haben.

A. Stützen ohne Kopfbüge.

Zu Holzstützen eignen sich am besten gerade gewachsene, möglichst astfreie Rundholzstämmе, weshalb z. B. Warren neben Vierkanthölzern sehr zweckmäßig auch noch zylindrische Probekörper auf Druckfestigkeit untersucht. Bei langen Stützen kommt nun allerdings der übliche Zuschlag für Knickfestigkeit in Betracht, falls es gelingt, schlanke, gerade gewachsene und völlig astfreie Stämme für diese Zwecke zu erhalten; bei australischen Hölzern mag das nach S. 178 häufig zutreffen, bei uns aber höchst selten. Vielmehr bedingt die Aestigkeit unserer meisten Stützen, daß die Zerstörung nicht nach den Regeln der Knickfestigkeit in der Mitte, sondern an den stärksten Aststellen eintritt, die das Holz dermaßen schwächen, daß man viel größere Abmessungen braucht als bei astreinen Stämmen erforderlich wäre. Dies gilt in noch höherem Maße für vierkantige Stützen, von denen ja schon S. 220 die Ergebnisse berichtet und in Bild 62 veranschaulicht sind. Es folgt daraus, daß man bei astigem Holze zu den unter Annahme zentrischer Belastungen für astreines Holz berechneten Abmessungen Zuschläge machen muß, die 15 bis 100 % betragen können, je nach dem Grade der Aestigkeit und der Möglichkeit einseitiger Belastungen.

B. Stützen mit Kopfbügen.

Wenn durch schräge oder wagrechte Kräfte seitliche Verschiebungen von Balkenlagen, die auf hölzernen Stützen ruhen, zu fürchten sind, versieht man die Stützen

am besten mit sogenannten Kopfbügen, Bild 87, die mit Sattelholz und Stützen meist nur durch Verzapfung oder auch noch durch Versatzung verbunden sind; sie können daher keine Zug-, sondern nur Druckkräfte aufnehmen. Es ist somit falsch, sie als Kopfbänder zu bezeichnen, wie dies so häufig in unseren Lehrbüchern geschieht. Vielmehr ist letzterer Ausdruck nur auf die selten angewandten Zugverbindungen durch Schwalbenschwanz u. dgl. anzuwenden, die man in mittelalterlichen Fachwänden häufig antrifft, die aber entsprechend stärkere Stützen verlangen, sie stark einseitig beanspruchen, nur geringe Zugkräfte aufnehmen können und starke Verschneidungen der Hölzer sowie gute Austrocknung erfordern, daher immer seltener zur Anwendung kommen.

Bei Kopfbügen ist zwar die Aussteifung gegen Verkehrsstöße und andere Querkräfte wenigstens in einer Richtung größer als ohne solche, dagegen ist auch die Gefahr einseitiger Belastung um so größer, je mehr bei der Berechnung der die Stützen belastenden Balken die Kopfbüge selbst als Stützpunkte der Balken angenommen werden, was leider noch viel zu häufig geschieht, ohne auf die dadurch bedingte Verstärkung der Stützen genügend Rücksicht zu nehmen; im Gegenteil schwächt man letztere oft ganz unzulässig durch die Versatzungen für die Kopfbüge. Ich gebe daher meinen Hörern den Rat, bei Berechnung ihrer Balkenlagen auf Stützung durch die Kopfbüge ganz zu verzichten, falls nicht Ueberfluß an billigen, sehr starken Stützen vorhanden ist, sondern die Kopfbüge lediglich als Aussteifung der Balken und Stützen gegen wagrechte Querkräfte zu betrachten und ihnen beträchtlich schwächere Abmessungen als üblich zu geben, um durch deren Versatzungen die Balken und Stützen nicht allzusehr zu schwächen. Daß sie auch dann noch genug zu leisten haben, beweisen die nachstehenden Ergebnisse aus unseren Laboratoriumversuchen. Kopfbüge sind auch bei Rundholzstützen zu empfehlen. Doch zieht man bei Stützen mit Kopfbügen meist quadratischen Stützenquerschnitt vor, weil in diesem die Versatzungen bequemer anzubringen sind, aber stets eine bedenkliche Schwächung ergeben, wie Bild 87 a zeigt. Bei Rundholzstützen wird man statt der Versatzungen zweckmäßiger

Hartholzfutterklötze anwenden, deren Form gegen Bild 95 d entsprechend abzuändern ist. Bei Speicherentwürfen in Holz habe ich dies stets angewandt. Doch fehlen mir vorerst Bruchversuche hierüber.

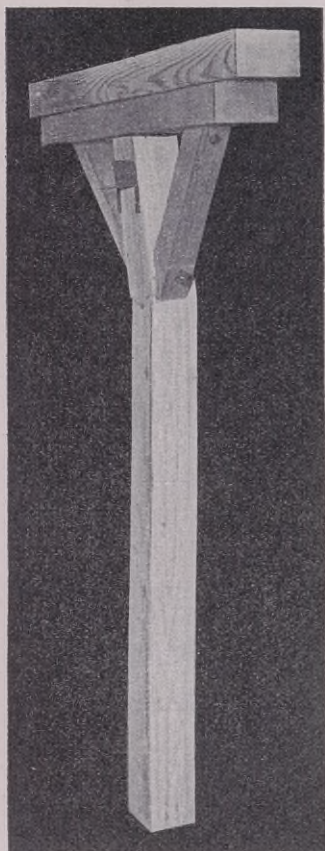


Bild 87 a.

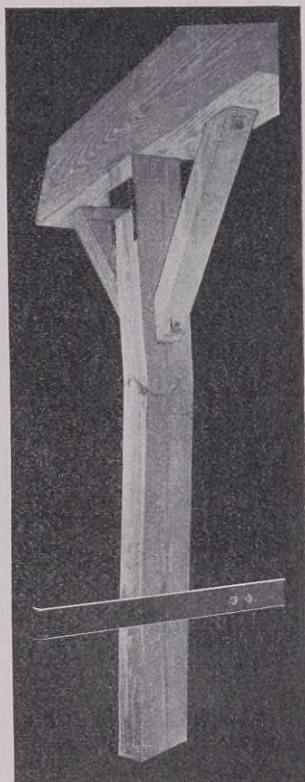


Bild 87 b.

Bild 87 a stellt eine fichtene Stütze von $10\frac{1}{2} \times 10$ cm Querschnitt und 140 cm Höhe dar, die mit Kopfbügel und eichenem Sattelholz versehen ist und unter 28 100 kg

Belastung an der Versatzungstelle einknickte; was 281 at Pressung entsprechen würde, wenn sich nicht schon früher einseitige Ausknickungen gezeigt hätten, und zwar an der Versatzstelle. Da diese Stütze keine nennenswerten Aeste enthielt, war also lediglich die Schwächung durch die Versatzung Ursache des Einknickens der Stütze.



Bild 87 c.

Bild 87 b zeigt eine Fichtenstütze mit den gleichen Kopfbügel, aber mit zwei starken Aststellen unterhalb der Versatzung. Stützenquerschnitt 10×10 cm; Höhe 145 cm; Kopfbügel 6×6 cm stark, Bruchbelastung 12 150 kg, also schon Einknicken bei 121,5 at an den Aststellen. Bild 87 c zeigt dieselbe Stütze nach Entfernung der Kopfbügel und des Sattelholzes, so daß man den oberen Zapfen und die Eisenplatte deutlich sieht, welche letztere zur besseren Verteilung des Drucks auf das Sattelholz dient. In Bild 87 d ist das Sattelholz für sich dargestellt und zeigt trotz obiger Eisenplatte starke Zusammendrückung an dieser Stelle; dagegen überwog die Schwächung des Bruchquerschnitts durch zwei Aeste diejenige durch die Versatzeinschnitte ganz bedeutend.



Bild 87 d.

Anmerkung: 1. Zur Verbolzung der Kopfbügel mit der Stütze werden häufig starke Sägeeinschnitte in die Kopfbügel gemacht, um die Unterlagplatten für Bolzenkopf und Schraubenmutter zum satten Anliegen bringen zu können. Derartige Einschnitte schwächen aber die Hölzer in ganz unzulässiger Weise oder nötigen zur Wahl ganz übertrieben starker Kopfbügel. Bei Sprengwerken mit flachen Streben ist dieser Uebelstand noch viel größer; man muß die Strebenabmessungen entsprechend verstärken, um den Raum für die Unterlagscheiben durch Ausstemmen zu gewinnen, was aber teuer, wenig genau und

auch dem kräftigen Anziehen der Schraubenmutter hinderlich ist. All diese Nachteile lassen sich vermeiden durch Anwendung keilförmiger Unterlagscheiben, deren Schrägfläche nur wenig oder gar nicht einzustemmen ist, aber scharf gerillt werden muß, um ein Abrutschen zu verhüten. Man kommt mit wenigen Sorten aus, erspart dadurch an Holzstärken und Arbeitslöhnen ganz beträchtlich und hat die besten Erfahrungen damit gemacht. Ich wende sie bei allen Schrägverbänden seit langen Jahren mit Vorliebe an. Die Bilder über Sprengwerke zeigen dies deutlicher als 87a und b. Die Anregung dazu verdanke ich den Hamburger Speicherbauten, wo sie fast durchweg angewandt sind.

Anmerkung 2: In seltenen Fällen kommen auch Stützen vor, die abwechselnd auf Zug und auf Druck beansprucht werden, z. B. bei Fachwänden, Möbeln, im Wagenbau usw. Hier genügt der Ersatz von Zapfen durch einfache oder doppelte Dollen, wie er S. 281 vorgeschlagen ist, nicht mehr. Man findet dafür teils seitliche Schwalbenschwänze, teils Mittelzapfen mit einseitigen Schwalbenschwänzen, teils lange gerade Zapfen, die durch Querschrauben festgehalten sind.

Ueber letztere hat Hollenberg in Werkstatttechnik 1915, 2/3, S. 37/73 Versuche mitgeteilt, die sehr lehrreich sind, aber doch recht ungenügende Ergebnisse enthalten. Wo es sich um größere Zugkräfte handelt, sind Anordnungen zu empfehlen, wie sie nachstehend bei Aufhängungen, Zugverbindungen von Balken usw. dargestellt und berechnet sind. In manchen Fällen wird wohl auch schon dichtes Benageln der Zug- und Scherflächen ausreichen, wie es die Bilder 79f₂, S. 285 und Bild 95d ff., S. 357, zeigen.

C. Verstärkte Balken.

1. Verzahnte Träger:

In älteren Lehrbüchern finden wir, falls ein einziger Balken für die Belastung nicht ausreichte, zwei Balken übereinander, die meist durch Verzahnung verbunden sind. Gottgetreu: Baukonstr.-Lehre Bd. II, Taf. 12, zeigt eine Zusammenstellung solcher verzahnter Balken zum Teil mit strebenartigem Zusammenstoß in der Mitte, wie z. B. im Rathaus in Amsterdam vom Jahre 1658¹³¹⁾.

Bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts waren diese Verbände so gebräuchlich, daß Fritz Reuter von seinem Zimmerling Schulze in „Stromtid“ sagt, er habe „noch

¹³¹⁾ Ueber die geschichtliche Entwicklung der verstärkten Balken s. Lang: Zur Entwicklung der Spannwerke des Bauwesens, Riga 1890, S. 94/101.

sien Dag kein Gebäud upführt, wo hei nich en „Verzahnten“ anbröcht hadde“.

Für größere Spannweiten gebrauchte man zum oberen Balken zwei Stück mit stumpfem Stoß in der Mitte, leider ohne Blecheinlage, so daß sie sich bald ineinanderfraßen (Verstoß gegen Regel 4, S. 245). Mußte auch der untere Balken gestoßen werden, so findet man meist oben drei, unten zwei Balken empfohlen, letztere mit Stoß in der Mitte, also gerade an der Stelle der größten Zugspannungen, aber entweder ganz ohne Zugbänder¹³²⁾, so daß hierdurch statt einer Verstärkung durch zweckwidrige Vermehrung des Eigengewichtes eine Verschwächung eintrat, oder mit ganz ungenügenden Eisenbändern. Beides mag zum Verruf solcher Träger beigetragen haben.

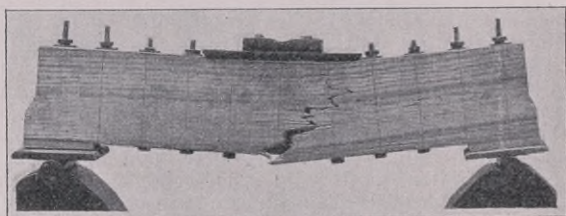


Bild 88 a.

Heute ist man mit Recht ganz von den verzahnten Trägern abgekommen, da sie die Trägerhöhe unnütz verringern und sehr genauen Zusammenarbeiten bedürfen, um nützlich wirken zu können. Auch muß die Zahnlänge mindestens das Siebenfache der Zahntiefe betragen, wenn sie nicht durch Abscheren zugrunde gehen sollen. Immerhin zeigen unsere gut gearbeiteten Versuchmodelle

¹³²⁾ Wenigstens bemerkt Gottgetreu in Hochbaukonstruktionen, 1882, Bd. II, S. 110, nichts hiervon. Im Handbuch der Architektur, 1891, Bd. III, 1, S. 112, ist die Notwendigkeit dieser Eisenbänder nur schüchtern angedeutet, ohne auf die Schwierigkeiten für deren richtige Anbringung einzugehen (vgl. den Schluß dieses Buches). Viel zu viel Wert wurde früher auf die Sprengung der Balken gelegt, auf die man doch besonders bei bewegten Lasten nicht dauernd zählen kann, sie daher bei der Berechnung besser vernachlässigt.

recht günstige Wirkungen, z. B. Bild 81 a trotz der oben starken Verdrückung eine Bruchspannung $\sigma_b = 812 \text{ at}$, Bild 88 a $\sigma_b = 612 \text{ at}$, wenn σ nach der gewöhnlichen Biegformel aus der Bruchlast berechnet wird. Letzteres kommt dem σ_b gleich großer Vollbalken nahe. Vorteilhafter sind aber

2. Verdübelte Balken,

die gleichfalls verschiedene Stufen der Entwicklung durchmachten; zuerst Hartholzschrägdübel mit Bolzen durch die Dübel, dann wagrechte Dübel, deren Höhe immer mehr gesteigert wurde, bis zu den österreichischen Klötzelh Holzbrücken, bei denen die Dübel zugleich Eisenbahnschwellen bildeten, die sich aber durch die Erschütterungen rasch lockerten. — Heute sieht man verdübelte Balken nur noch selten; sie werden für Dauerbauten meist durch eiserne **I**-Träger ersetzt, deren breitflanschtige Sorten im Hausbau besonders rasche Verbreitung gefunden haben. Wo aber letztere nicht rasch zur Hand und im nächsten Walde leicht Balken zu beschaffen sind, wie in unseren Kolonien, oder für Kriegsbrücken, können verdübelte neben den unten folgenden weiteren Vereinfachungen auch heute noch in Frage kommen, oft als Rundholzbalken, die nur am Zusammenstoß abgeschwärtet sind, oft drei übereinander. Bassoe hat hiermit Versuche im großen gemacht, vgl. Norsk Teknisk Tidsskrift, 1889, Bl. 11 und 12.

Unsere Versuche beschränken sich auf zwei zusammengefügte rechteckige Balken, um sie mit gleich starken Vollbalken vergleichen zu können; es sind allerdings nur Versuche mit kleinen Modellen, stehen also in dieser Beziehung sowohl denen von Bassoe als auch den im Jahre 1891 ausgeführten Versuchen des österr. Hauptmanns Bock an wirklichen Eisenbahnbrücken (vgl. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1891, S. 21 ff., und die daran geknüpften Erörterungen, die in der Zeitschrift dieses Vereins 1892 fortgesetzt werden), endlich den Versuchen von Lengeling¹³³⁾ mit deutschen Kriegsbrücken nach. Sie

¹³³⁾ Lengeling, Versuche mit verdübelten und verstärkten Balken, Glasers Ann., 1910, I, S. 177/186.

bedeuten aber einen Fortschritt sowohl in der Wahl und Anordnung der Dübel als auch in der Sicherung der Bolzen durch Federringe, wodurch das Lockern der Verbindungen während der Belastung infolge Zusammenpressung der Balken verringert und die Dauer erheblich vermehrt wird, so daß das absprechende Urteil über verdübelte Balken, das Labes vertritt (Zentr. Bwltg. 1895, S. 383) nicht mehr zutrifft.

α. Balken mit Hartholzdübeln.

Die Dübelstärke bzw. die Tiefe der Einschnitte in den Balken beträgt meist $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{10}$ der Höhe der Einzelbalken.

Als Dübel sind in Paraffin getränkte Buchenholzkeile verwendet, deren Fasern gleichlaufen wie die der Balken, um das Lockern durch Schwinden zu verhüten. Das Schwinden in der Längsrichtung ist ganz vernachlässigbar, in der Quere aber nicht. Bild 88 b zeigt einen aus zwei Kiefern balken von quadratischem Querschnitt 6×6 cm durch Hartholzdübel — die aus zwei Keilen bestehen, um sie beim Aufstellen gut anziehen zu können¹³⁴⁾ — sowie durch Bolzen zwischen je zwei Doppelkeilen verbundenen Dübelbalken, der die Randspannungen $\sigma'' = \sigma' = 611$ at aushielt, und dessen Zerstörung durch Abscheren in drei Schichten eingeleitet wurde, ebenso wie Bild 88 c und d (letzteres mit Harzgallen), bei denen die unteren Fasern erst zum Schluß rissen.

Wie wichtig hierbei Federringe sind, zeigte sich bei diesen Versuchen deutlich; die anfänglich glatt gepreßten Federringe öffneten sich allmählich und hätten bei größeren Abmessungen ein Nachziehen erfordert.

Die Modellbalken waren aus Bohlen geschnitten und die Jahrringe so gelegt, wie sie bei Vollbalken oben und unten liegen würden. In den Stoßflächen beider Balken konnte diese Jahrringlage nicht erzielt werden; doch darf

¹³⁴⁾ Früher benutzte man das Antreiben dieser Keildübel zum Sprengen der Balken, was höchst gefährlich, da durch dieses Antreiben häufig schon die Scherflächen überangestrengt wurden und den Bruch frühzeitig durch Abscheren herbeiführten. Auch bei verzahnten Trägern wurden solche Keile oft eingetrieben, vgl. a. a. O.¹³⁰⁾, S. 97.

daraus nicht gefolgert werden, daß dies bei unseren Versuchen die Zerstörung durch Abscheren statt durch Zerreißen der unteren Holzfasern begünstigt habe; denn erstens kam dies Abscheren auch bei Vollbalken vor,

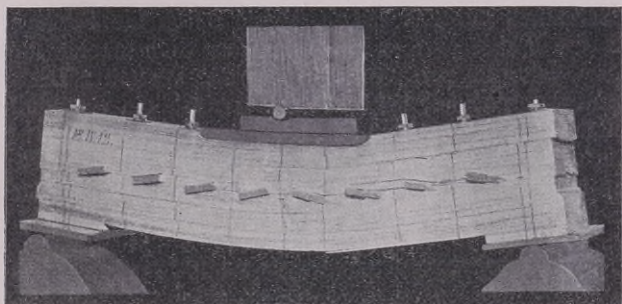


Bild 88b.

Die ursprünglich lotrechten Bleistiftlinien, welche die Lage der Bolzen andeuteten, zeigen nach der Bruchbelastung die Verschiebungen in den Scherflächen an.

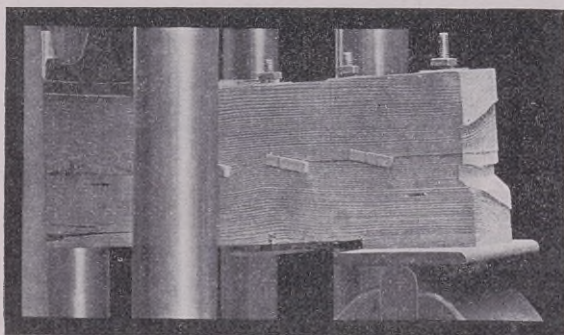


Bild 88c.

und zweitens sind in den drei Bildern 88b—d die stärksten Verschiebungen nicht in den Dübelschichten, sondern höher oder tiefer eingetreten.

Je größer die Trägerhöhe h im Vergleich zur Stützweite l , um so größer ist diese Abschergefahr, die durch

kräftiges Nachziehen der äußeren Bolzen allerdings verringert werden kann, was aber im Betrieb nicht sicher durchführbar ist.

Der Abstand der Dübel voneinander ist bedingt durch deren Stärke, die wir zu etwa $\frac{1}{8}$ der Höhe der Einzelbalken gewählt haben, sowie durch die Forderung, daß die Scherlänge mindestens das Siebenfache dieser Stärke betragen soll. Bei gleichförmig verteilter Last ist diese Forderung nur bei den äußersten Dübeln einzuhalten, nach der Mitte zu können sie allmählich wieder auseinandergerückt werden; bei unserer „Einzellast in der Mitte“ aber ist der Abstand durchweg gleich groß zu nehmen.

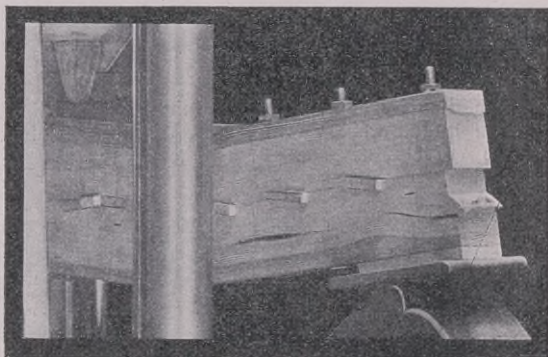


Bild 88 d.

Ueber die Auflagerung s. S. 300; um bei unseren kleinen Abmessungen die nötige Auflagerfläche zu erzielen, sind die unteren Balken etwas länger gewählt als die oberen (mit entsprechender Abschrägung). Das Verhältnis h/l betrug meist zwischen $\frac{1}{5}$ und $\frac{1}{6}$.

In den nächsten Jahren sollen auch Versuche mit etwas kleinerem Verhältnis h/l gewählt werden.

Für Kriegsbrücken in unseren Gegenden dürfte es sich empfehlen, teerölgetränkte Hartholzdübel und Bolzen im Protzkasten mitzunehmen, die Nadelholzbalken aber an Ort und Stelle zu fällen und zu verbinden.

Für ruhige Belastungen, wie sie bei manchen Hausbauten vorkommen, genügen Dübel, die von beiden Seiten schräg nach der Mitte hin ansteigen; für bewegte Lasten aber sind in der Mitte wagrecht liegende stärkere Keildübel erforderlich. Bei Eisenbahnkriegsbrücken sind letztere sogar vorherrschend, so daß sie dann zu viel Raum im Protzkasten beanspruchen und besser ersetzt werden durch

β) Balken mit Eisendübeln.

Um an Scherlänge zu sparen sowie an Raum¹³⁰⁾ im Protzkasten, habe ich 1890 a. a. O.¹³⁰⁾, S. 99, vorgeschlagen, schmale eiserne Keildübel zu verwenden. Versuche haben aber gezeigt, daß sich solche Dübel leicht schief drücken, kippen und schlecht wirken¹³⁵⁾.

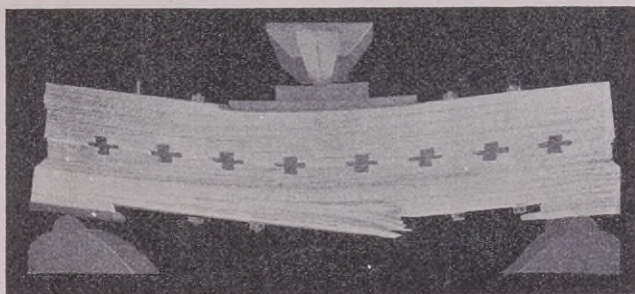


Bild 89 a.

Ich ging daher später zu der Form über, welche die Bilder 89 zeigen, wobei nur kleine rechteckige Einschnitte nötig sind, die seitlichen Lappen aber zum Auseinanderrücken der zwei Balken nötigen, was deren Widerstandmoment in der Mitte allerdings vergrößert, aber bei Dauerbauten zum Ansammeln von Schmutz und Nässe in den engen Schlitten

¹³⁵⁾ Wenn dieses Kippen bei Lengelings¹³³⁾ Versuchen mit Flacheisendübeln weniger stattgefunden zu haben scheint, so liegt dies vielleicht an der großen Anzahl der Dübel, was die Arbeit erschwert und verteuert, sowie an dem dort gewählten kleinen Verhältnis h/i .

führen würde, weshalb man dann diese Zwischenräume besser ausfüllt, sei es durch schmale Futterhölzer oder durch fäulniswidrige Füllplatten aus Asphalt, teerölgetränkten Filz oder dgl.; wo die Bolzen durchgehen, wählt man am besten getränkte Hartholzplättchen.

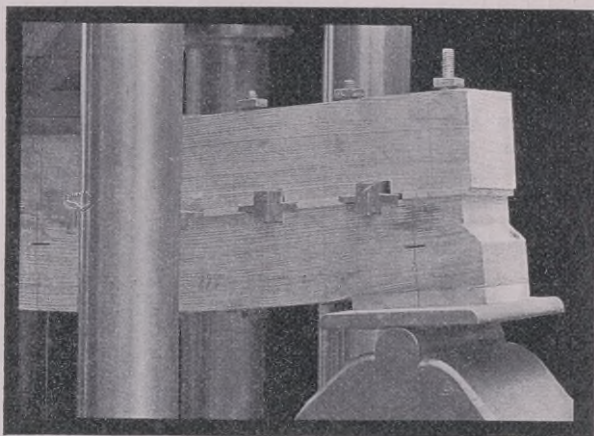


Bild 89 b.

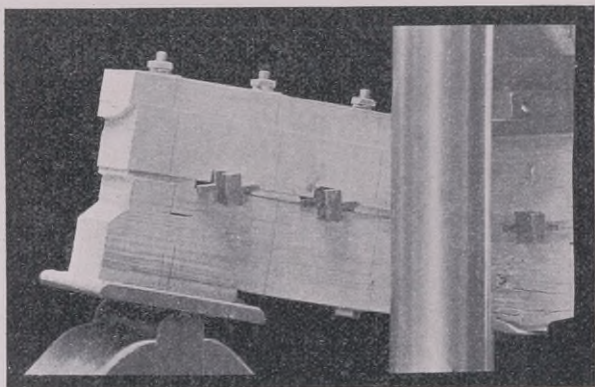


Bild 89 c.

Bild 89 a zeigt einen solchen Balken nach der Zerstörung und nach Entfernung der eisernen Keildübel, um die Verschiebungen der Balken besser wahrnehmen zu können. Die Abmessungen sind sonst die gleichen wie bei Bild 88 b; die Bruchlast sowie die Randspannungen σ betrugen durchschnittlich das gleiche wie bei Hartholzdübeln. Die Zerstörung erfolgte teils durch Verschieben der Balken, Bild 89 b, teils durch Kippen der Keile, Bild 89 c; letzterenfalls hatten sich die Federringe gelockert, ersterenfalls nicht, wie deutlich zu sehen ist. Das Nachziehen der Bolzen von Beginn der Belastung ist bei trockenem Wetter sehr wichtig, besonders wenn man grünes Holz benutzt hat.

Lengeling hat a. a. O.¹³³⁾, S. 182 ff., verschiedene andere Formen von Eisendübeln versucht, die aber teils zu schwer ausfallen, teils ein strammes Anliegen und Nachtreiben vermissen lassen, weshalb er keine guten Erfolge erzielte, ja auch mit Federringen kaum erzielt hätte. Seine Rundeisenstäbe an Stelle unserer Dübel wirken ungenügend, wie auch neuere amerikanische Versuche zeigen, obgleich sie besser anzutreiben sind als die französischen L-Dübel.

Für Kriegsbrücken müssen die eisernen Dübel und Bolzen im Protzkasten mitgeführt werden. Die Herichtung erfordert mehr Zeit, als sie manchmal zur Verfügung steht, weshalb noch Versuche gemacht wurden zum

3. Ersatz der verdübelten Balken durch Klammerbalken,

zunächst mit Schrägklammern, die seitlich eingeschlagen wurden. Bild 90a zeigt zwei glatt aufeinandergelegte Balken gleicher Abmessungen wie 88 und 89, aber mit Schrägklammern, die, im Protzkasten mitgeführt, sehr rasch eingeschlagen werden können. Sie hielten ungefähr die gleiche Bruchlast aus wie die vorbesprochenen Dübelbalken, lassen sich sehr rasch zusammenfügen, wirken aber nur so lange gut, als das Holz nicht schwindet, also nur bei lufttrockenen Balken im Hausinnern; für Notbrücken aus grünem Holz dagegen nur, wenn das Holz feucht erhalten wird, da ein Nachziehen hier ja nicht möglich ist und beim Schwinden der Hölzer die Mittelfuge zum Klaffen käme, was starke Lockerung im Gefolge

hätte. Bei Straßen- und Bahnbrücken wechselt die Lage der Verkehrslast und damit auch die Richtung der Scherspannungen so stark, daß in der Mitte noch sich kreuzende Klammern eingeschlagen werden müssen oder die unsymmetrische Anordnung nötig wird, die im Ztrbl. Bwltg. 1915, S. 95 angedeutet, deren genaue Abstände aber aus den gegebenen Lasten zu berechnen sind.

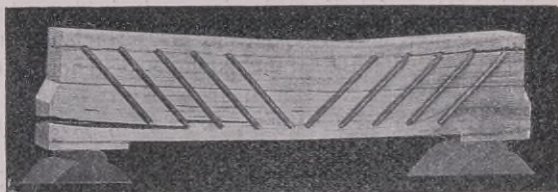


Bild 90 a. *Klammerbalken.*

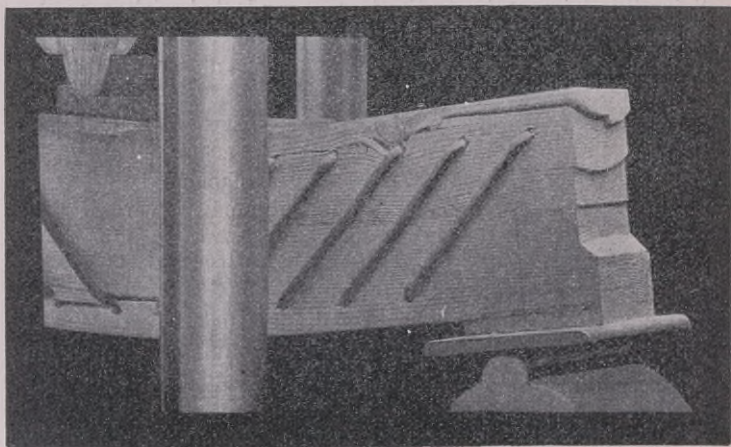


Bild 90 b. *Einzelheiten der Zerstörung.*

Lengeling hat statt unserer Klammern Schrägbolzen gewählt, die beide Balken oben und unten mittels Quersteifen umfassen, wobei die Balken auseinanderrückbar sind, was bis zu 10, ja 30^m Spannweite ausführbar erscheint, aber dann mehr ins Gebiet der Fachwerkbrücken gehört. Wir verweisen auf seine Veröffentlichung¹³³⁾.

4. Verlaschte Balken, d. h. Ersatz der Klammern durch **Eisenbänder**.

Bild 91 a zeigt einfache Eisenbänder, die um die glatt aufeinandergelegten Balken geschlungen und kräftig angezogen werden. Dies ergab bei gleichen Balkenabmessungen wie oben auch gleiche Bruchlasten. Die Zer-

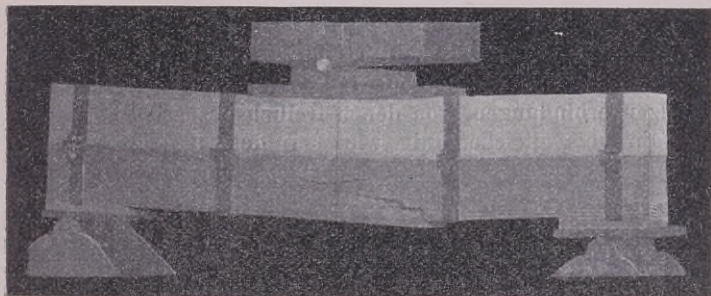


Bild 91 a. *Verlaschte Träger.*

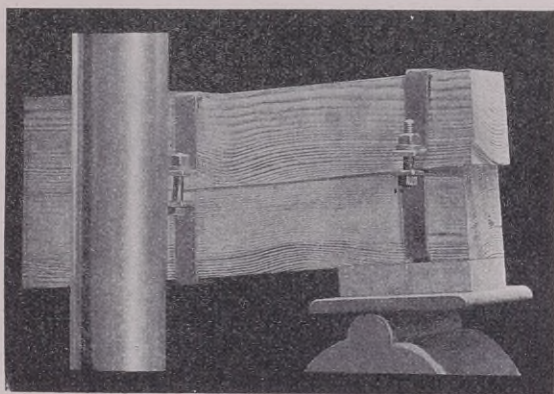


Bild 91 b. *Einzelheiten zu 91 a.*

störung erfolgte teils durch Reißen im Untergurt, Bild 91 a, teils durch Verschieben im Stoß, Bild 91 b, mit überraschend günstigen Ergebnissen, die durch die Erfahrungen, welche Prof. Hoyer mit solchen Balken bei Kirchenbauten

gemacht hat, bestätigt werden. Allerdings ist im Anfang ein häufiges Nachziehen der Bolzen erforderlich, bis völlige Austrocknung statthat, was bei Balken im Innern von Häusern leichter zu erzielen ist als bei Brücken, die Dauerregen aushalten müssen, abwechselnd mit rasch austrocknenden Winden, und daher einer ständigen Bewachung und Regelung der Schraubenverbände bedürfen.

5. Verbolzte Balken mit Sandschicht.

Schließlich versuchten wir es auch noch mit einfachen Bolzenverbindungen, von denen freilich bezüglich Schwindgefahr das gleiche gilt wie bei den Bändern, deren Schraubenbolzen daher häufig nachgezogen werden müssen.

Bild 92 hat gleiche Holzabmessungen wie die vorigen und ergab eine Bruchlast bei frisch angezogenen Bolzen von durchschnittlich gleichem Werte wie bei den vorgenannten. Um aber eine Lockerung der Balken zu verhindern — die sonst leider nur als zwei Einzelbalken wirken würden —, sind auch hier kräftige Federringe oder Federplatten anzuwenden und bei sich zeigender Bewegung sofort wieder flach zu pressen.

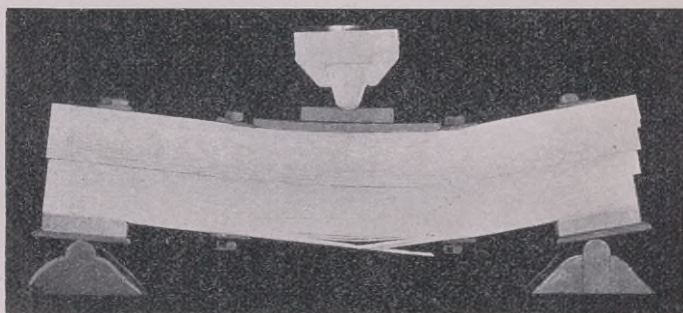


Bild 92. Verbolzte Träger mit scharfem Sand in der Mittelfuge.

Lengeling klagt über geeignete Vorrichtungen zur Vermehrung der Reibung zwischen den Balken, die wir auf Anregung von Prof. Dr.-Ing. Quietmeyer in höchst einfacher Weise dadurch erzielten, daß die Berührflächen beider Balken mit scharfem Sand bestreut und

dann erst die Bolzen kräftig angezogen wurden, was von sehr guter Wirkung war. Bei gleichen Holzabmessungen wie bisher ergaben sich Bruchlasten, die sogar größer waren als die oben geschilderten; doch gilt auch dies nur so lange, als die Federringe stramm bewacht und nachgezogen werden. Diese Anordnung mit Verbolzung und Sandstreuung ist wohl die einfachste, billigste, auch am raschesten herstellbare und dürfte daher für Kriegsbrücken von kurzer Dauer, die aber unter ständiger Bewachung mit häufigem Nachziehen der Bolzen stehen müssen, selbst bei Verwendung grünen Holzes die geeignetste sein.

Daß dabei Vorteile gegenüber zwei nebeneinandergelegten Doppelbalken zu erzielen sind, was vielfach heutzutage geleugnet wird, zeigen die Zahlen unserer Vergleichversuche, die den Ergebnissen mit Vollbalken von gleicher Höhe und Stärke sehr wenig nachstehen, zu deren Zusammenstellung und Mitteilung mir aber leider gegenwärtig die Zeit fehlt. Man kann ihre Tragfähigkeit auf 85 bis 95 % derjenigen gleich großer Vollbalken annehmen.

D. Spreng- und Hängwerke aus Holz.

Einfache und doppelte Häng- und Sprengwerke sind auch heute noch bei hölzernen Dachstühlen wie bei kleineren Brücken vielfach in Anwendung. Ihre Tragfähigkeit und Dauer läßt sich gegenüber dem bisher Ueblichen durch Anwendung verschiedener Verbesserungen beträchtlich steigern, wovon in unseren Lehrbüchern wenig zu finden ist, deren Nutzen aber durch folgende Versuche bewiesen wird.

Leider sind unsere Einrichtungen nicht ausreichend, um den so häufigen Fall der unmittelbaren Belastung des Streckbalkens vorführen zu können. Wir mußten uns begnügen mit Versuchen an einfachen Sprengböcken mit und ohne Hängsäule, deren Belastung entweder auf die Strebenköpfe oder die Hängsäule wirkte und durch die Streben auf den Streckbalken übertragen wurde. Aber auch diese eingeschränkten Versuche bieten genug des Lehrreichen.

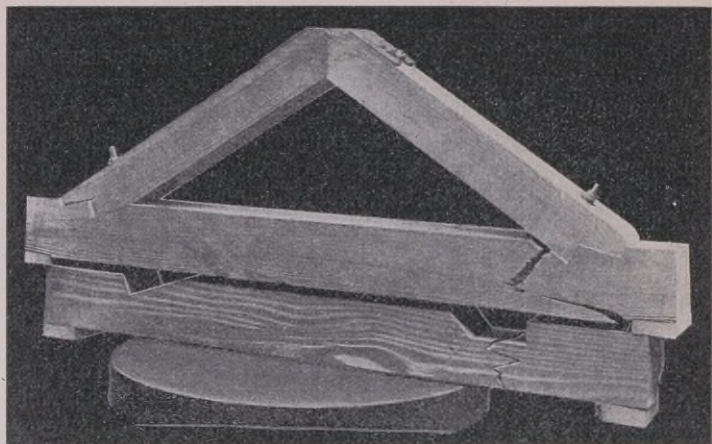


Bild 93a. *Einfacher Sprengbock mit Strebenneigung 2:3; er ruht auf dem Streckbalken eines früheren Modells, dessen Streben unter 45^0 standen.*

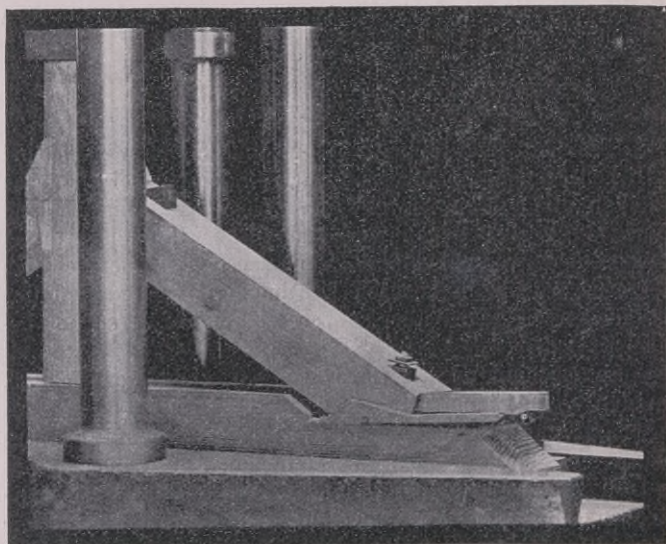


Bild 93b. *Desgleichen mit Ausschlitzen der doppelten Strebenversatzung bei $P=7500$ kg. 8. 6. 09.*

α. Einfache Sprengböcke.

Die Streben hatten durchweg 6×6 cm Querschnitt, der Streckbalken 8×8 cm. Bei unseren älteren Versuchen war die Neigung der Streben 1:1, die Versatzungen im Streckbalken einfache, und zwar wie Bild 93a unten zeigt, teils schräge, teils wagrechte. Letztere schwächten den Streckbalken, den sie auch zu weit ab vom Auflager angriffen, so sehr, daß er schon bei 4000 kg Belastung dort abriß. Es wurde daher fortan die schräge Versatzung gewählt, wie links am unteren Streckbalken zu sehen, und dabei erfolgte die Zerstörung erst bei 7000 bis 8800 kg Belastung teils durch Ausschlitzen der Versatzung, teils durch Zerdrücken der Holzfasern am oberen Stoßpunkt der Streben, trotzdem dort stets ein Eisenblech eingelegt wurde. Bei den späteren Versuchen wurde als Neigung der Streben 2:3 gewählt sowie doppelte Versatzung, Bild 93a oben und 93b rechts, wodurch man näher ans Auflager herankommen kann.

Bei Bild 93a erfolgte die Zerstörung wieder durch Abreißen des Streckbalkens, bei den übrigen aber meist durch Abscheren der Versatzung. Bild 93b zeigt, wie vorteilhaft es ist, die zwei Versatzungen ungleich tief zu machen, da man hierdurch zwei Scherflächen statt nur einer erhält. Bild 93a brach bei 8000 kg Belastung, eine gleiche Anordnung schon bei 7800 kg, und zwar durch Stauchung der Strebe an der inneren Versatzung; die übrigen Brüche entstanden meist durch Ausschlitzen des Streckbalkens, seltener durch Zerstörung am Kopf der Streben bei 8000 bis 8500 kg Belastung.

β) Hängböcke.

Einfache Sprengböcke der eben geschilderten Art gehören übrigens zu den Seltenheiten. Gewöhnlich braucht man eine Aufhängung des belasteten Streckbalkens durch eine sogenannte Hängsäule, in welche die Streben versetzt sind (vgl. Anmerkg. 2, S. 359). Man erhält dann Hängböcke, von denen Bild 94a die übliche Anordnung darstellt, allerdings ohne die Aufhängung des Streckbalkens, die wegen Raummangels und aus oben dargelegten

Gründen nicht anbringbar war und daher unter E gesondert behandelt wird.

Die Schwierigkeit dieser Holzverbände hat in neuerer Zeit besonders bei Brücken dahin geführt, die hölzerne Hängsäule durch eine eiserne zu ersetzen, die dann aber einer entsprechenden gußeisernen Kappe zum Zusammenhalt der Streben am Kopfe bedarf. Auch bei Dachstühlen hat man dies schon versucht; doch macht dann das Aufbringen von Pfetten und Sparren sowie der Kopfbügel für die Firstpfette behufs Längsversteifung des ganzen Dachstuhls solche Schwierigkeiten, daß man gerne zur hölzernen Hängsäule zurückkehren wird, falls deren bisherige Mängel beseitigt werden, wie im folgenden gezeigt werden soll.

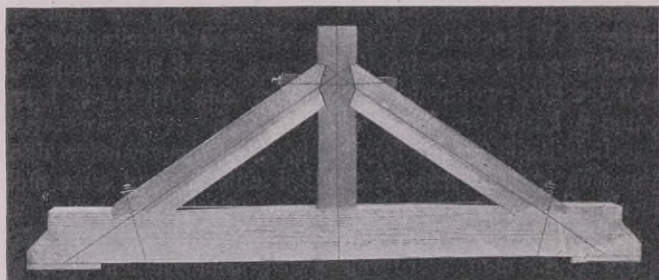


Bild 94 a. *Hängebock älterer Art.*

Der übliche einfache Hängebock, Bild 94 a, hat Doppelversatzung der Streben sowohl an der Hängsäule als an dem Streckbalken. Diese Doppelversatzung ist notwendig, um ein Abscheren an den Enden zu verhindern, ohne allzu großer Scherlänge zu bedürfen, da es für letztere besonders an der Hängsäule wegen Firstpfetten und Sparren oft an Raum fehlt. Auch beim Streckbalken fehlt es oft an der nötigen Scherlänge. Deshalb bevorzugt man hier die schon beim Sprengbock geschilderten Doppelversatzungen, bei denen der innere Zahn tiefer eingeschnitten ist als der äußere, um so zwei Scherflächen zu gewinnen (Bild 93 b).

An der Hängsäule sind solch ungleich tiefe Versatzungen nicht möglich, man sucht daher durch die An-

ordnung, Bild 94a, zwei annähernd gleich große Scherflächen zu gewinnen; doch kann die innere etwas kürzer sein als die äußere, da ihre Scherfestigkeit durch die vom Strebendruck erzeugte Reibung verstärkt wird. In der Tat zeigen Bild 94b und c trotz der starken Zusammenpressung der Hängsäule keine Gleitflächen zwischen den beiden Streben, sondern nur am oberen Ende der Strebe zusammen mit Rissen und Faserverbiegungen, die auch unterhalb der Strebenangriffe auftreten (Bild 94c)



Bild 94b.

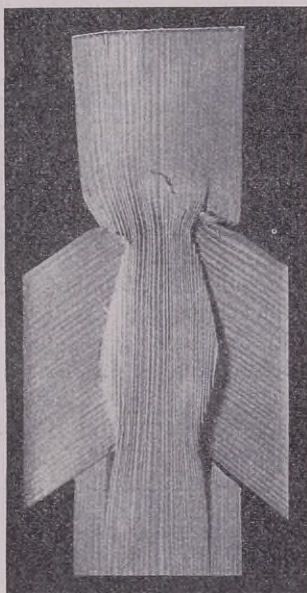


Bild 94c.

Diese zwei Bilder zeigen ferner, wie ungünstig die Hängsäule durch die Streben belastet wird, da ja die Querfestigkeit der Nadelhölzer sehr gering ist, vgl. S. 272. (Bei den breiteren Streckbalken tritt dies nicht so stark hervor.) Eine Abhilfe ist hier dringend nötig, da durch das Zusammenpressen der Hängsäule die Neigung der Streben verringert und daher ein Sacken sowohl der

Hängsäule als des Streckbalkens — der ja doch durch die Hängsäule am Durchbiegen verhindert werden soll — eintreten muß, falls nicht der nötige Spielraum für dieses-Sacken, wie in den Bildern 95 vorgesehen ist.

Man kann nun auf zwei Arten abhelfen. Entweder stellt man die ganze Hängsäule aus Hartholz her, was bei geringen Spannweiten und flachen Streben das einfachste ist, oder man versieht die aus Nadelholz hergestellte Hängsäule an den Versatzstellen mit eingelassenen Futterklötzen aus Hartholz, was bei längeren Hängsäulen das billigere und durch die Bilder 95 a bis d dargestellt ist. Bild 95 e zeigt die Einzelheiten der Futterklötze für die Abmessungen des Bildes 95 d; dessen Streben und Hängsäule 6×6 cm Querschnitt haben, während der Streckbalken 6×8 oder besser 8×10 cm besitzen muß, falls er noch Biegspannungen unterworfen wird.

Die Einschnitttiefe der Hartholzfutter beträgt je $1,2$ cm, also $\frac{1}{5}$ der Hängsäule, d. h. letztere wird dadurch auf 60% geschwächt, was aber auch durch die Aufhängung bedingt wird, vgl. später.

Die Bilder 95 a bis f der bis zum Bruch belasteten Modelle zeigen nun Zerstörungen teils durch Ausschlitzen der Streckbalken, 95 b, teils durch oberes Ausschlitzen der Hängsäule, deren Länge bei 94 b viel zu kurz war; bei 94 c hätte sie ausgereicht, oft fehlt aber der Platz hierfür, und dann muß man durch Benageln helfen, wie in Bild 95 d rechts gezeigt ist, das ebensoviel Belastung aushielt wie der unbenagelte Hängbock, dessen linke Hälfte auf diesem Bild mit dargestellt ist. Die Wirkung des Benagelns ist hier noch günstiger als bei den Zerreißversuchen, weil die Nägel den Querschnitt nicht schwächen, sondern mit abgeschoben werden.

Sind Stauchungen zu erwarten, wie bei Bild 95 f u. g, so würden die unteren Nägel herausgezogen und werden dort besser durch einige Schrauben ersetzt.

Lehrreich sind auch die verschiedenen Arten der Zerstörung infolge verschiedener Belastungsweise sowie verschiedener Lage der Jahrringe zu den Versatzungen.

Bild 94 a bis c und 95 g zeigen den Fall, wo die Belastung von oben durch eine breite Druckplatte bewirkt wird, was z. B. bei Dachstühlen vorkommt, deren Hängsäulen

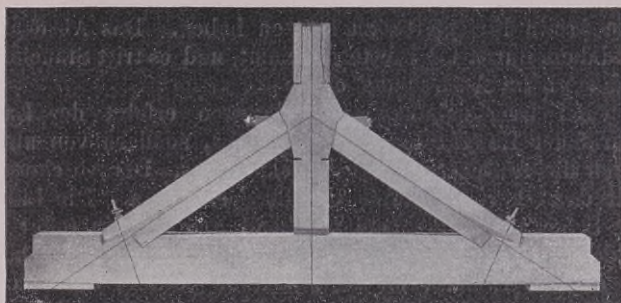


Bild 95 a.

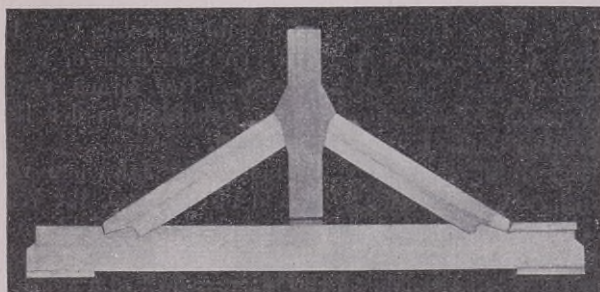


Bild 95 b.

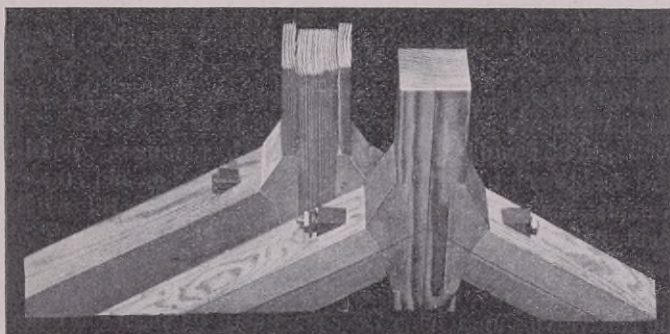


Bild 95 c. Draufsicht der Köpfe der 2 Hängesäulen 95 a und b.

eine breite Firstpfette zu stützen haben. Das Abscheren wird dann durch die Pfette gehemmt, und es tritt Stauchung und seitliche Ausbiegung ein.

Bei Brückenhängwerken dagegen erfolgt der Lastangriff der Hängsäule nicht von oben, sondern von unten durch die Aufhängung des Streckbalkens. Der Abscherung tritt dann kein Hindernis von oben entgegen. Die Länge der Scherfläche muß entsprechend größer sein (oder ihr Widerstand durch Benagelung verstärkt werden). Dabei ist es von Einfluß, ob die Jahrringe parallel oder rechtwinklig zur Scherfläche stehen, wie ein Vergleich der beiden Bilder 95 a und 95 b zeigt, deren Belastung durch eine Druckplatte erfolgt ist, welche schmaler war als die nach Abzug der Versatzungen noch verbleibende Nutzbreite 3,6 cm der Hängsäule. Bei Bild 95 a vom 9. 5. 1912 standen die Jahrringe parallel den Scherflächen, wie die Draufsicht Bild 95 c links zeigt. Der Bruch erfolgte daher durch Abschieben beider Scherflächen der Hängsäule. Bruchlast 6600 kg; $\tau = 55^{\text{at}}$.

Bei Bild 95 b dagegen lagen die Jahrringe rechtwinklig zu den Scherflächen (Bild 95 c rechts), ihr Widerstand war daher so groß, daß der Bruch nicht an der Hängsäule, sondern durch Abscheren am Streckbalken rechts erfolgte. Bruchlast 7120 kg; $\tau = 56^{\text{at}}$ (am 30. 5. 12).

Ein Vergleich der zwei Anordnungen Bild 95 d (aber mit Streckbalken von $8 \times 8 \text{ cm}$, nicht $6 \times 8 \text{ cm}$ Querschnitt) ergab am 23. 7. 14 für links eine Bruchlast von 7600 kg und die Zerstörung Bild 95 g; für die rechtseitige Anordnung dagegen eine Bruchlast von 8050 kg und Zerstörung durch Abscheren des Streckbalkens, dessen Scherlänge nur $\frac{2}{3}$ von der linksseitigen betrug, also bei Strebenneigung 2:3 ungünstiger war als bei der Hängsäule trotz größerer Breite.

Bild 95 f endlich, das dieselben Abmessungen wie Bild 95 d rechts zeigt, also genagelt ist, brach schon bei 7000 kg Nutzlast, und zwar durch einseitiges Abscheren der Hängsäule rechts mit gleichzeitiger Quetschung der rechtsseitigen Strebe oben sowie der linksseitigen Strebe unten, wobei auch ein Keil aus dem Streckbalken abgespalten wurde. Offenbar waren die Hölzer von ungleicher Beschaffenheit, da sonst diese einseitige Zerstörung trotz genau zentrischer Belastung und tadelloser Bearbeitung des Modells nicht zu erklären wäre.

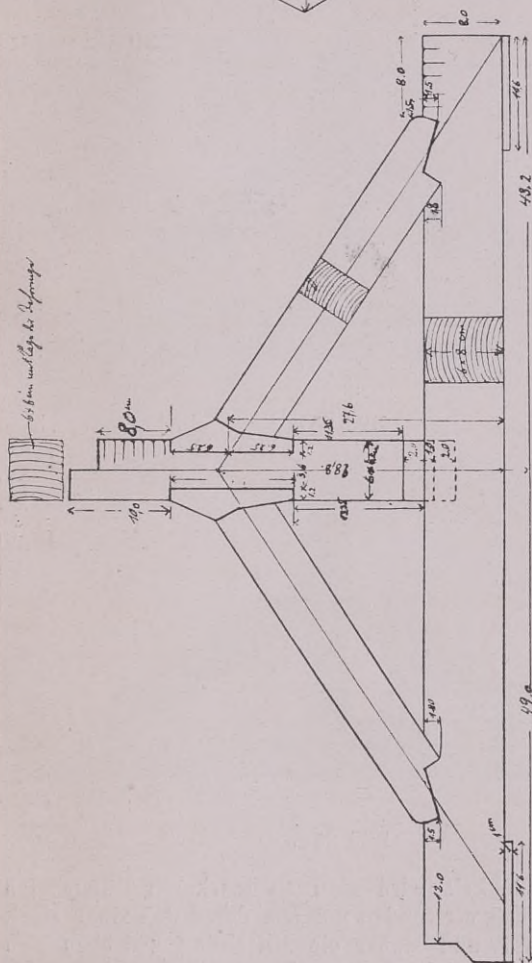


Bild 95d.

links bei genügender Scherlänge

rechts bei mangelnder Scherlänge,
wobei durch Benageln zu helfen ist.

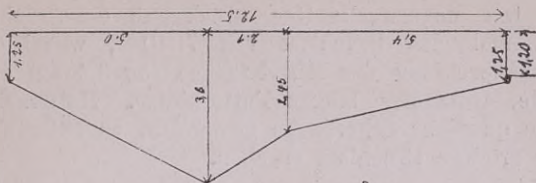


Bild 95e.

Das ungenagelte Gegenstück gab ein Bruchbild wie 95 a und eine Bruchlast von 7040 kg, wobei eine Zusammenpressung des Mittelstückes von 3,6 auf 3,1 cm erfolgte, trotz der langen Futterklötze. Hätten die Jahrringe quer zur Scherfläche gestanden, so hätte sich auch hier größere Bruchlast ergeben.

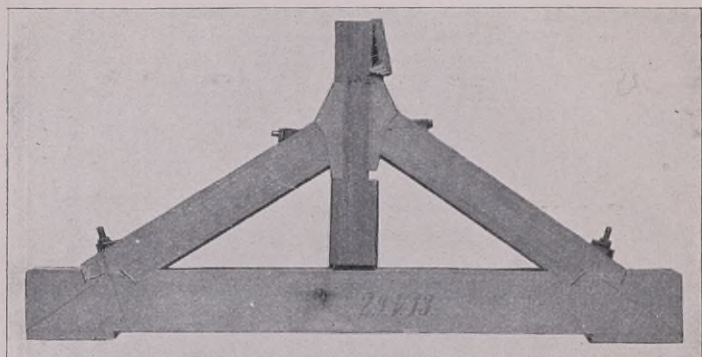


Bild 95 f.

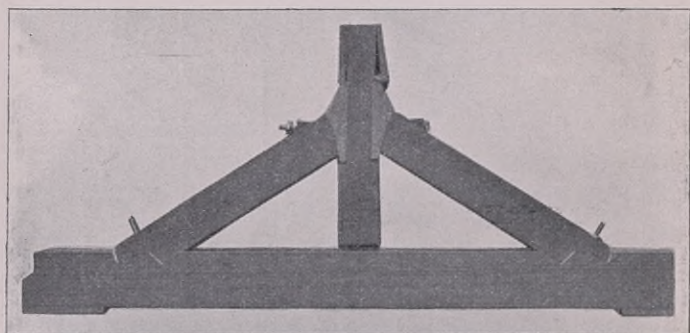


Bild 95 g.

In Wirklichkeit wird man zu stärkeren Hängsäulen meist Vollbalken verwenden müssen, deren Jahrringe stark gekrümmt sind und daher ein Mittelding zwischen den Anordnungen 95 c links bzw. rechts ergeben.

Anmerkung 1. Daß vorstehende Versuche zugleich reinere Bestimmungen der Scherfestigkeit liefern als die S. 289 besprochenen, erhellt ohne weiteres. Leider fehlt die Zeit zur Zusammenstellung der Ergebnisse.

Anmerkung 2. Die Bezeichnung Häng- und Sprengwerke ist seit alters üblich und auch in Norddeutschland früher geläufig gewesen. Neuerdings hat die Sucht nach dem unnützen e-Schwänzchen es fertig gebracht, hier Hänge- und Sprengwerke zu sagen, während Tragwerke vorerst noch erhalten blieben. Hoffentlich begegnen wir nicht auch noch Tragwerken. Hängesäulen war bisher auch in Süddeutschland verbreitet. Ich habe im folgenden auch hier das überflüssige e ausgemerzt. Bei Hängeeisen klingt dieses e-Schwänzchen besonders unangenehm.

E. Hängsäulen aus Holz.

Das Aufhängen von Streckbalken an hölzernen Hängsäulen ist meines Wissens bislang in keinem Lehrbuch richtig angegeben, wodurch schon viele Unfälle entstanden und die hölzernen Hängsäulen unverdient in Verruf geraten sind, es sei denn, daß sie unnütz stark, also unwirtschaftlich gewählt wurden.

Man hat bisher zu wenig beachtet, daß Zugübertragungen in der Längsrichtung eines Holzes nur auf dem Umweg der Beanspruchung auf Druck und Abscherung möglich sind, und daß bei Hängsäulen dies aus Raumangel nur mittels eiserner Laschen und Bolzen bewerkstelligt werden kann. Man erzielt den geringsten Stoffaufwand, wenn man die Abmessungen so berechnet, daß sie durchweg gleiche Bruchsicherheit bieten, d. h. daß die Bruchbelastung gleichzeitig ein Zerreißen der Zugfasern, ein Zerdrücken der Druckfasern und ein Abscheren in den Längsfasern des Holzes bewirkt, zugleich aber auch ein Zerreißen der Hängeisen und ein Abscheren der Querbolzen, welche letztere bisher meist durch Verbiegung und Einfressen ins Holz eine starke Lockerung der Aufhängung und ein gefährliches Durchbiegen der Streckbalken im Gefolge hatten. Man sündigte meist gegen den wichtigen Satz der Bauverbandlehre, daß Eisen, das unmittelbar auf Holz drückt, niemals mit den zulässigen Spannungen für reine Eisenverbände beansprucht werden darf, da sonst notwendig das Holz, das ja nur $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{10}$ der Eisenspannung aushält, an der Berührstelle zerstört werden muß.

Sollen also Eisenbolzen, die im Holze stecken, auf ihre zulässige Scherfestigkeit voll beansprucht werden, so bedürfen sie stets einer Eiseneinlage, die diesen Querdruck auf mindestens die zehnfache Holzfläche zu übertragen gestattet. Die Ausgaben für solche Eiseneinlagen sind nur gering, ihre Wirkung ist so nutzbringend, daß es zu verwundern ist, daß man bisher so wenig Gebrauch davon machte, trotzdem ich schon 25 Jahre darüber vortrage und seit acht Jahren in den Laboratoriumversuchen deren Vorteil zeige. Die Abmessungen dieser Eiseneinlagen ergeben sich aus der erforderlichen Bolzenstärke d (meist nur Kernstärke d_0 der Gewinde), für gegebene Stärke a und Breite b des Holzes, wie folgt: Ist n die Anzahl der Querbolzen, t die Tiefe der Eiseneinlagen, so muß sein:

$$1) \quad n \cdot 2t = a - 2t, \text{ also } t = \frac{a}{2(n+1)}$$

$$\text{und } a - 2t = a \cdot \frac{n}{n+1},$$

d. h. bei nur einem Bolzen kann die Stärke a der Hängsäule nur zur Hälfte auf Zug ausgenutzt werden¹³⁶⁾, bei zwei Bolzen auf $\frac{2}{3}$, bei drei Bolzen auf $\frac{3}{4}$ usf. Doch zwingen andere Gründe, $n < 4$ zu wählen, vgl. unten.

Die Höhe h der Eiseneinlagen bestimmt man am besten zeichnerisch nach Bild 96. Es muß sein:

$$2) \quad h - d/3 \geq b/6, \text{ also } h \geq b/6 + d/3.$$

Letztere Gleichung ist aus unseren Versuchen abgeleitet, welche zeigen, daß sich der Bolzendruck durch

¹³⁶⁾ Gl. 1) setzt voraus, daß das Holz auf Druck und Zug gleich stark beansprucht werden dürfe, was von vielen als zu ungünstig bezeichnet wird, da ja die Zugfestigkeit viel größer sei als die Druckfestigkeit des Holzes, vgl. S. 282. Allein feste Zahlen lassen sich hierfür zurzeit nicht angeben, da noch zu wenig einwandfreie Versuche vorliegen und die vorhandenen sich stark widersprechen, sich auch meist nur auf völlig geradfaserige und astfreie Hölzer beziehen. Letztere beiden Voraussetzungen treffen aber leider höchst selten zu; Aeste schwächen die Zugfestigkeit viel mehr als die Druckfestigkeit, außerdem muß man noch die Schwächung des Zugquerschnitts durch Harzgallen sowie die Bolzenlöcher voll berücksichtigen, beim Druckquerschnitt aber nur zum Teil. Diese Schwächung ist oben vernachlässigt.

die Einlageisen etwa mit der Neigung 1:3 nach unten verbreitern läßt, ohne daß letztere sich durchbiegen. $d/3$ ist die erforderliche Tiefe, um welche der Bolzen durch Ausfeilen in das Einlageisen eingelassen werden muß, um gute Führung zu erhalten. Natürlich wird h auf das nächst-runde Millimetermaß erhöht, oder, da Zimmerleute nicht auf Millimeter arbeiten, auf das nächste halbe Zentimeter.

Dieser zeichnerischen Bestimmung von h muß aber folgende Berechnung von d vorausgehen. Ist $\sigma'_h \text{ zul.}$ die zulässige Druckspannung des Holzes und $\tau_e \text{ zul.}$ die zulässige Scherspannung des Eisenbolzens, so muß sein:

$$3) \quad b t \cdot \sigma'_h \text{ zul.} = \frac{d_0^2 \pi}{4} \cdot \tau_e \text{ zul.} \quad \text{oder} \quad \frac{d_0^2 \pi}{4} = b t \cdot \frac{\sigma'_h \text{ zul.}}{\tau_e \text{ zul.}}.$$

Das zu $\frac{d_0^2 \pi}{4}$ gehörige d_0 ist aus einer Liste der Kreisflächen zu entnehmen, und wenn es den vorhandenen Bolzenstärken nicht entspricht, ist entweder das nächst stärkere vorhandene d_0 zu wählen, oder, falls dieses weit abliegt, ist zu überlegen, ob man nicht durch eine andere Wahl von n zu günstigerer Annäherung kommt. Hierzu benutzt man die Beziehung:

$$2 \, n \cdot \frac{d_0^2 \pi}{4} \tau_e \text{ zul.} = b (a - 2 t) \sigma'_h \text{ zul.}$$

$$= b \cdot a \sigma'_h \text{ zul.} \cdot \frac{n}{n+1} \quad \text{oder}$$

$$4) \quad \frac{d_0^2 \pi}{4} = \frac{a b}{2 (n+1)} \cdot \frac{\sigma'_h \text{ zul.}}{\tau_e \text{ zul.}}.$$

Beim Entwerfen eines neuen Hängwerks ist übrigens nicht a und b , sondern nur die Gesamtlast P gegeben und daher zunächst n nach der zur Verfügung stehenden Höhe für die Aufhängung schätzungsweise zu wählen. Man hat dann:

$$(a - 2 t) b \cdot \sigma'_h \text{ zul.} = P \quad \text{oder}$$

$$5) \quad a \cdot b = \frac{P}{\sigma'_h \text{ zul.}} \cdot \frac{n+1}{n}.$$

Meist wählt man für die Hängsäule quadratischen Querschnitt, also $a = b$; ferner $n = 2$, d. h. Aufhängung des Streckbalkens an zwei Querbolzen, alsdann wird:

$$5 a) \quad a = b = \sqrt{\frac{P}{\sigma'_h \text{ zul.}} \cdot \frac{n+1}{n}}.$$

Stimmt dieses a nicht mit den vorher berechneten Abmessungen der Streben, so wird a gleich der Strebenbreite gewählt, dann erhält man:

$$5\ b) \quad b = \frac{P}{a \sigma'_h \text{ zul.}} \cdot \frac{n+1}{n}.$$

Ist dieses b unbequem, so überlegt man u. U. eine Aenderung in der Zahl n der Aufhängbolzen, wobei noch folgendes in Erwägung zu ziehen ist.

Nimmt man an, daß die Scherfestigkeit nur $\frac{1}{7}$ bis $\frac{1}{9}$ der Zugfestigkeit des Holzes beträgt, so erhält man mit dem Mittelwert $\frac{1}{8}$ die erforderliche Stärke der Querbolzen aus Gleichung 4 und die erforderliche Scherlänge

des Holzes unter jeder Eiseneinlage $= 8\ t = \frac{4\ a}{n+1}$, also die Gesamtlänge L der Hängeisen:

$$6) \quad L = C + n (8\ t + h) = C + n \left(\frac{4\ a}{n+1} + h \right),$$

woraus der Einfluß einer Aenderung von n rasch zu ermitteln ist. C ist hierin eine für jedes Zahlenbeispiel besonders auszurechnende Konstante, die sich zusammensetzt aus folgenden Strecken, von unten nach oben gezählt: Bolzenende + untere Schraubenmutter + Federring + gemeinsame Unterlagscheibe (die kräftig zu wählen ist) + Höhe des Streckbalkens + Spielraum zwischen Streckbalken und Hängsäule + oberes Ende des Hängeisens über dem obersten Einlageisen. — Dieses letztere Stück wurde früher ziemlich stark gemacht, das Ende zu einem Haken umgebogen und unter letzterem eine Querklammer eingeschlagen, vgl. Bild 96 b (bei dem allerdings die Querklammer schon weggelassen ist). Heute verzichten wir auf dieses Umbiegen und formen das Ende glatt, wie Bild 96 d zeigt.

Aus den Bildern 96 a bis f ergibt sich nun folgendes: Da zum Zerreißen die Pohlmeyersche 50 t-Pressen verwendet wurde, mußte der Streckbalken durch einen kurzen abgerundeten Block ersetzt werden, der in die Öffnung hineinpaßte.

Die obere Aufhängung geschah mittels eines Gabel eisens, das von meinem sehr tüchtigen Laboranten gemäß seiner früheren Schlossergewöhnung zusammengeschweißt

und mit Gewinde versehen wurde, Bild 96 d. Die Abmessungen sollten so stark sein, daß niemals dort ein Reißen zu fürchten war, weshalb die Hängsäule im oberen Teil entsprechend breiter gehalten, auch mit einem kräftigen Querbolzen und entsprechender Eiseneinlage

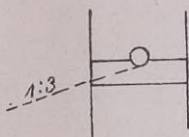


Bild 96. Zeichnerische Bestimmung der Höhe h der Eiseneinlage für Bolzenstärke d .



Bild 96 a.

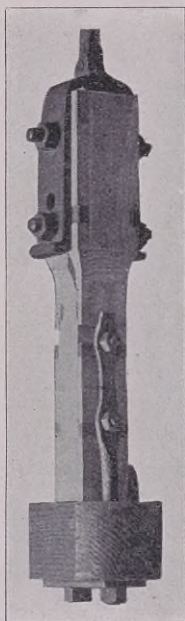


Bild 96 b.

versehen werden sollte, was freilich seine und die Arbeit der Modelltischler vermehrte. Das wollte ihm nun nach alter Gewöhnung nicht in den Kopf; er überraschte mich daher statt der Anordnung 96 d mit der Anordnung 96 a ohne Eiseneinlage und ohne Holzverstärkung, daher mit verengtem Gabeleisen, und erwartete zuversichtlich,

daß diese starken Eisen viel besser halten würden als die dünnen unteren, war aber bekehrt, als schon bei 1500 ^{kg} Belastung das Holz oben in der Stärke der Querbolzen ausschlitze, während unten sich nichts rührte. Das wegen der etwas schrägen Fasern diesen entlang ausgeschlitzte Stück des Holzes (96 a) wurde nachträglich

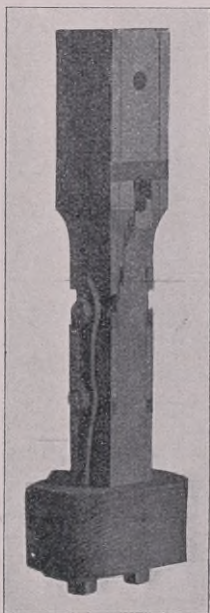


Bild 96 c.

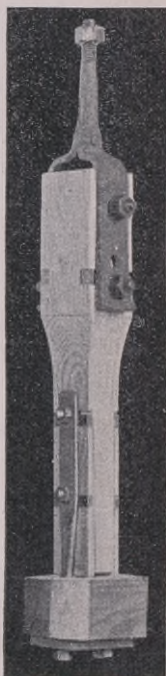


Bild 96 d.

behufs Vorzeigung wieder eingesetzt und mit Nägeln befestigt. Bei allen folgenden Versuchen ist die Form 96 d streng eingehalten.

Beim zweiten Versuch brachen die Hängeisen an den aufgedornen Bolzenlöchern bei 2200 ^{kg} Belastung, woraus zu schließen, daß mit diesem Aufdornen fast stets Mißhandlungen des Eisens verbunden sind, wenn es nicht in



Bild 96 e.



Bild 96 f.

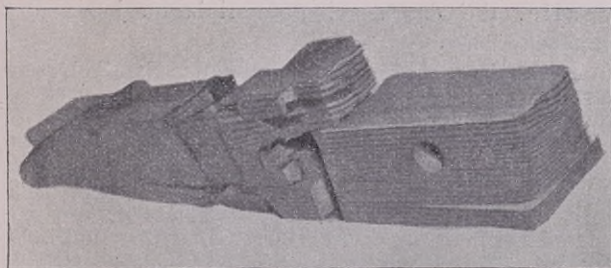


Bild 96 g. *Hängsäule mit versteckter Harzgalle.*

besonders sorgfältiger Weise ausgeführt wird. Letzteres geschah in den folgenden Jahren (Bild 96 b und c). Seit 1911 aber verzichteten wir ganz auf das Aufdornen, wählten vielmehr die Eisen so breit, daß ein Ausbohren der Querbolzenlöcher erfolgen konnte, ohne sie dort für die zulässige Belastung auf mehr als 1000^{at} zu beanspruchen. Dieser Mehraufwand an Eisen verursacht weniger Kosten als die Bearbeitung durch Aufdornen und hat den Vorteil, daß die Schwächungen, welche durch das Rundschmieden (für das Durchdringen der Streckbalken) und das Gewindeanschneiden für die unteren Schraubenmuttern entstehen, unbedenklich zugelassen werden können, ohne eine Ueberanstrengung befürchten zu müssen; auch ist das Aussehen keineswegs zu schwerfällig, wie Bild 96 d zeigt.

Die so hergestellten Hängsäulen von $5,6 \times 5,6$ cm Vollquerschnitt hielten dann Bruchlasten von 5000 bis 8000^{kg} aus, je nach der Holzbeschaffenheit. Der Bruch erfolgte meist durch Abscheren der Holzflächen unter den Einlageisen, Bild 96 e. Alsdann erfolgte entweder das Abscheren der Querbolzen oder deren Verbiegen und starkes Einfressen in das Holz. Ausnahmsweise kam aber auch ein Aufschlitzen des Holzes oberhalb der Hängeisen vor, Bild 96 b, c und f, einmal auch ein Abscheren der oberen Aufhängung, und zwar bei Bild 96 e links deshalb, weil dort die Jahrringe parallel den oberen Scherflächen verliefen; am überraschendsten war am 6. 7. 09 ein Abreißen links und ein Abscheren rechts in dem verstärkten Holzquerschnitt bei 6600^{kg} Belastung. Wie aber Bild 96 g erkennen läßt, war die Ursache hierfür eine versteckte Harzgalle, die das sonst gute Holz an jener Stelle einseitig schwächte.

Anmerkung. Bei der Bearbeitung des Nadelholzes war nichts von dieser Harzgalle wahrzunehmen. Da aber nach S. 95 neuerdings Harzgallen immer häufiger auftreten und die Zug- und Scherfestigkeit der Nadelhölzer an diesen Stellen stark gefährden, sind sie mit ein Grund für meine Warnung, die Zugfestigkeit des Holzes nicht wesentlich größer als die Druckfestigkeit anzunehmen.

Manchmal fehlt die erforderliche Länge zur Anbringung der Hängeisen oder müssen letztere aus anderen Gründen verkürzt werden. In diesem Fall empfiehlt sich ähnlich wie beim Hängbock Bild 95 d rechts, eine Verkürzung

der Scherflächen der Hängsäulen und deren Verstärkung durch Nagelung. 1914 wurde zuerst eine ungenagelte Hängsäule geprüft mit 176 cm^2 gesamtter Scherfläche des Holzes. Sie ging zu Bruch bei $P=5200 \text{ kg}$, und zwar, da offenbar das Holz auf beiden Seiten ungleich fest war, durch fast gleichzeitiges Abscheren der rechten oberen Holzfläche und starkes Verbiegen der Querbolzen, so daß von letzteren bei der Bruchbelastung eine Schraubennutter absprang und wegflog.

Die genagelte Hängsäule hatte um 4 cm kürzere Hängeisen und nur 129 cm^2 Holzscherfläche, die aber durch $4 \times 21 = 84$ Nägel verstärkt war. Sie ging erst bei $P=6050 \text{ kg}$ zu Bruch, auch hier in ähnlicher Weise wie oben; sie hielt somit $16,3 \text{ ‰}$ mehr aus als die ungenagelte.

F. Stoßverbände von Streckbalken.

Bei größeren Holzverbänden erhalten manchmal die Streckbalken Abmessungen, die nur durch Aneinanderstoßen zweier Balken in der Längsrichtung erzielbar sind, was stets mit beträchtlichen Schwächungen verbunden ist, da auch hier die Zugübertragung nur mittels Laschen, also durch Druck- und Scherkräfte, sich ermöglichen läßt. Mit Rücksicht auf die übrigen Bauforderungen können die Laschen häufig nicht oben und unten, sondern nur seitlich angebracht werden, und dieser Fall soll hier noch berechnet werden unter der Annahme, daß nur reine Zugkräfte zu übertragen sind, daß somit das Eigengewicht

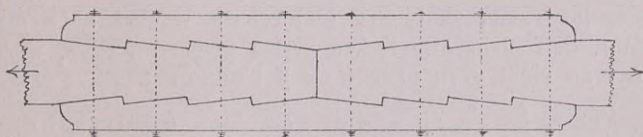


Bild 97. Streckbalken mit Holzlaschen.

der Balken, das biegend wirkt, vernachlässigbar sei, daß ferner die in den Laschen infolge einseitiger Zugspannung stets auftretenden Biegspannungen durch eine genügende Zahl kräftiger Querbolzen mit Federringen aufgehoben sind, ihre Berechnung daher unter der Annahme erfolgen kann, als ob sie ganz gleichmäßig auf Zug beansprucht seien.

a) Holzlaschen. Diese erhalten am besten gleiche Höhe wie die zu stoßenden Balken und werden mittels Verzahnung angelegt, wie Bild 97 zeigt. Ist s die kleinste Laschenstärke, t die Zahntiefe, also $s + t$ die Holzstärke vor dem Einschneiden der Zähne, und nimmt man an, daß die Scherspannungen in den Längsfasern des Holzes wieder $\frac{1}{8}$ der Druckspannungen betragen dürfen, so hat man bei n Zähnen auf jeder Laschenhälfte, falls die Laschen aus dem gleichen Holze wie die zu stoßenden Balken bestehen und die zulässigen Zugspannungen σ' wegen der Wuchsfelder nicht größer als die zulässigen Druckspannungen σ'' gesetzt werden dürfen¹³⁶⁾, für durchweg gleiche Sicherheit gegen Bruch die Beziehung: $2 n \cdot t = (b - 2 t)$, also

$$1) \quad t = \frac{b}{2(n+1)}.$$

Das gibt folgende Beziehungen zwischen n und t :

Liste XX.

n	t	Breite des Nutzquerschnittes	
		in Teilen von b	in ‰ des Vollbalkens
2	$b/6$	$2/3$	$66\frac{2}{3}$
3	$b/8$	$3/4$	75
4	$b/10$	$4/5$	80
5	$b/12$	$5/6$	83

Man sieht, daß mit steigendem n der Nutzquerschnitt immer langsamer zunimmt; gleichzeitig wächst aber die Gefahr, daß nicht alle Zähne gleich genau anliegen, weshalb man nicht gern über $n = 3$ hinausgeht.

Für $\tau_h = \frac{1}{m} \sigma''_h$ ergibt sich dann die Laschen-

länge L aus der Bedingung $\frac{1}{2} L = (n + 1) m t = \frac{m b}{2}$, also:

$$2) \quad L = m b,$$

d. h. die Laschenlänge ist unabhängig von der Anzahl der Zähne, deren t ja mit n abnimmt; m ist = 7 bis 9 für Nadelholz.

Für die kleinste Laschenstärke s hat man:

$$2s = b - 2t = b \left(1 - \frac{1}{n+1}\right) = b \cdot \frac{n}{n+1},$$

also:

$$3) \quad s = \frac{b}{2} \cdot \frac{n}{n+1} \text{ und } s+t = \frac{b}{2},$$

also allgemein den Satz:

Die Laschenlänge ist stets $= m b$, die gesamte

$$\text{Laschenstärke stets} = \frac{b}{2},$$

vorausgesetzt, daß t genau nach obiger Formel gewählt und nicht etwa bei unrunder Zahlenwerten aufgerundet wird, wie das häufig erforderlich ist. Die dadurch bedingten Aenderungen sind an nachstehendem Zahlenbeispiel erläutert. Bild 97 zeigt die Anordnung für $n=3$. Ob in die Zähne noch Blecheinlagen kommen sollen oder nicht, hängt wie bei verzahnten Trägern davon ab, ob die Jahrringe der beiden Hölzer am Stoß gleich laufen oder sich überschneiden. Für Nadelhölzer wählt man im Mittel $m=8$.

Zahlenbeispiel:

$b/h = 18/24 \text{ cm}$, $n=3$ gibt $t = \frac{18}{8} = 2,25 \text{ cm}$. Da der Zimmermann nur auf halbe Zentimeter genau arbeitet, wählen wir statt dessen $t = 2,5 \text{ cm}$, so daß, wenn die Laschenlänge $L = 8b = 144 \text{ cm}$ bleiben soll, die Sicherheit gegen Abscheren der Zähne nur noch beträgt: $m = \frac{8 \cdot 2,25}{2,5} = 7,2$. Dagegen

kann $s+t = \frac{b}{2} = 9 \text{ cm}$ bleiben. Der Nutzquerschnitt ist jetzt aber nicht mehr 75 %, sondern nur noch $100 \cdot \frac{18-5}{18} = 72,5 \%$.

Falls der Balkenquerschnitt $18/24$ nicht aus irgendwelchen andern Gründen schon festgelegt ist, wäre zu überlegen, ob nicht dafür die Abmessungen $16/26 \text{ cm}$ gewählt werden sollen, dann würde $t = \frac{16}{8} = 2 \text{ cm}$ und der Nutzquerschnitt $12 \times 26 = 312 \text{ cm}$ (gegen vorhin $13 \times 24 = 312 \text{ cm}$), bleibt also der gleiche; dagegen wird die Laschenlänge jetzt $L = 8 \times 16 = 128 \text{ cm}$ (statt 144); der Nutzquerschnitt 75 %, was in vielen Fällen vorteilhafter sein kann.

b) Eisenlaschen. Manchmal fehlt die nötige Breite für das Anbringen solcher Holzlaschen; man muß

dann übergehen zu eisernen Laschen, die früher meist in Form von mehreren Eisenbändern in recht unvollkommener Weise angebracht wurden. Auch hier sind, wie bei den Hängsäulen, die Querbolzenkräfte durch Eiseneinlagen vor dem Einfressen in das Holz zu schützen, wenn nicht bald eine Lockerung eintreten und die Stoßverbindung gefährdet werden soll. Wirksamer sind aber Gußeisenlaschen mit angegossenen Zähnen, oder falls eine Schmiedewerkstatt zur Hand ist, noch besser Eisenbleche mit angenieteten Zähnen, wie Bild 98 zeigt. Die (bei

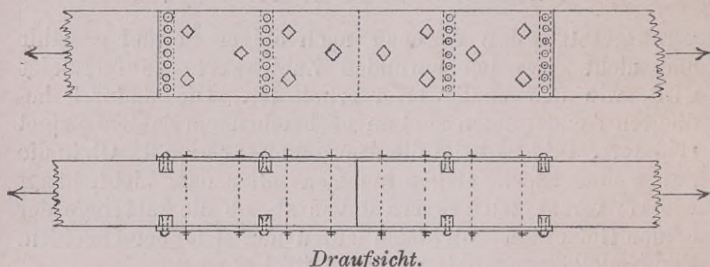


Bild 98. Streckbalken mit Eisenlaschen.

kleinen Balken kalt zu schlagenden) Nieten können außen sichtbare, müssen aber innen versenkte Köpfe haben, weshalb die Zahnbreite z mindestens gleich der Zahntiefe t sein muß. Wenn man annehmen darf, daß die Biegespannungen der Laschen wieder wie oben durch kräftige Bolzen (mit Federringen wegen der Schwindgefahr) aufgehoben werden, so gilt für die Beziehung zwischen t und n (bei n Zähnen auf jeder Laschenhälfte), unter der bisherigen Voraussetzung, daß für Holz das zulässige $\sigma' = \sigma''$ sei, wieder Gleichung 1:

$$1) \quad t = \frac{b}{2(n+1)}.$$

Der Nutzquerschnitt der Stoßbalken wird bei verschiedenen n der gleiche wie bei Holzlaschen (Liste XX). Man geht aber auch hier nicht gern über $n = 3$. Bild 98 ist mit $n = 2$ berechnet. Läßt man die Eisenbleche noch je um $\frac{1}{2}$ cm über die äußersten Zähne hinausragen, um ein Ausschlitzen der Bleche zu verhüten, so wird mit $z = t$ die Laschenlänge L sich ergeben aus

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} L &= \frac{1}{2} + n \cdot z + n \cdot m t = \frac{1}{2} + n t (1 + m) \\ &= \frac{1}{2} + \frac{m+1}{2} b \cdot \frac{n}{n+1} \text{ oder} \end{aligned}$$

$$4) \quad L = 1 + n b \cdot \frac{m+1}{n+1}.$$

Das gibt für $m = 8$,

$$\begin{aligned} \text{bei } n &= 2 -: L_2 = 6b + 1 \text{ cm} \\ \text{„ } n &= 3 -: L_3 = 6,75b + 1 \text{ cm} \\ \text{„ } n &= 4 -: L_4 = 7,2b + 1 \text{ cm} \end{aligned}$$

Die Laschenlänge wächst also nur wenig mit größerem n .

Die Laschenstärke s ist abhängig von der Stärke und Anzahl der Niete, die zur Befestigung der Zähne nötig sind und durch die das Blech geschwächt wird. Die Berechnung ist etwas umständlicher als bei Holzlaschen und abhängig von der Zahnbreite z sowie vom Verhältnis der zulässigen Eisenspannung σ'_e zur zulässigen Druckspannung des Holzes σ''_h . Setzen wir letztere $= 100 \text{ at}$, $\sigma'_e = 1000 \text{ at}$ und $\tau_e = 800 \text{ at}$, so hat man $\sigma'_e : \sigma''_h = 10$ und $\tau_e : \sigma''_h = 8$. Ist d der Nietdurchmesser, v die Nietzahl für jeden Zahn, so muß sein

$$v \cdot \frac{d^2 \pi}{4} \cdot \tau_e = h \cdot t \cdot \sigma''_h \text{ oder } 8v \cdot \frac{d^2 \pi}{4} = ht,$$

ferner muß sein

$$\begin{aligned} 2(h - v d) s \sigma'_e &= (b - 2t) h \sigma''_h \text{ oder} \\ 20(h - v d) s &= (b - 2t) h. \end{aligned}$$

Wählt man wie üblich $d = 2s$, so lauten die zwei Gleichungen zur Bestimmung von v und s (sowie $d = 2s$)

$$\begin{aligned} 8v \cdot s^2 \pi &= ht \text{ oder } v = \frac{ht}{8s^2 \pi} \\ 20(h - 2vs) s &= (b - 2t) h. \end{aligned}$$

Die erste ergibt v als Funktion von s^2 , also

$$5) \quad v = \frac{ht}{8s^2 \pi} \text{ oder rund } \frac{ht}{25s^2};$$

dies in die zweite eingesetzt, gibt

$$20hs - \frac{5ht}{\pi} = bh - 2th, \text{ woraus}$$

$$6) \quad s = \frac{b - 2t + 1,594t}{20} = 0,05b - 0,02t.$$

Anmerkung: Auch hier ist zu beachten, daß die angegebenen Beziehungen zwischen z und s , sowie s und t keine strengen sind, sondern weiten Spielraum gewähren, daß ferner die Abmessungen sich meist nach den vorrätigen Handelsorten zu richten haben und die Gleichungen daher nicht streng eingehalten werden können, oft sogar nachträglicher Aenderungen bedürfen. Da von Quadranteisen meist eine größere Auswahl zur Verfügung steht wie von rechteckigen Stäben, so wird man $z = s$ tunlichst einhalten, u. U. die Laschenlänge etwas vergrößern, wie folgendes Beispiel zeigt.

Zahlenbeispiel: Der zu stoßende Streckbalken habe wieder die Abmessungen $b/h = 18/24$ cm; für $n = 2$ wird

$t = \frac{18}{6} = 3$ cm, demgemäß sei z vorläufig $= 3$ cm angenommen, dann ergibt sich nach Gl. 6: $s = 0,05 \cdot 18 - 0,02 \cdot 3 = 0,9 - 0,06 = 0,86$ cm, wofür rund 0,9 gewählt wird; setzt man $d = 2s = 1,72$ cm oder rund 1,8 cm, so gibt Gl. 5: $v = \frac{18 \cdot 3}{25 \cdot 0,74} = \frac{54}{18,5}$ oder rund $v = 3$.

Dieses d ist jedoch für $z = 3$ cm zu groß, während v unbedenklich vergrößert werden kann. Wählen wir $v_1 = 7$, so muß sein

$$v_1 \frac{d_1^2 \pi}{4} = v \cdot \frac{d^2 \pi}{4}, \text{ also}$$

$7 d_1^2 = 3 d^2$, d. h. $d_1 = d \sqrt[3]{\frac{3}{7}} = 1,8 \cdot 0,656 = 1,18$ oder rund 1,2 cm.

Der versenkte Nietkopf hat dann $1,5 \times 1,2 = 1,8$ cm $\emptyset$, ebenso der (erhabene) Normalnietkopf. Hierfür ist also die Zahnbreite z reichlich ausreichend (sie könnte sogar noch etwas verkleinert werden, wovon wir absehen wollen). Für die 7 Nieten ist nach Bild 98 reichlich Raum vorhanden.

Schließlich ist noch zu untersuchen, ob durch diese 7 Nieten keine zu starke Blechschwächung eintritt; für $v = 3$ und $d = 1,8$ wurde die Schwächung $1,8 \cdot 3 \cdot 0,9 = 4,86$ cm²; für $v = 7$ und $d = 1,2$ aber $1,2 \cdot 7 \cdot 0,9 = 7,56$ cm², es bleibt also noch an Nutzquerschnitt des Bleches $24 \cdot 0,9 - 7,56 = 14,04$ cm²; hiermit wird die Blechspannung an der schwächsten Stelle

$$\sigma_e = \frac{h(b - 2t) \sigma'_h}{2 \cdot 14,04} = \frac{28\,800}{28,08} = 1024 \text{ at,}$$

was gerade noch zulässig ist $v = 6$ wäre aber besser!

Die ganze Laschenlänge wird demnach $L = 6 \cdot 18 + 1 = 109 \text{ cm}$ gegenüber 144 cm bei Holzlaschen; für drei Zähne würde $L = 6,75 \cdot 18 + 1 = 122 \text{ cm}$, dafür hätte man 75% Nutzquerschnitt des Streckbalkens (statt $66\frac{2}{3} \%$ bei $n = 2$), was in vielen Fällen vorzuziehen sein dürfte, wenn es auch etwas teuer zu stehen kommt.

Anmerkung 1. Eine Vereinfachung der Rechnung ließe sich erzielen, wenn die Zähne an das Blech angeschweißt werden könnten. Doch ist vorerst davon abzuraten, da diese Arbeit nicht sicher genug und ohne Ausglühen auch zu bedenklichen örtlichen Schweißspannungen führen könnte.

Anmerkung 2. Bei kleinen Balken wird unter Umständen s so klein, daß die Nietendurchmesser $< 8 \text{ mm}$ werden, also kalt eingezogen werden müssen. In diesem Fall rechnet man besser mit $\tau_e < 800 \text{ at}$, etwa 600 at .

Die Eisenlaschen, Bild 98, wird man meist nur dann anwenden, wenn es an der nötigen Breite zu Holzlaschen fehlt, was z. B. bei Howeschen Fachwerkbrücken zutrifft, deren Stöße bisher meist zu schwach waren und die daher immer seltener werden, obgleich sie in holzreichen Gegenden, denen es an Eisenbauanstalten fehlt, auch heute noch manchmal Anwendung finden könnten.

Bei hölzernen Dachstühlen werden in der Regel die Holzlaschen vorzuziehen sein, da dort meist Platz genug für seitliche Anbringung breiter Laschen vorhanden ist. Sind die Streckbalken zweimal zu stoßen, so kann man das Mittelstück ganz aus zwei langen Laschen herstellen, wie dies z. B. bei den Ausstellungsbauten in San Francisco geschieht. Dort hat man statt Verzahnung eine Verdübelung mit runden Hartholz- oder Eisenstücken (auch Gasröhren) versucht, wie sie Lengeling nach S. 345 schon für Balkenverdübelungen versucht hat. Alvarez berichtet darüber in Engineering Record vom 1. August 1914, S. 132/4, erzielte aber nur 18 bis $31,5 \%$ der Zugfestigkeit des gestoßenen Streckbalkens, und zwar um so weniger, je breiter letzterer war. Es zeigte sich, daß solche runde, ungeteilte Dübel schwer zum gleichzeitigen dichten Anliegen zu bringen sind. Mit Keildübeln oder Verzahnung und Bolzen mit kräftigen Federringen bzw. Spannplatten hätte man wahrscheinlich viel bessere Ergebnisse erzielt, wenn deren Zahl und Einschnitttiefe wie oben berechnet

worden wäre. Meine Absicht, auch hierüber Versuche anzustellen, ist leider durch den Krieg vorerst vereitelt worden.

Schlußwort.

Man sieht, wieviel Rechenarbeit selbst die scheinbar einfachsten Holzverbände verursachen, wenn sie zweckmäßig und wirtschaftlich ausgeführt werden sollen, was bisher zu wenig geschah. Im übrigen sei zum Schluß nochmal die wichtige Regel betont, daß alle Berechnungen unsicher sind, wenn deren Voraussetzungen bei der Bauausführung nicht stimmen, wenn also z. B. so mangelhaftes Holz angeliefert wird, daß die zulässigen Spannungen nachträglich herabgemindert, also die Abmessungen verstärkt werden müssen, sei es, daß grobe Aeste, Harzgallen, krummer Wuchs usw. die Festigkeit verringern oder unzulässige Lage der Jahrringe bei den Verbänden gewählt ist.

Bei verwickelteren Verbänden, die auf zusammengesetzte Festigkeit beansprucht werden, steigen diese Schwierigkeiten, und sind noch weitere Versuche erforderlich. Eine der verwickeltesten Aufgaben dieser Art ist die zweckmäßigste Form und Abmessung der Luftschrauben von Flugzeugen, an denen ich gegenwärtig arbeite. Hier kommen ausnahmsweise reine Zugspannungen (Fliehkräfte) und Biegspannungen zur Wirkung, und da meist ausgewählte, gerade gewachsene und astreine Hölzer verwendet werden¹³⁷⁾, entsteht die Frage, ob hier die Zugfestigkeit der Hölzer voll ausgenutzt werden darf, wovon an anderen Stellen, z. B. F.-N. 136, abgeraten ist.

¹³⁷⁾ Da unsere Luftschrauben gewöhnlich 2,70 m Durchmesser haben, so ist völlige Astreinheit nur bei ausgesuchten Stämmen erzielbar und namentlich für das bisher so häufig verwendete Nußbaumholz selten erreichbar. Wir fanden fast in jedem Nußbaumflügel Aeste, die schwächend wirkten, und machen daher gegenwärtig Versuche mit Hölzern von strenger Astreinheit. Sollte sich das Bedürfnis nach noch größeren Durchmessern der Luftschrauben herausstellen, so wird die Verwendung solch astreiner Hölzer unbedingt notwendig.



Verzeichnis der Stichwörter samt Abkürzungen

- Ab**nutzversuche 311
 Abschleifmaschinen 311
 Absperrfurnier 176
 Acajou 191
 Affenbrotbaum 90
 Afzelia 195, 327
 Ahorn 70, 162, 175
 Ahrens 31
 Akazie, echte 155
 Akazie, falsche 149
 Akazie, weiße 149
 Akazienbohrer 154
 Alengua 195
 Alers 234
 Alkaloide 76
 Alkohol zum Aufweichen 53
 Alter der Bäume 75, 89, 90, 266
 Alter des Bauholzes 307
 Altern, künstliches 127
 Alvarez 373
 Ameisen, weiße = Termiten 190
 Amelung 64
 Anatomie, s. Kleingefüge 32
 Aneinanderwachsen der Zellen 55
 Anstett 329
 Anstriche 89, 175, 190, 253
 Araucarien 122
 Arve 112
 Aspe 176
 Aeste 267
 Aesten 169, 228, 234, 236
 Astlöcher 8, 168
 Astreinheit 74, 218, 232
 Astwunden 169, 205, 235
 Aufästen, s. Aesten 228
 Auslaugen 79, 89, 165, 169
- B**ach 303
 Bach-Schülesches Potenzgesetz 303, 306
 Balken, verbolzte 348
 Balken, verdübelte 339
 Balken, verlaschte 347
 Balken, verstärkte 337
 Balken, verzahnte 337
 Bambus 36
 Bambusmesser 41
 Bang 194, 202
 Bartbildung 43, 266
 Bassesche Furnierröhren XIX
 Bassoë 339
 Bast 60
 Bastfasern 60, 62, 64
 Bastzellen 59, 60, 61
 Bäterden 115
 Bauholz 36, 73, 76, 77, 97, 116, 120, 124, 142, 143, 146, 149, 155, 158, 159, 160, 163, 170, 174, 177, 191, 202, 233
 Baumann 41, 153
 Baumaterial, s. Baustoff
 Baumgräser 34, 35, 36
 Bauschinger 23, 24, 26, 255, 257, 259, 270, 282, 295, 304
 Bauschingers Abschleifmaschine 311
 Baustoff 1, 36
 Bauverbände 332
 Beauverie 63, 83
 Bebeerin 196
 Beeren 91, 121, 145
 Benageln der Hängsäulen und Streckbalken 354, 367
 Benzol 20
 Beraufen 86

- Bergahorn 200
 Bergrüster 156
 Berliner Handelskammer 232
 B. M. = Berliner Mitteilungen 270
 Bewaldraufen 82
 Bewaldrechten 82
 Biegen der Hölzer 330, Nachtrag
 Biegen von Bambus 83, von anderen Hölzern 162, 330
 Biegefestigkeit 24, 29, 41, 241, 243
 Biegversuche 297
 Bildungsring 61
 Bilinga 195, 264
 Binokular 33
 Birke 70, 162, 175
 Birkenrinde 3, 175
 Birkenrindenöl 175
 Birnbaumholz, afrikanisches 195
 Bitterstoffe 76
 Blackbutt 177, 182, 184, 185
 Black-Larch 117
 Black-Locust 154
 Blasenrostpilz 207
 Blasverlust 312
 Blattfuß 175
 Blaugummibaum 177, 185
 Blauholzmühle 202
 Blauwerden 96
 Bleistiftfassungen 121
 Blendersaumschlag 233
 Blenderwald 232
 Blenderwirtschaft 232, 233
 Blindholz 104, 143, 176
 Blockhaus 1
 Blitzgefahr 62
 Blue Gum 184, 185
 Blütenpflanzen 147
 B. M. = Berliner Mitteilungen 270
 Bock 339
 Böhm's Abschleifmaschine 311
 Bohrmuscheln 89
 Bohrwurm 8, 144, 146, 196
 Bongosi 191, 195, 272, 281
 Boote 175
 Booth 118
 Borke 60, 62
 Böschungbefestigung 151, 176
 Box 181
 Brackwasser 89
 Breitfasern 58, 72, 92
 Brinnell-Jankasche Kugeldruckprobe 9, 10, 314
 Brot 76
 Brücken, tragbare 36, 43
 Brückenbelag 192
 Brush Box 184
 Buche 29, 62, 70, 235
 Buchsbaumholz 176d, 195a
 Buffon 23, 82
 Buscheiche 194
 Büsgen 10, 31, 128, 191
 Bumerangs 155
 Buntbambusse 140
 Butt 181
 Carya 159, 160
 Cassel 118
 Cedrela 121
 Ceiba 90
 Chaparro 199
 Charpys Pendelhammer 330
 Chevandier 255
 Chinesische Mauer 144
 Christusdorn 155
 Chromsaures Kali 125
 Cline 116, 314
 Cline und Heim 23, 114
 Cocusholz 191
 Colonial Teak 184
 Cuba-Grenadille 191
 Dahlem 120, 128
 Dämpfen des Holzes 162, 329, 330
 Darrgewicht 14
 Dauer des Holzes 88
 D. D. G. = Deutsche Dendrologische Gesellschaft 118
 Dehnung 29
 Dickenwachstum 35, 68, 74
 Dikotyledonen, s. zweisamennappige Pflanzen 34
 Dinitrophenolnatrium XIX, 88, 168, 236
 Dollen 277, 281

Douglastanne oder -fichte 93,
115, 117
Drahtumschnürung 45
Drechslerholz 31, 36, 112, 131,
145, 153, 155, 159, 175,
176, 197
Drehfestigkeit 330
Drehwuchs 7, 71, 205, 216
Dresdner Bank 202
Drucke 203
Druckfestigkeit 23, 42, 51, 60,
184, 220, 320
Druckluft 21
Druckversuche 256
Duhamel de Monceau 82
Dünenbefestigung 176

E-Schwänzchen VI

Ebenholz, deutsches 127
Eberesche 145, 159
Ebermayer 71
Edelkastanie 142
Edeltanne 103
Eibe XX, 121, 214
Eiche 5, 23, 29, 62, 64, 70, 71,
76, 80, 90, 107, 123, 130, 142,
146, 154, 163, 174, 177, 181
Eiche, afrikanische 130
Eiche, australische 130
Eiche, immergrüne 130
Eiche, indische 130, 145
Eiche, japanische 130
Eiche, slawonische 129
Eiche, südeuropäische weich-
haarige 129
Eiche, ungarische 129
Eichenhochwälder 128
Eichenholz, grobes und mildes
132
Eichenkork 200
Eichenschälwald 129
Eichen, zerstreutporige 124, 130
Eichler 83
Eichsfeld 165
Eickhöfe 123
Eilenriede 128, 214
Einkeimblättrige Pflanzen 34
Einsamenlappige Pflanzen 34
Eintauchverfahren 19, 20
Eisenbahnkriegsbrücken 343

Eisenbahnschwellen 117, 130,
146, 147, 163, 168, 169, 186,
190, 191, 192, 198, 199, 246,
277, 328, 339
Eisenbahnwagenbau 129, 130,
146, 157, 195, 199, 232, 326
Eisenbänder 253, 347
Eisendollen 277, 281
Eisendübel 343
Eiseneinlagen 245, 277, 281,
360, 370
Eisenholz, Kameruner 191
Eisenhölzer 155, 199
Eisenlaschen 369
Eiserne Schuhe 246
Eiweiß 63, 69, 70, 76
Elastizität, s. Federung
Elefantenohrbaum 92
Engesser 303
Entstärken 83, 133
Eller 175
Elsbeere 145
Else 175
Englichtig 62
Englumig 62
Entrinden 86
Erdöl 40
Erdbau 176
Erdpfähle 40, 331
Esche 70, 157, 160, 162, 174
Erle 121, 175
Ersticken 87, 180
Espe 176
Eukalyptus 90, 115, 146, 177, 185

Falck 87

Fällzeit 38, 70, 71, 75, 77, 79
Fahrradbau 36
Färben des Eichenholzes 127
Farbhölzer 202
Farbstoffe 66
Faschinenbauten 176
Fasertracheiden, s. Breitfasern
Faßdauben 129
Faulen 67
Faulkern 67
Fäulnis 57, 80, 89, 90.
Fäulnisbeständigkeit 331
Fäulniskufe 331
Fäulnispilze 16

Fäulnisstoffe 74
 Federringe 247
 Federung 258, 288, 298
 Feldulme 156
 Felgen 176
 Femelschlagbetrieb 233
 Fensterrahmen 113, 114
 Festigkeit 17, 23, 65, 76, 238,
 254, 307, 320, 332
 Festigungsgewebe 58
 Festplätze 124
 Fett 70, 71, 80
 Fettbäume 70, 71, 77
 Feuchtigkeit 17, 275, 313, 318,
 320
 Feuerbeständigkeit 115, 120,
 331
 Fichte 4, 5, 24, 25, 27, 62, 76,
 90, 93, 97, 103, 105, 107, 117
 Fieberbaum 177, 179, 185
 Fieberschutzmittel 146
 Fingermuschel 144
 Fingernageldruckprobe 9
 Fischer, A. 83
 Fladenschnitt 33
 Flader 33, 175
 Flatterrüster 156
 Fleckenbambuse 40
 Flößen 79, 165
 Flugzeugbau 36, 51, 374
 Föhre 105
 Föppl 270
 Forche 105
 Forle 105
 Förster 184, 269
 Forst- u. Jagdlexikon, illu-
 striertes 211, 228, 232
 Forstwirtschaft 4, 204, 219
 Foster 115
 Francé 35
 Friedrichsches Xylometer
 20, 253, 318
 Fricke 232
 Frost 67, 71, 76
 Fuhre 103, 105
 Füllzellen 57, 63, 96
 Frühholz 7, 58, 71
 Fünfstück 83
 Furniere 126, 155, 175, 176
 Furnierrohre, abgesperrte 51,
 XIX

Fußböden 4, 108, 112, 114, 163,
 175, 219, 311
 Futterklötze 160, 354/8
 Futterplätze 76

Gabunhölzer 195
 Gartenschirmpfosten 40
 Garysches Sandstrahlgebläse
 9, 314
 Gattersägen 253
 Gayer 191
 Gefäßbündel 35, 40
 Gefäße 54, 55, 56, 64, 92, 122,
 132
 Gefrieren 29, 71
 Gehörprobe 7, 8, 168
 Gelber Tod 38
 Gelbkiefer 113
 Geigenbauerhölzer 31
 Geleitzellen 64
 Geräte 153, 175
 Gerberlohe 129
 Gerbsäure 125, 126
 Gerbstoff XIX, 59, 66, 76, 78,
 85, 124, 125, 146, 147, 198
 Geruchprobe 7, 8
 Gerüste 2, 28, 36, 302
 Geschirr 36
 Geschwindigkeit der Wasser-
 aufnahme 22
 Gewehrschäfte 156
 Gewicht 11, 12
 Gewicht, spezifisches 12, 13, 18,
 93, 96
 Gewicht von Flößholz 18
 Gift 121, 202
 Gingko 92
 Glas. Ann. = Glasers Annalen
 für Gewerbe und Bauwesen
 Gleditschia 155
 Gleitflächen, schiefe 263
 Glockenstuhl des Iwan
 Weliki in Moskau 155
 Gothan 34
 Gotlandkiefer 112
 Gottgetreu 15, 337, 338
 Gottgetreu-Baumgarten
 15
 Graebner XX
 Grähne 97

- Grashoff 240
 Graslärchen 116
 Grauerle oder -eller XX
 Greenheart, s. Grünherz
 Grenadilleholz 191
 Grey Box 184
 Grey Gum 184, 185
 Grey Ironbark 184, 185
 Größe der Bäume 89
 Großmann 177
 Gruba 179
 Grubenholz 154, 190
 Grundgewebe 35, 40, 64
 Grünerle oder -eller 176
 Grünewaldsche Furnier-
 röhren XIX
 Grüngewicht 14, 18
 Grünherz 146, 196, 202
 Gum 180, 181
 Gummi 28, 59, 66, 146
 Gummi arabicum 155, 180
 Gummibäume 64
 Gura 179
 Gymnospermen, s. nacktsamige
 Pflanzen 34

Haarröhrchenkraft 57
 Haberlandt 35
 Hackmatack 117
 Hafenbau 30
 Haftfestigkeit von Nägeln und
 Schrauben 29, 331
 Hagen 255
 Hager 78
 Hainbuche 160, 174, 214
 Hainbuchendübel 169, 174
 Hall 23
 Hamburger Getreiderinne 72
 Hanfbast 64
 Hängböcke 351
 Hängsäulen 359
 Hängwerke 349
 Hannover 4, 112, 128, 152, 154,
 162, 211, 213
 Harburg 5, 121, 177
 Härte 8, 9, 10, 23, 314
 Härteklassen 11
 Härteversuche 314
 Hartholzdübel 340
 Harthölzer 70, 81, 115, 261
 Hartholzlaubebäume 124
 Hartholzfutterklötze 160, 246,
 281, 335
 Hartig, Robert 113, 32, 127,
 216
 Hartig, Th. 83
 Harz 28, 59, 66, 76, 91, 92, 93,
 96, 116, 122
 Harzbalsam 107
 Harzdämpfe 15
 Harzgallen 93, 96, 365
 Harzgänge 60, 92, 122
 Harzgeruch 92, 93
 Hassack 134
 Hatt 159
 Hausbau 1, 4, 16, 41, 165, 177,
 186, 246, 297, 331, 343
 Hausschwamm 16, 88
 Heidelberg 38
 Helgoland 196
 Hemlocktannen 117
 H. & W. = Hempel und
 Wilhelm 35
 Herbstholz 72
 Herrenhausen 154, 176
 Hickory 149, 159
 Hirnholz 33
 Hirnschnitt 33
 Hofmann 191
 Höhe der Bäume 89
 Hollenberg 310, 337
 Holzeinfuhr 201, I
 Holzfasern 58
 Holzfüller 114
 Holzgummi 166
 Holzlaschen 368, 373
 Holzmesser 20
 Holznägel 176
 Holzpflaster, s. Pflaster
 Holzschliff 203
 Holzschuhe 143
 Holzstoff III, 65, 233
 Holzverbände 245, 332
 Holzzellen 61
 Hooksches Gesetz 241, 302
 Hoops 103
 Howesche Fachwerkbrücken
 373
 Hoyer, Egbert V
 Hoyer, W. 347
 Hülsendorn VI, 129, 149, 162,
 203, 212 s. a. Robinie

Hütewald 124
Hyperbolische Spannungver-
teilung 303

Inokuty 291, 295
Insektenfraß 75, 79, 80, 87, 214
Interzellularen, s. Zwischenzell-
räume
Ironbark 181
Isotrope Baustoffe 241

Jaccard 22
Jaehn 185
Jahrringe 66, 71
Jahrringe, falsche 75
Jakarandaholz 155
Jänecke 327
Janka 9, VII, 314, Nachtrag
Jankasche Kugeldruckprobe
9, 10, 314
Jarrah-Holz 5, 177, 178, 181,
186, 190
Java Tiek 146, 327
Jenny 304
Jentsch 191, 194
Jentsch und Büsgen 191
Jodprobe 78, 82, 125, 255
Johannistriebbildung 75
Johnson 257, 295, 301
Judeich 86

Kahlhiebe 170, 219, 233, 234
Kali, chromsaures 125
Kalziumoxalat 64, 76
Kambala 194
Kambiformzellen 64
Kambium 61
Kambiumring 61
Kampanile in Venedig 116
Kampfer 76
Kanadadocks am Bridgewater-
Kanale 196
Kanoes 200
Kapillarität, s. Haarröhrchen-
kraft 57
Karmarsch 255, 331
Karri 181, 186, 190
Kartoffel 71

Kastanie, echte 142
Käste 142
Kawamura 40
Kegeldruck von Ludwik 314
Kennedy 207
Kern, falscher 67, 165
Kern, grauer 165
Kern, roter 165
Kernbäume 66
Kernbohle, richtiger Mark-
bohle 100
Kernfäule 74
Kernholz 7, 59, 63, 66, 80, 94,
96
Kernholzbäume 66
Kernreifholz 66
Kernreifholzbäume 66
Kernstoffe 59, 60
Kiefer 29, 93, 97, 103, 105, 110,
117, 163, 290
Kiene 103
Kienfackeln 105
Kienholz 105
Kindermord 121
Kino, australisches 180
Klammerbalken 345
Klammern gegen Luftrisse 164,
253
Klanggeräte 214
Kleidung 36
Klein, L. 119
Kleingefüge 32
Klötzzelholzbrücken 339
Knickfestigkeit 47, 51, 240, 333
Knoche 5
Knospenwucherungen 214
Kohlenhydrate 65, 69
Kokos 191
Koksöfen 3
Koniferen, s. Nadelhölzer
Kopfbänder 334
Kopfbüge 333
Körbe 36
Kork 2, 63, 131, 200
Korkbaum, mandschurischer 202
Korkeiche 62, 131
Korkhölzer 200
Korkrüster 156
Korkstoffe 2
Korkzellen 62
Korkziehereiche bei Lehre 211

Kraft 112, 234
 Kraus 6
 Krankheiten 67
 Kreislauf der Zellsäfte 68
 Kreosotöl 163
 Kriegbrücken 302, 339, 342,
 343, 345, 349
 Kriegsschiffe 146
 Kristallschläuche 64
 Krüppelfichten am Brocken 214
 Kugeldruckprobe 9, 10, 314
 Kugeldruckprüfer 9
 Kugeln 196
 Kunsttischlerholz 155
 Kurz 37
 Küstensequoie 120

Labes 340
 Labordière 329
 Lagatsche 149
 Lang 1, 2, 5, 197, 271, 303, 337
 Lange 82
 Laris 5, 6
 Lärche 93, 107, 115, 117
 Laubhölzer 34, 53, 55, 58, 71,
 72, 75, 122
 Laubhölzer, ringporige 122, 123
 Laubhölzer, zerstreutporige 122,
 162
 Laufbohlen 114, 186, 253
 Laves 255
 Lebensstoff 68
 Legführen der Alpen 214
 Leinbast 64
 Leinöl 15
 Leinöltränkung 20
 Leitungstracheiden, s. Leit-
 zellen
 Leitzellen 35, 54, 58, 64
 Lengeling 339, 343, 345,
 346, 373
 Léon 29, 35, 238
 Les Landes 179
 Lianen 64
 Libriformfasern, s. Stützzellen
 Libriformzellen, s. Stützzellen
 Lieferbedingungen für Holz-
 käufe 204, 219
 Lignin 65
 Linde 62, 70, 90, 121, 174, 175

Lindenbast 64
 Loblolly-Pine 115
 London 188
 Longleaf-Pine 114
 Lörachs Anstrich 253
 Loracin XX, 253
 Ludwigs Kegeldruck 314
 Lufttrisse 165, 248, 253
 Lufttrockengewicht 14, 16, 17
 Lufttrockenheitgrad 16
 Luftschiffbau 200
 Luftschrauben 330, 374
 Lugols Jodlösung 78
 Lutz 70

Mabambus 38
 Maceration, s. Trennung der
 Zellen 65, 173
 Mahagoni, afrikanisches 191
 Mahagoni, australisches 187
 Mahagoni, echtes 191, 196
 Mährl 178, 182, 185, 188
 Mahogany 181
 Mammutbaum 90, 120
 Mangelbaumholz 198
 Mangroveholz 198
 Mangroverinde 198
 Mark 40, 64
 Markbohle 100
 Markröhre 61, 64
 Markstrahlen 61, 122, 123
 Mareaholz 201
 Martens 13, 259
 Maschinenteile 174
 Maserholz 155, 156, 203
 Maserwuchs 214
 Matten 36
 Mauerzellen 60
 Maulbeerbaum 143, 145
 Maulbeerbaum, schwarzer 143
 Maulbeerbaum, weißer 143
 Mayr 35, 93
 Mazerolle 180
 Medicus V, 151
 Meerasseln 89
 Meerwasser 89
 Mehlbeerbaum 145
 Mehmke 303
 Mehrkeimige Pflanzen 34
 Melan 297

Mell und Brush 149
 Membrane, s. Schließhaut
 Mer 63, 83
 Meßbildzeichner 260
 Metallsalze 163
 Metzger 289
 Meydenbauer 165
 Mikolaschek 297
 Mikroskope 32
 Milchröhren 64
 Milchsaft 28, 76
 Mischwälder 128
 Mittellamelle, s. Zellenhäutchen
 Mkweo 195
 Moa oder Moah 179, 183, 184
 und 181 Nachtrag
 Möbel 36, 89, 129, 145, 159, 162
 163, 177, 181, 187, 191, 196,
 214
 Modelle 175
 Möller A. 87
 Möller, M. 5
 Momangi 194
 Mondbergglaube 77
 Monokotyledonen, s. einsamen-
 lappige Pflanzen
 Mooreichen 127
 Moormann 88
 Mosobambus 38
 Mulden 143
 Mulgaholz 155
 v. Müller 179
 Müller, Rich. 304
 Mulmein Tiek 327
 Mumiensärge 200
 M. M. = Münchener Mitteilungen
 270
 Mwule 194
 Mykantin XX

Naben 176
 Nachbehandlung 77, 86
 Nacktsamige Pflanzen 34
 Nadelhölzer 18, 24, 26, 27, 34,
 53, 55, 58, 60, 70, 71, 72,
 75, 77, 79, 80, 91, 123, 124,
 266
 Nagelung der Hängsäulen und
 Streckbalken 354, 367
 Nährfasern 59, 65

Nährstoffe 68
 Nahrung 36
 Nährzellen 54, 59, 60, 64, 69,
 122
 Nährzellfasern 58, 60
 Naßgewicht 14, 18
 Naturdenkmäler 120, 121
 Naturwissenschaften, Hand-
 wörterbuch der 7
 Naviersche Biegeformel 243,
 302, 303, 305
 Nectandrin 196
 Neger 206, 238
 Neuenburger Urwald 124
 Ney 128
 Njabi 195, 265
 Nonnenfraß 79
 Nonnenholz 79
 Nördlinger 11, 32, 331
 Normalfeuchtigkeitgehalt 17,
 320
 Norway Pine 115
 Nußbaum 2, 82
 Nußbaumhölzer 159, 162

Obstbäume 76, 159, 175
 Oedflächen-Aufforstung 155
 Odum 194
 Okumee 191
 Oel 28, 69, 70, 120, 146, 175
 Oelbaumgewächse 159
 Oregon Pine 117
 Osmotischer Druck 57

Palmen 34, 35, 36
 Panamakanal 196
 Panzerung bei Kriegsschiffen
 146
 Papier III, 203, 233
 Papierholz 36, 203
 Pappel 62, 70
 Pappel, amerikanische 176
 Paraffin 20, 163
 Parenchym 58
 Parenchymzellen, s. Nährzellen
 Parkett 192
 Paulownie 202
 Pearson 190
 Pechkiefer 93, 112

Pendelhammer von Charpy 330
 Perubaholz 199
 Pest der Kastanie 143
 Petsche 180
 Pfähle 127, 144, 186
 Pfeifenrohre 40
 Pfeil und Bogen 121
 Pferdefleischmahagoni 155
 Pflaster 163, 175, 177, 180, 182, 185, 186, 188, 329
 Phanerogamen, siehe Blütenpflanzen
 Pifrement 125
 Pilze 8, 40, 80, 87, 89, 124, 166
 Pilzgeruch 15
 Pilzkrankheiten 32
 Pinie 107
 Pinsel 62
 Pitch-Pine 112
 Pläntern 232
 Plänterwald, s. Blenderwald 232
 Platane 62, 174, 200
 Plattfedern 247
 Plattenfuß 175
 Plinius 23, 82, 255
 Pockholz 196, 272
 Pönsen 331
 Pontinische Sümpfe 179
 Poren 64, 72, 92, 122
 Porenkitt 132
 Porenraummaß 18
 Potenzgesetz v. Bach-Schüle 303, 306
 Powellsche Zuckertränkung 190
 Präzisionsxylometer 20, 253, 318
 Prilleux 82
 Printz 191
 Prosenchym 58
 Prosenchymzellen, siehe Zellfasern
 Protoplasma, s. Lebensstoff 68
 Prüfung mit dem Auge 7
 Prüfung mit dem Gefühle 7, 8
 Prüfung mit dem Gehöre 7, 8, 168
 Prüfung mit dem Geruche 7, 8
 Pseudotsuga 90, 117

Quebracho 129, 146, 149, 196
 Quebracho, echtes 147, 149
 Quebracho, rotes 141, 149
 Quebracho, weißes 147, 149
 Quellen des Holzes 22, 246, 248, 329
 Querbolzen 28
 Querfestigkeit 139, 173, 246, 270
 Quietmeyers Sandstreuung 348
 Quietmeyers Scherversuch 291

Radialschnitt, s. Strahlschnitt
 Radkämme 174
 Radspeichen 153
 Rammpfähle 116, 144, 162
 Rammklötze 160
 Rauhe Alb 169
 Raumgewicht 12, 13, 14, 23, 24, 25, 26, 27, 318, 320
 Raummesser 19
 Rebpfähle 143, 145, 154
 Red Fir 117
 Red Gum 185
 Red Ironbark 186
 Red Mahogany 184
 Red Oak 130
 Red Pine 115
 Red Wood 115, 120
 Reifholz 66, 67
 Reifholzbäume 66
 Reisstroh 203
 Reißbretter 176
 Reizbewegungen 217
 Reize 61
 Resupination, s. Drehwuchs
 Rhizophora 198
 Richter 5
 Richtstätten 123
 Riemenfußböden 175
 Rinde 60
 Ringeln 81, 235, 254
 Ringklüfte 8
 Ringporen 131, 132
 Robinie 62, 64, 149, 203, 212, s. a. Hülsendorn
 Rolläden 112
 Röhrenleitungen 175

Rollen 196
 Rols 179
 Rosenartige Gewächse 159
 Rosenholz 155
 Rostbuche 162, 174
 Roßkastanie 70, 143, 175
 Rotbuche 18, 70, 123, 129, 162,
 203, 235
 Roteiche 130, 132
 Rotgummibaum 185
 Rothart 149
 Rotholz 115, 120, 177, 216
 Rotkiefer 115
 Rottanne 97
 Rückflußkühler 322
 Rudeloff 13, 20, 29, 251, 254,
 257, 282, 321, 331
 Rühl 297
 Rundfasern 58
 Rundholz 16
 Rüplings Spartränkung 164
 Rüster 155
 Rutenbäume 211

S-Schwänzchen VI

Säbelwuchs 214
 Sabieu 155
 Sachs 64
 Sachsenroß im Solling 214
 Sachsenwald 118
 Sadebaum 120
 Safttrieb 69, 77, 80
 Sahlweide 176
 v. Salisch XX
 Salzlösungen, pilztötende 88
 Samenpflanzen 147
 Samitea 164
 Sandelholz, rotes 199
 Sandelholz, weißes 199
 Sanderle oder -eller XX, 176
 Sandstrahlgebläse 9, 10, 312,
 314
 Sarra 179
 Sattelhölzer 277
 Saugtrockenschrank 323
 Säurich 35
 Schälen des Stammes 81, 86,
 169
 Schalleitung 331
 Scharlacheiche 132

Scheppe-Allee in Darmstadt
 214
 Scherfestigkeit 24, 245, 296
 Scherversuche 289
 Schiefe Gleitflächen 263
 Schirlingstanne 117
 Schiffbau 113, 122, 145, 146,
 186, 197, 214, 326
 Schiffmaste 122
 Schiffpfähle 30
 Schild 323
 Schilde 201
 Schildplattbambus, falscher 40
 Schildplattbambus, natürlicher
 40
 Schiller-Tietz 77
 Schirmstangen 36
 Schlagbiegearbeit 29
 Schlagbiegproben 41 330
 Schlangenbäume 211,
 Schlangenfuhre bei Bendestorf
 211
 Schleifenkiefer bei Kananohe
 211
 Schleifprobe 10
 Schleifverlust 312
 Schließhaut 55
 Schmeil 35
 Schmuckkästen 191
 Schneeschuhe 162
 Schneidt 168
 Schnellmesser von Lang 258
 Schnittweise, amerikanische 254
 Schnitzereien 112, 120
 Schönmütze 179
 Schorstein 82
 Schotendorn (besser Hülsen-
 dorn) VI, 129, 149, 162
 Schröter 37
 Schuhnägel 154
 Schüle 26
 Schutzanstriche gegen Luft-
 risse 165
 Schwappach 20, 165
 Schwarzeiche 129, 132
 Schwarzeller oder -erle 175
 Schwarzfärbung des Eichen-
 holzes 126, 127
 Schwarzkiefer 112
 Schwarzholz 155
 Schwarzzamm 185

Schwellenfestigkeit 280
 Schwendener 35
 Schwimmstangen 36
 Schwinden des Holzes 22, 75,
 191, 246, 248, 329
 Sebenbaum 120
 Seebau 146, 177, 185, 198
 Seehafenbau 145
 Sehnenschnitt 34
 Seidenraupenzucht 143, 145
 Semler 118
 Sequoia 90, 115, 120
 Shortleaf Pine 114
 Siebröhren 60, 61
 Sitzbänke in Eisenbahnwagen
 157
 Sklerenchymzellen, siehe Stütz-
 zellen
 Smith 256
 Sommerdürre 75
 Sommereiche, s. Stieleiche
 Spaltbruch 262
 Spaltkeil 262
 Spaltversuche 310
 Spannplatten 248
 Spannungen 238
 Spannungsgreize 215
 Spanrückig gewachsene
 Stämme 214
 Spätfrost 75
 Spätholz 7, 58, 71
 Speere 159
 Speicherzellen 59, 70
 Sperrholz 176 u. 254 Nachtrag
 Spessart 124, 126
 Spiegelschnitt 33
 Spitzkeimer 34, 35, 58
 Splintbäume 66
 Splintholz 7, 63, 66, 80, 81, 87
 Splintholzbäume 67
 Spörri 37
 Spotted Gum 184, 186
 Sprengböcke 351
 Sprengkeil 262
 Sprengkopf 197, 262
 Sprengwerke 349
 Sprödigkeit 29, 330
 Staffelstein 90
 Stamer 290
 Stapelung der Eisenbahn-
 schwellen 168

Stärke 69, 70, 71, 76, 80
 Stärkebäume 70, 80
 Stärkekörner 70
 Stärker und Fischer 178,
 182
 Stecklinge 151
 Steigröhren für Pumpen 36
 Steineiche 127, 130, 142
 Steinlärche 115, 116
 Steinvorth 128
 Stieleiche 124, 127, 129
 Stöcke 36, 197
 Stone 35
 Stoßweise Belastung 29, 330
 Strahlenklüfte 8
 Strahlenparenchym, s. Nähr-
 zellen
 Strahlschnitt 33
 Strahlzellen 65
 Strandkiefer 107, 112
 Strangnährzellen 60
 Strangparenchym, s. Strang-
 nährzellen
 Strasburger 83
 Strasburger-Jost 205
 Streckbalken-Stoßverbände
 367
 Stricke 36
 Stringybark 181
 Strobe 112
 Stützzellen 35, 58, 64
 Suenson 304
 Sumpfgase 89
 Sumpfzypresse 122
 Süntelbuchen 213
 Swietenia Mahagoni 191
 Sydney Blue Gum 186
 Sykomore 200
 Szittkehen 76
 Täfelungen 116, 191
 Talgholz = Tallow Wood 177,
 181, 182, 184, 185, 186
 Tallow Wood 181, 182, 184
 Tamarack 117
 Tanaka 306
 Tangentialschnitt, s. Fladen-
 schnitt und Sehnenschnitt
 Tanne 90, 96, 103
 Taxodium 122

- Taxus 121, 122
 T. B. = Technische Blätter
 (Prag) 297
 Teak Wood = Tiekholz 145
 Teeren von Baumwunden 169
 Teeren der Pflasterklötze 180,
 181
 Teeren von Baumwunden 169
 Teilung der Zellen der Ver-
 dickungsschicht 71
 Telegraphenstangen 40
 Teophrast 82
 Termiten 190
 Terpentinöl 116
 Tetmajer 29, 31, 302
 Tewart 186
 Thyllen, s. Füllzellen
 Tiekholz 145, 326
 Tiekholz, afrikanisches 194
 Tiemann 289, 297
 Tingplätze 123
 Tischlerhobel 174
 Tischlerholz 31, 112, 114, 116,
 122, 130, 131, 143, 145, 155,
 156, 157, 175, 202
 Tod der Bäume 90
 Totenbaum 121
 Tonkinrohre 43
 Tracheen, s. Gefäße
 Tracheiden, s. Leitzellen
 Tränken 15, 80, 82, 88, 89,
 163, 190
 Traubeneiche 127
 Trennung der Zellen 65, 173
 Treppenbeläge 311
 Treppenstufen 192
 Trockenästen 236
 Trocknen, künstliches 15
 Tropen 75
 Troschel 196
 Tschulok 34
 Tsuga, falsche 117
 Tsugen 93, 96, 117
 v. Tubeuf 90
 Tübingen 174, 202
 Tulpenbaum 176
 Tupelo 176
 Tüpfel 55
 Türen 114
 Turpentine 181, 184, 186
 Tuzson 164
 Ueberhitzen 15
 Ueberwallungen 61, 76
 Uferschutz 176
 Ulme 155, 162
 Umfang der Bäume 90
 Umschnürung der Enden von
 Bambusstützen 45
 Umtriebzeit 75, 91
 Uugs-Schwänzchen VI
 Unterlagscheiben 247
 Unterlagscheiben, keilförmige
 337
 Vakuumapparat, siehe Saug-
 trockenschrank 323
 Veilchenholz 155
 Verdickungsbündel 35
 Verdickungsschicht 61, 71
 Verein deutscher Ingenieure
 271
 Verfärbungen 67
 Verholzung 65, 66
 Verkleidungen 2
 Verletzungen 169, 214
 Vertäfelungen 116, 191
 Verzapfungen 277, 281
 Vespermann 178, 180
 Viehfutter 121
 Vitruv 82
 Volumenometer, siehe Raum-
 messer
 Wacholder 120, 121
 Wachstumschicht 61
 Wächter 82
 Wadel 77
 Waffen 121, 155, 159
 Wagenbau 36, 129, 153, 156, 214
 Wagner 190
 Wagners Blendersaumschlag
 233
 Walnußbäume 159, 175
 Walzen 196
 Wangenheim 151
 Wärmeleitung 331
 Warren 178, 260, 268, 328
 Wasserbau 5, 28, 30, 107, 113,
 114, 129, 175, 176, 181, 186,
 196, 327, 329

Wassereichen 127
 Wassergehalt 16, 17, 21, 24,
 75, 184
 Wasserleitröhren 36
 Wasserzellen 54
 Wawrziniok 322
 Wehmer 147, 327
 Weichhölzer 70, 262
 Weiden 62, 70, 176
 Weimutkiefer 93, 112
 Weiskopf 129, 194
 Weißbuche 174
 Weißdorn 159
 Weißeiche 130
 Weißeller oder -erle XX, 175
 Weißfäule 15
 Weißtannen 93, 103, 117
 Weitlichtig 59, 62
 Weitlumig, s. weitlichtig
 Wellenholz 176
 Wellingtonia 120
 Weltesche Yggdrasil 159
 W.-V. = Weltverband 13
 Werkholz 122, 156, 157
 Werkische 192
 Werkzeuge 36, 160, 163, 170,
 174
 Wertheim 245
 Western Larch 117
 Wetherby 90
 Wettstein 34
 Wetterbeständigkeit 331
 White Ironbark 185
 White Mahogany 184
 White Oak 130
 White Stringybark 184
 White Wood 176
 Wiener Möbel 162
 W. = Wiesner 35
 Wijkander 23, 29, 257, 268,
 295, 297, 301, 302, 305
 Wilhelm 35, 120, 149, 192,
 196
 Windbruch 76, 79
 Windbruchholz 85
 Winkler 242, 304
 Wildfegen 76
 Wildfraß 8, 67, 75
 Winterliche 127
 Wislicenus 127
 Wittenbauer 238

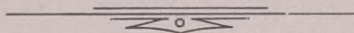
Wolff 146
 Wolfmann 16
 Wolfram 169
 Wolkenkratzer VI
 Woollybutt 184, 186
 Wuchs, einseitiger 7, 205, 215,
 216
 Wuchs, exzentrischer, s. ein-
 seitiger
 Wuchs, krummer 205, 210
 Wuchs, wimmeriger 214
 Wuchsfehler 204, 205
 Wulähholz 149
 Wundheilung 61, 76, 94
 Wundverstreichen 169, 235, 236
 Würfelbarkeit 257
 Wurmfraß 40, 52, 57, 80, 89,
 124, 125, 162

Xylometer, s. Holzmesser

Yarrah 185
 Yellow Pine 113
 Yellow Poplar 176

Zähigkeit 330
 Zapfen, s. Verzapfung
 Zapfen als Ersatz der Ast-
 löcher in Brettern 8, 232
 Zapfenträger, s. Nadelhölzer
 Zaunpfosten 145
 Zedern 120
 Zedernholz, virginisches 121
 Zeitungen, Bedarf an Holzstoff
 203
 Zeißisches Binokular 33
 Zellen 53, 65, 66, 71
 Zellenhäutchen 29
 Zellenteilung 61
 Zellfasern 59
 Zellfusion, siehe Aneinander-
 wachsen der Zellen
 Zellgewebe 53 Nachtrag, 60
 Zellhaut 54
 Zellsaft 54, 68
 Zellstoff 65, 70, 203
 Zellulose, s. Zellstoff
 Zellwände 22, 30, 40, 65, 94

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| Zeltpfosten 40 | Zugfestigkeit 24, 29, 41, 245, |
| Zement 169 | 282 |
| Zementfässer 176 | Zugversuche 282 |
| Zerreiche 129 | Zündhölzer 176 |
| Zierpflanzen 120, 121, 150, 152, | Z. M. = Züricher Mitteilungen |
| 175, 176 | 270 |
| Zigarrenkisten 121, 176 | Züricher Museum 72 |
| Zimmerling Schulze 337 | Zuwachsschicht 61 |
| Zinkchlorid 163 | Zweikeimblättrige Pflanzen |
| Zirbelkiefer 112 | 34 |
| Zitterpappel 176 | Zweisamenlappige Pflanzen 34 |
| Zucker 70, 71, 80 | Zwergbambus 37, 38 |
| Zuckerahorn 175 | Zwieselwuchs 214 |
| Zuckertränkung von Powell | Zwischenzellräume 60 |
| 190 | Zypressen 115, 120, 121 |



Tafel I. Zu Seite 48 ff.

Liste I.

Bild- Nummer	Holzart	Höhe <i>h</i> in cm	Mitt- lerer $\varnothing$ in cm	Wand- stärke <i>s</i> in cm	Quer- schnitt <i>F</i> in cm ²	Bruch- last <i>P</i> in kg	Bruch- spannung σ'' in at	Ver- hältnis <i>h</i> : <i>d</i>	Raum- gewicht <i>r_t</i>	Rohr- gewicht <i>g</i> in kg/m	Bemerkungen
3 a u. b	Jap. kurzer Bambus ohne Knoten	12,48	4,93	0,405	6,52	4 900	752	2,52	0,73	0,476	
4 a	desgl. mit 1 Knoten	12,48	4,905	0,45	6,29	4 700	748	2,54	0,857	0,548	
4 b u. c	" " 1 "	12,44	4,84	0,485	6,64	4 300	648	2,57	0,848	0,580	
5 a	" ohne "	12,37	4,905	0,485	6,73	4 900	728	2,53	0,739	0,495	
5 b	" " "	12,5	4,935	0,40	5,70	4 200	737	2,53	0,828	0,484	
5 c	" mit 1 "	13,2	4,90	0,415	5,83	3 800	682	2,68	0,728	0,416	
6 a	Bambusstütze mit 2 Knoten und nur Endumschnürung	89,0	5,0	0,455	6,50	3 500	540	17,8	0,715	0,455	
6 b	desgl. mit 3 Knoten und 5 Umschnürungen	89,2	4,04	0,40	5,58	3 500	628	18,64	—	—	
6 c	desgl. mit nur 1 Knoten und 4 Umschnürungen	61,4	4,835	0,37	5,19	3 500	674	12,7	0,795	0,413	Rest von Bild 6 b
6 d	desgl. mit 3 Knoten und 5 Umschnürungen	81,3	4,57	0,40	5,24	3 500	667	17,8	0,738	0,387	
7 a u. b	desgl. mit 5 Knoten	135,0	13,75	1,285	50,33	24 470	487	9,82	0,706	3,57	
8 a	" " 2 "	22,07	14,47	1,47	60,03	28 000	466	1,52	0,743	4,47	
8 b	" " 1 "	23,4	14,81	1,575	65,48	28 200	431	1,58	0,670	4,38	
9 a	Furnierstütze	145,0	8,23	0,80	18,08	5 300	293	17,7	—	—	
9 b	Kurzes Furnierrohr	20,7	8,20	0,77	18,60	8 280	446	2,48	0,618	1,150	
10 a	Schwarze Bambusstütze mit 4 Knoten	63,2	3,55	0,46	4,46	2 100	471	17,80	0,869	0,388	
10 b	desgl. ohne Knoten	14,3	3,43	0,40	3,81	3 100	814	4,17	0,871	0,332	
11	Schildplattbambus ohne Knoten	14,24	3,56	0,40	3,97	2 900	730	4,00	0,708	0,281	
12 a	Tonkinbambus ohne Knoten	12,00	2,84	0,46	3,44	3 200	930	4,27	0,867	0,298	
12 b	desgl. mit 2 Knoten	28,40	2,85	0,46	3,45	3 300	956	9,97	0,985	0,340	
12 c	" " 3 "	63,80	2,80	0,48	3,50	1 600	457	22,80	0,810	0,283	
13 a	desgl. dünner Bergbambus mit 1 Knoten	11,46	1,33	0,30	0,97	750	774	8,62	0,855	0,083	
13 b	Ganz dünnes Tonkinrohr	43,8	1 35	0,35	*)	—	—	32,5	—	—	*) Wegen des starken Biege- pfeiles (etwa 6 cm), keine scharfe Lastmessung möglich.
14 a	Männlicher voller Bambus ohne Knoten	12,0	2,90	1,45	6,60	4 250	644	4,14	0,782	0,516	
14 b	desgl. mit 4 Knoten	54,0	3,18	1,59	7,94	2 400	302	16,96	0,774	0,614	
15	Weiblicher ostindischer Bambus mit 1 Knoten	19,6	2,20	0,32	1,89	1 850	979	8,90	1,070	0,202	

Anmerkung: Die Bruchspannung σ'' wurde berechnet $= \frac{P}{F}$, was nach S. 41 nur ein roher Näherwert ist. Das gleiche gilt vom Raumgewicht $r_t = \frac{\text{Gewicht } G}{F \cdot h}$ und vom Gewicht *g* aufs laufende Meter $g = \frac{G}{h}$. Die Scheidewände an den Knoten sind also hierbei vernachlässigt. Man sieht aber aus den zwei letzten Spalten, welchen Einfluß sie auf die Zahlenwerte von r_t und *g* haben.

ZWIĄZEK Z...
PRZY AKADEMII...
W KRAKOWIE
KUR

Tafel II. Zu Seite 50 ff.

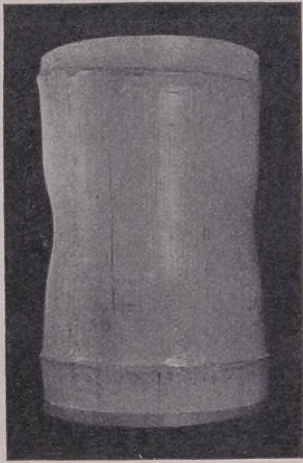


Bild 8 a.

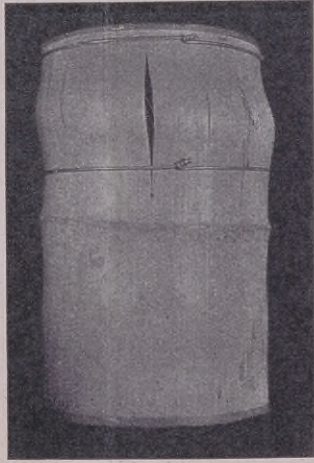


Bild 8 b.



Bild 9 a.



Bild 9 b.

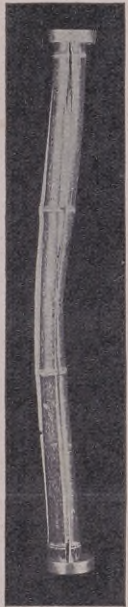


Bild 10 a.



Bild 10 b.



Bild 11.

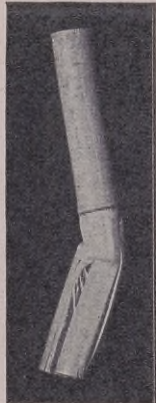


Bild 13 a.



Bild 13 b.

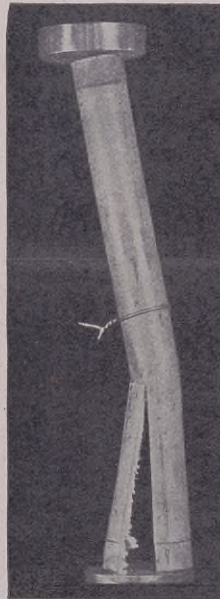


Bild 12 b.



Bild 12 c.

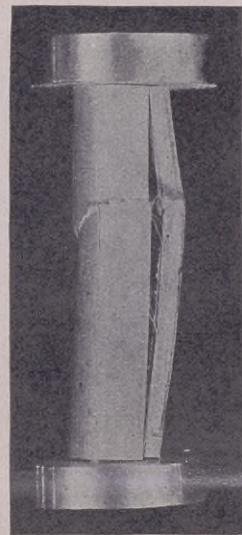


Bild 12 a.



Bild 14 a.



Bild 14 b.

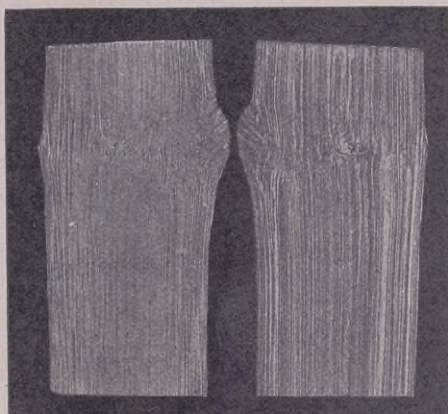


Bild 14 c. Längsschnitt durch den männlichen Bambus, links gehobelte, rechts gespaltene Fläche.



Bild 15.



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299278