

673

MITTHEILUNGEN
AUS DEM
FORSTLICHEN VERSUCHSWESEN ÖSTERREICHS.
— XXV. HEFT. —

4435

UNTERSUCHUNGEN
ÜBER DIE
ELASTICITÄT UND FESTIGKEIT
DER
ÖSTERREICHISCHEN BAUHÖLZER.

I. FICHTE SÜDTIROLS

VON
ANTON HADEK, UND GABRIEL JANKA,
K. K. FORST- UND DOMÄNEN-VERWALTER. K. K. FORST- UND DOMÄNEN-VERWALTER.

MIT 8 LICHTDRUCK- UND 13 PHOTOLITHOGRAPHISCHEN TAFELN,
SOWIE 14 ABBILDUNGEN IM TEXTE.

WIEN.
K. U. K. HOF-BUCHHANDLUNG WILHELM FRICK.
1900.

ALLE RECHTE VORBEHALTEN.

BUCHDRUCKEREI E. KAINZ UND R. LIEBHART, FORM. J. B. WALLISHAUSER, WIEN.

INHALTS-VERZEICHNIS.

	Seite
Vorwort	V
Literatur-Verzeichnis	VII
A. Text.	
I. Einleitung	1
II. Methode der Untersuchung.	
1. Auswahl der Probestämme .	12
2. Ausformung der Probestämme	13
3. Form der Probekörper:	
a) Biegeproben	13
b) Druckproben .	14
4. Bestimmung der mittleren Jahrringdichte und der Jahrringlänge pro 1 cm ² Querschnittsfläche .	16
5. Volumen der Probekörper	20
6. Specifisches Gewicht, Wassergehalt und Flächenschwindung der Proben	21
7. Festigkeits-Untersuchungen und ihre Hilfsmittel.	
A. Materialprüfungsmaschine	23
B. Biegevorrichtung und Apparat zur mikrometrischen Messung der Einsenkung	25
C. Spiegel-Apparat System Martens .	26
III. Durchführung der Versuche.	
A. Druckversuche.	
a) Festigkeits-Untersuchungen.	
1. Vorgang bei der Druckprobe	29
2. Brucherscheinungen bei Inanspruchnahme durch Druck parallel zur Faser	31
Druck senkrecht zur Holzfaser .	34
3. Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Factoren auf die Druckfestigkeit und das specifische Gewicht des Holzes.	
a) Einfluss der Querschnittsform auf die Druckfestigkeit	36
b) Einfluss der Grösse des Probekörpers, beziehungsweise der Druckfläche auf die Druckfestigkeit	40
c) Einfluss der Länge (Höhe) des Probekörpers auf die Druckfestigkeit. — Zur Frage der Form und Entnahme der Druckproben	44
d) Einfluss der Feuchtigkeit auf das specifische Gewicht und die Druckfestigkeit .	51
e) Abhängigkeit des Quotienten aus Druckfestigkeit und specifischem Gewichte vom Wassergehalte des Holzkörpers	57
f) Beziehungen zwischen Druckfestigkeit und specifischem Gewichte	64
4. Vertheilung der Druckfestigkeit auf der Querfläche	66
β) Untersuchungen über Druckelasticität .	70
B. Biegeversuche.	
1. Versuchsanordnung	73
2. Biegungs- und Brucherscheinungen .	75
3. Berechnung der Coëfficienten der Biegefestigkeit .	75
4. Reduction auf den Normalstab .	77
5. Qualitätsbestimmung auf Grundlage der Biegefestigkeit .	79

IV. Ergebnisse der Untersuchungen.

Seite

A. Ergebnisse der Druckversuche.**α) Festigkeitsuntersuchungen.**

1. Specifisches Gewicht	81
2. Schwindeverhältnisse	84
3. Druckfestigkeit	85
4. Beziehungen zwischen Druckfestigkeit und specifischem Gewichte	87

β) Resultate der Untersuchungen über Druckelasticität	89
---	----

B. Ergebnisse der Biegeversuche.

1. Gegenseitige Beziehungen der einzelnen Coëfficienten der Biegungsfestigkeit	91
2. Beziehungen zwischen Biegungs- und Druckfestigkeit	95

V. Rückblick auf die wichtigsten Ergebnisse

97

B. Tabellen.

Tabelle 1. Verzeichnis der für Zwecke von Qualitäts- und Festigkeits-Untersuchungen im Reichsforste Paneveggio in Südtirol zur Fällung gelangten Probestämme und Beschreibung der standörtlichen Verhältnisse	101—105
Tabellen 2 bis 17. Ergebnisse der Druckversuche. Beziehungen zwischen den einzelnen Factoren der Druckfestigkeit, ihre Abhängigkeit von den standörtlichen Verhältnissen (Seehöhe, Exposition) und dem Alter der Probestämme, sowie von dem Jahrringbaue, dem specifischen Gewichte, dem Feuchtigkeitsgehalte und von der Höhenlage des Probekörpers am Stamme.	
Tabellen 2 bis 13. Versuche über die Druckfestigkeit von Würfeln im lufttrockenen und von Platten im lufttrockenen und absolut trockenen Zustande	109—133
Tabellen 14 und 15. Zusammenstellungen der Druckversuche.	
Tabelle 14. Ergebnisse der Druckversuche, geordnet nach der Höhenlage der Probe am Stamme, gewonnen an astfreien Platten und Würfeln	135—137
Tabelle 15. Ergebnisse der Druckversuche. Mittlere Würfel- und Plattenfestigkeit pro Stamm, ohne Rücksicht auf die Höhenlage der Probe über dem Stockabschnitte	138—139
Tabellen 16 und 17. Untersuchungen über die Druckelasticität von 50 cm langen Prismen und ihre Beziehungen zur Druckfestigkeit.	
Tabelle 16. Ergebnisse für jedes einzelne Theil-Prisma des Trummes	141—145
Tabelle 17. Stammweise Zusammenstellung der Ergebnisse	146—147
Tabellen 18 und 19. Ergebnisse der Biegeversuche. Beziehungen zwischen den einzelnen Factoren der Biegungsfestigkeit, ihre Abhängigkeit von den standörtlichen Verhältnissen (Seehöhe, Exposition) und dem Alter der Probestämme, sowie von dem Jahrringbaue und dem specifischen Gewichte des Probekörpers.	
Tabelle 18. Resultate der Biegeversuche für jeden einzelnen Stab des Trummes und Reduction der Versuchsergebnisse auf den Normalstab von 10×10 cm Querschnitt und 1.50 m Stützweite	151—157
Tabelle 19. Zusammenstellung der Mittelwerthe sämmtlicher Biegeversuche für den Normal-Biegestab von 10×10 cm Querschnitt und 1.50 m Stützweite nach einzelnen Stämmen, und Beziehungen zwischen Druck- und Biegungsfestigkeit	159—161

C. Tafeln.

Tafel I. Materialprüfungsmaschine von Amsler-Laffon & Sohn. Maximalbeanspruchung 130.000 kg. $\frac{1}{20}$ natürlicher Grösse. Lichtdruck.
Tafel II. Prof. Martens'scher Spiegelapparat. $\frac{1}{4}$ natürlicher Grösse. Lichtdruck.
Tafel II a. Martens'scher Spiegelapparat mit den Beobachtungsfernrohren. $\frac{1}{10}$ natürlicher Grösse. Lichtdruck.
Tafel III. Typische Bruchformen an Balken, welche durch eine in der Mitte concentrirte Einzellast auf Biegung beansprucht wurden. Lichtdruck.
Tafel IV. Brucherscheinungen an Prismen, Würfeln und Platten bei Inanspruchnahme durch Druck parallel zur Faser. Lichtdruck.
Tafel V. Biegevorrichtung und Apparat zur mikrometrischen Messung der Einsenkung. $\frac{1}{5}$ natürlicher Grösse.
Tafel VI. Ermittlung der Jahrringlänge auf Balkenquerschnitten. Copie nach Naturselbstdrücken. Lichtdruck.

- Tafel VII.** Veränderung der Querschnittsform eines Würfels durch Druck senkrecht zur Faser. Copie nach Naturselbstdrücken. Lichtdruck.
- Tafel VIII.** Vertheilung der Druckfestigkeit auf der Querfläche. Copie nach Naturselbstdrücken. Lichtdruck.
- Tafel IX.** Diagramme über die Beziehungen zwischen dem specifischen Gewichte und der Druckfestigkeit des Holzkörpers in verschiedenen Stammhöhen im lufttrockenen und absolut trockenen Zustande, ermittelt an astfreien Würfeln und Platten des Einzelstammes Nr. 10.
- Tafel X.** Diagramme über den Verlauf des specifischen Gewichtes und der Druckfestigkeit am Einzelstamme. (An plattenförmigen Holzproben ermittelt.)
- Tafel XI.** Diagramme über die Beziehungen zwischen specifischem Gewichte und Druckfestigkeit astfreier und astiger Holzproben in verschiedenen Stammhöhen. (Mittel aus 12 Stämmen.)
- Tafel XII.** Diagramme über die Beziehungen zwischen der Höhenlage der Probe im Stamme, dem physikalischen Zustande und der Druckfestigkeit des Holzkörpers, untersucht an astfreien Platten und Würfeln. (Mittel von 12 Stämmen.)
- Tafel XIII.** Diagramme über die Beziehungen zwischen Jahrringdichte, Flächenschwindung, specifischem Gewichte und Druckfestigkeit, untersucht an astfreien Platten und Würfeln, welche aus Probestämmen von verschiedenem Alter und verschiedenen Standorten entnommen wurden.
- Tafel XIV.** Diagramme über die Beziehungen zwischen dem physikalischen Zustande des Holzkörpers und den Coëfficienten der Druckelasticität und -Festigkeit, untersucht an Prismen von 500 mm Länge und circa 100 cm² Querschnitt.
- Tafel XV bis XVIII.** Biegediagramme zur Untersuchung über die Elasticität und Festigkeit von Fichten-Bauhölzern.
- Tafel XIX.** Diagramme über die gegenseitigen Beziehungen der Coëfficienten der Biegefestigkeit, ihr Verhältnis zur Druckfestigkeit und zum physikalischen Zustande des Holzkörpers, untersucht an Balken von 1·7 m Länge bei 1·5 m Stützweite, reducirt auf den Normalquerschnitt von 10 × 10 cm. (a. Pro Stamm der jeweilig die grösste Biegefestigkeit aufweisende Probekörper.)
- Tafel XX.** Diagramme über die gegenseitigen Beziehungen der Coëfficienten der Biegefestigkeit, ihr Verhältnis zur Druckfestigkeit und zum physikalischen Zustande des Holzkörpers, untersucht an Balken von 1·7 m Länge bei 1·5 m Stützweite, reducirt auf den Normalquerschnitt von 10 × 10 cm. (b. Mittel aus je vier Probekörpern pro Stamm.)
-

Vorwort.

Schon in den Jahren 1879 bis 1881 hatte die k. k. forstliche Versuchsanstalt Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit der Bauhölzer, und zwar zunächst jener Böhmens, dann des Schwarzföhrenholzes inaugurirt, welche jedoch damals nicht fortgesetzt werden konnten. Obgleich ich schon bei der Uebernahme der Leitung des forstlichen Versuchswesens Oesterreichs im Jahre 1889 von der Wichtigkeit der genannten Untersuchungen und deren Ausdehnung auf die wichtigsten Holzarten und auf alle Wuchsgebiete Oesterreichs überzeugt war, konnten die nothwendigen Vorstudien und Vorbereitungen doch erst im Jahre 1894 beendet werden. Zur Durchführung der geplanten Untersuchungen wurde über meinen Antrag seitens des k. k. Ackerbauministeriums der k. k. Forst- und Domänen-Verwalter Herr Anton Hadek der forstlichen Versuchsanstalt zugetheilt, welcher nach seinem zu Anfang des Jahres 1895 erfolgten Eintreffen einen Entwurf des Arbeitsplanes auszuarbeiten und das technologische Laboratorium einzurichten hatte. Im Herbste 1895 wurden sodann die ersten erforderlichen Probestämme im k. k. Forstwirtschaftsbezirke Paneveggio-Predazzo in Südtirol zur Fällung gebracht. Nachdem mittlerweile im Sommer 1896 die Materialprüfungsmaschine beschafft worden war, wurden die Festigkeitsuntersuchungen an dem erworbenen Materiale in den Monaten August bis November desselben Jahres durchgeführt.

Mit der Bearbeitung der gewonnenen Versuchsergebnisse begann Herr Forst- und Domänen-Verwalter Hadek im Februar 1897; sie erfuhr jedoch im August desselben Jahres eine längere Unterbrechung, da der Genannte zur Leitung der Regulierungsarbeiten am Traunflusse delegirt wurde.

Zur Fortsetzung der Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit der österreichischen Bauhölzer wurde Anfang des Jahres 1898 der damalige k. k. Forstassistent Herr Gabriel Janka berufen, welcher jedoch erst im Jahre 1899 an die Fortsetzung und Fertigstellung des von Hadek unvollendet zurückgelassenen Manuscriptes schreiten konnte.

Es rühren somit die Durchführung der Qualitätsuntersuchungen, die den Gegenstand dieser Mittheilung bilden, die Anlage und erste Durchrechnung der Tabellen-

werke, die Entwicklung der nöthigen Reductionsformeln, die Verfassung der graphischen Darstellungen Tafel XII bis XX, der Entwurf zu den Textfiguren 1 bis 4, 6 bis 8 und 10 bis 14 und die Verfassung des textlichen Theiles dieser Abhandlung bis zur Seite 24 von Herrn Forst- und Domänen-Verwalter Hadek her.

Herr Forst- und Domänen-Verwalter Janka besorgte die vollständige Durchrechnung der Tabellenwerke, die Ausführung der Textzeichnungen, die Berichtigung der schon vorhandenen (XII bis XX) und die Neuzeichnung dieser und der übrigen Graphika (Tafel V, IX bis XI), ferner die theilweise Ergänzung des von Hadek zurückgelassenen Manuscriptes und Verfassung des textlichen Theiles von Seite 25 bis 100, sowie endlich die gesammten Arbeiten zur Drucklegung dieses Heftes.

Der vorliegenden, die Fichte Südtirols behandelnden Studienarbeit wird in kürzerer Frist die Veröffentlichung der Untersuchungsergebnisse über die bautechnische Qualität der Fichte aus Nordtirol, aus dem Wienerwalde, aus dem böhmischen Erzgebirge, aus den galizischen Karpathen, dem Böhmerwalde, dem Ternovanerwalde, eventuell auch aus Bosnien nachfolgen, von welchen Wuchsgebieten (mit Ausnahme der drei letztgenannten) das erforderliche Material bereits beschafft und theilweise auch schon untersucht ist, theilweise noch im Laboratorium den Trocknungsprocess durchmacht.

Wenn das vorliegende Heft, trotzdem es nur die Ergebnisse der Holzuntersuchungen eines einzigen Fichten-Wuchsgebietes umfasst, etwas umfangreicher ausgefallen ist, so liegt der Grund hievon darin, dass den eigentlichen Untersuchungsergebnissen die Darstellung und Begründung der bei den Untersuchungen eingehaltenen Methoden und die Beschreibung der Hilfsmittel für die Materialprüfung vorausgeschickt werden musste.

An dieser Stelle möge es gestattet sein, dem Herrn Prof. Dr. Schwappach als Abtheilungs-Dirigenten bei der Preussischen Hauptstation des forstlichen Versuchswesens in Eberswalde, sowie den Herren Professoren der Mechanisch-technischen Versuchsanstalt in Charlottenburg Martens und Rudeloff den wärmsten Dank auszusprechen für das lebenswürdige Entgegenkommen, mit welchem die Genannten seinerzeit dem zum Studium der an diesen Anstalten in Verwendung stehenden Holzprüfungsmethoden entsendeten k. k. Forst- und Domänen-Verwalter A. Hadek die gewünschten Aufschlüsse ertheilten.

Mariabrunn, im Februar 1900.

Oberforstrath **Josef Friedrich,**

Director der forstlichen Versuchsanstalt.

LITERATUR-VERZEICHNIS.

1. **Dr. H. Nördlinger.** Die technischen Eigenschaften der Hölzer. Stuttgart 1860.
 2. **E. Chevandier** und **G. Wertheim.** Memoire sur les propriétés mécaniques du Bois. Paris 1846. Revidirt und übersetzt von Prof. Dr. W. F. Exner. Wien 1871.
 3. **K. Jenny.** Untersuchungen über die Festigkeit der Hölzer aus den Ländern der ungarischen Krone. Budapest 1873.
 4. **Dr. W. F. Exner.** Studien über das Rothbuchenholz. Wien 1875.
 5. **Dr. R. Hartig.** Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume. Berlin 1885.
 6. **Carl Mikolaschek.** Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit der wichtigsten Bau- und Nutzhölzer Böhmens. Publicirt in den „Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs.“ II. Band. 1. Heft. Wien 1879.
 7. **H. Gollner.** Ueber die Festigkeit des Schwarzföhrenholzes. Publicirt in den „Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs. II. Band. 3. Heft. Wien 1881.
 8. **J. Bauschinger.** Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der königl. techn. Hochschule in München. (9. Heft: Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit von Fichten- und Kiefern-Bauhölzern. München 1883. — 14. Heft: Verhandlungen der Münchener Conferenz und der von ihr gewählten ständigen Commission zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Constructionsmaterialien. München 1886. — 16. Heft: Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit verschiedener Nadelhölzer. München 1887.)
 9. **M. Rudeloff.** Bericht über die im Auftrage des Herrn Ministers für Landwirthschaft, Domänen und Forsten ausgeführten Holzuntersuchungen. Berlin 1889.
 10. **L. Tetmajer.** Methoden und Resultate der Prüfung der schweizerischen Bauhölzer. Mittheilungen der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am eidgenössischen Polytechnicum in Zürich. 1884.
 11. **Dr. H. Nördlinger.** Die gewerblichen Eigenschaften der Hölzer. Stuttgart 1890.
 12. **Dr. A. Schwappach.** Beiträge zur Kenntniss der Qualität des Rothbuchenholzes. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. Herausgegeben von Dr. B. Danckelmann. Berlin 1894.
 13. **Timber Physics.** Part I. U. S. Department of Agriculture, Forestry Division. Washington 1892. Part II. Washington 1893.
 14. **Southern Pines.** Mechanical and Physical Properties. U. S. Dep. of Agr. F. D. Washington 1896.
 15. **M. M. Thiéry et Petitcollot.** Rapport de la commission chargée de faire des expériences sur la résistance des bois résineux. Paris 1896.
 16. **Dr. A. Schwappach.** Untersuchungen über Raumgewicht und Druckfestigkeit des Holzes wichtiger Waldbäume. I. Die Kiefer. Berlin 1897. — II. Fichte, Weisstanne, Weymouthskiefer und Rothbuche. Berlin 1898.
 17. **Progress in Timber Physics.** Circular Nr. 18. U. S. Dep. of Agriculture, Division of Forestry. Washington 1898.
-

I. Einleitung.

Es ist eine auffallende Thatsache, dass das Holz, welches schon seit Jahrtausenden als meist geschätztes natürliches Baumaterial in Verwendung steht, hinsichtlich seiner mechanischen Eigenschaften viel weniger genau bekannt ist als unsere künstlichen Baustoffe, deren ausgedehnte constructive Anwendung im Hoch- und Brückenbauwesen, insbesondere jene des Eisens und Stahles, kaum weiter als 30 Jahre zurückreicht. Aus den zahlreichen Versuchen*), welche über die mechanische Natur des Holzes schon seit dem Anfange des 18. Jahrhunderts gemacht worden sind, und an welchen sich eine Reihe von hervorragenden Gelehrten betheiligten, hat der Ingenieur, Forstmann und Holzhändler leider wenig praktischen Nutzen gezogen, und selbst heute noch, wenn einer der Genannten in die Lage kommt, die Güte verschiedener Bauhölzer einer und derselben Holzart beurtheilen zu müssen, sind für ihn nur der Gesundheitszustand und einige technische Fehler des Materiales massgebend; eine Prüfung anderer Factoren, von welchen die Festigkeitsverhältnisse noch beeinflusst werden, erfolgt nicht, weil man den Grad ihres Einflusses noch nicht genau kennt, und weil die Erfahrungen über die Beziehungen zwischen den mechanischen und physikalischen Eigenschaften des Holzes, die Erfahrungen über den Einfluss des Alters, der standörtlichen Verhältnisse, der geographischen Lage und des hiedurch bedingten Klimas auf die Festigkeitsverhältnisse des Bauholzes für seine Qualitätsbestimmung noch unzureichend sind. Dass wir in dieser Hinsicht fast gar keinen Fortschritt zu verzeichnen haben, erhellt schon daraus, dass selbst das Wenige, welches die genannten Praktiker über die erwähnten Beziehungen zu sagen wissen, den alten Römern längst bekannt war. Schon Plinius widmet in seinen ökonomischen Schriften der Tragfähigkeit und Dauer von Bauhölzern mehrere Capitel und erwähnt beispielsweise, dass zu Bauholz weder das Material von zu jungen noch zu alten Bäumen genommen werden solle. Den Einfluss des Standortes und des Klimas auf die Tragkraft des Bauholzes kennt Plinius ebenfalls, da er behauptet, dass Stämme, welche auf sonnigen Oertlichkeiten erwachsen sind, besseres Bauholz liefern als jene, welche aus schattigen und feuchten Niederungen entnommen werden, weil erstere erfahrungsgemäss ein dichteres und dauerhafteres Holz liefern.

Man scheint also schon im Alterthume einen Zusammenhang zwischen Festigkeit und specifischem Gewichte vermuthet zu haben; als Massstab für die Tragkraft des Holzes wurde jedoch das specifische Gewicht weder damals verwendet, noch wird es gegenwärtig zur Qualitätsbemessung der Bauhölzer benutzt. Es liegt in der Natur der Sache, dass für die Qualitätsbestimmung der Bauhölzer, wenn wir vom Factor der Dauerhaftigkeit absehen, die Festigkeitsverhältnisse in erster Linie in Betracht kommen müssen, und weil die Bauhölzer als

*) In Lorey's Handbuch der Forstwissenschaft, Tübingen 1887, wird in dem von Professor W. F. Exner bearbeiteten Capitel über: „Die technischen Eigenschaften der Hölzer“ eine übersichtliche Darstellung der Geschichte und Literatur gegeben.

Constructionsmaterial in der Praxis vorwiegend auf Biegung, ferner auf Zug und Druck in Anspruch genommen werden, so müsste man als Qualitätsziffer einen Ausdruck finden, welcher alle drei Arten der Inanspruchnahme des Materiales berücksichtigt. Es haben jedoch die meisten diesbezüglich durchgeführten Materialprüfungen ergeben, dass in Folge grosser örtlicher Verschiedenheit des Holzmaterialies und in Folge des weiteren Umstandes, dass man überhaupt nur kleine Querschnitte für Zugversuche verwenden kann, die Zugfestigkeit grösseren Schwankungen unterliegt als die Druck- und Biegezugfestigkeit, aus welchem Grunde sich daher letztere Festigkeitsarten zur Qualitätsbestimmung besser eignen als die Zugfestigkeit. Die in den Jahren 1884 und 1885 in München stattgehabte Konferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Constructionsmaterialien hat bei der Gruppe „Holz“, gestützt auf die von Chevandier-Wertheim, Nördlinger, Jenny, Tetmajer, Bauschinger etc. gemachten Erfahrungen, die Biege- und Druckproben ausreichend befunden, um als Massstab für die Festigkeit und Leistungsfähigkeit der Hölzer betrachtet werden zu können. Ueber die Ermittlung der Qualitätsziffer selbst sind keine näheren Angaben gemacht worden; es heisst in den besagten Konferenz-Beschlüssen einfach: „Zur Bemessung der Leistungsfähigkeit oder Qualität dient die Biegezugarbeit des Stabes, ausgedrückt durch das bis zum durchgreifenden Bruche fortgeführte Biegezugdiagramm.“ In welcher Weise aber die Bemessung erfolgen soll, ob der Ausdruck $A = \int P d s$, d. h. die Deformationsarbeit, allein schon die Qualitätszahl darstellt, oder ob auch jene Arbeit mit berücksichtigt werden soll, welche innerhalb der Elasticitätsgrenze geleistet wurde, bleibt in Frage gestellt. Tetmajer, dessen vorzügliches Verdienst es ist, den Begriff der Arbeitscapacität als Massstab für die Qualitätsbemessung der Bauhölzer eingeführt zu haben, empfiehlt in seinen hochinteressanten Untersuchungen über die Methoden und Resultate der Prüfung der schweizerischen Bauhölzer principiell die Qualitätsbestimmung auf eine minimale Biegezugfestigkeit und eine minimale Arbeitscapacität zu basiren. Bauschinger ist über den Werth der Arbeitscapacität für die Qualitätsbestimmung der Bauhölzer gegenheiliger Meinung; er gelangt bei seinen Studien über den Einfluss des Standortes und der Fällungszeit auf die Elasticität und Festigkeit des Fichten- und Kiefernholzes zu der Ueberzeugung, dass die Biegezugarbeit sich viel weniger zur Qualitätsbemessung eignet als die Biegezugfestigkeit, und dass selbst letztere weit davon entfernt sei, die durchschnittliche Qualität des geprüften Stammes oder eines Abschnittes desselben darzustellen. Im Verlaufe seiner weiteren, mit verschiedenen Nadelhölzern durchgeführten Studien kommt Bauschinger zu dem Resultate, dass die Druckfestigkeit den besten Massstab für die Güte der Nutzhölzer bilde, ja, dass sogar schon ihr specifisches Gewicht zur Beurtheilung der Holzqualität massgebend sei. Als annähernden Ausdruck für die Abhängigkeit der Druckfestigkeit der Nadelhölzer vom specifischen Gewichte hat Bauschinger nachstehende Formel construiert: $\beta_{15} = 1000 s_{15} - 100$, wobei mit β_{15} die Druckfestigkeit in kg/cm^2 und mit s_{15} das specifische Gewicht für den Wassergehalt von 15% bezeichnet wird. Mit obiger Behauptung steht der genannte Gelehrte nicht allein; denn schon Buffon, welcher sich in der Mitte des 18. Jahrhunderts eingehend mit dem Studium der mechanisch-technischen Eigenschaften des Eichenholzes befasste, kommt zu dem Ergebnisse, dass die Festigkeit der Eiche dem specifischen Gewichte proportional sei.

Gleicher Ansicht ist auch Dr. R. Hartig, dessen eingehende Studien über das Fichten- und Tannenholz des bayerischen Waldes, über den Einfluss der Ernährung auf die Qualität des Holzes (1885), über das Holz der Rothbuche (Hartig-Weber 1888) etc. auf der Ueberzeugung ruhen, dass das specifische Trockengewicht den besten Massstab zur Beurtheilung der Holzqualität darstelle. Die Pflanzenphysiologen befassen sich vorwiegend mit der Frage, welchen Einfluss der anatomische Bau auf die Eigenschaften des Holzes besitze.

Ihren anatomischen Untersuchungen gehen immer Zuwachsuntersuchungen voran (Höhen-, Flächen-, Massenzuwachs), sodann folgen Bestimmungen des specifischen Trockengewichtes, der Substanzmenge, der Luft- und Wasservertheilung im Stamme, des Verhältnisses zwischen Splint- und Kernholz und zwischen Frühjahrs- und Sommerholz. Die anatomischen Untersuchungen erstrecken sich auf die Feststellung der Tracheidenzahl pro Quadratmillimeter Querschnitt und auf die Länge und Stärke der Holzzellen. Die Ergebnisse dieser anatomischen und Zuwachsuntersuchungen werden den specifischen Trockengewichten gegenübergestellt, um aus ihren gegenseitigen Beziehungen die Ursachen der Qualitätsverschiedenheit der Hölzer zu erforschen.

Auch die vorliegenden Untersuchungen der k. k. forstlichen Versuchsanstalt in Maria-brunn über die Festigkeitsverhältnisse der Fichte Südtirols haben ergeben, dass eine lineare Beziehung zwischen specifischem Gewichte und Druckfestigkeit des Fichtenholzes besteht, für welche der Ausdruck $\beta_{15} = 2000 s_{15} - 430$ für plattenförmige und $\beta_{15} = 1000 s_{15} - 70$ für würfelförmige Holzproben gilt, worin β_{15} die mittlere Druckfestigkeit in Kilogramm pro Quadratcentimeter und s_{15} das specifische Gewicht für den Feuchtigkeitsgehalt von 15% des absoluten Trockengewichtes bedeutet. Wenn man letztere Formel mit jener von Bauschinger angegebenen vergleicht, so findet man, dass die Bauschinger'sche Formel für die Südtiroler Fichte um circa 10% geringere Druckfestigkeiten ergeben würde. Es muss daher vermuthet werden, dass die Constanten C und c der Formel $\beta = C \cdot s + c$ je nach den klimatischen Verschiedenheiten, welche durch die geographische und Höhenlage bedingt werden, Schwankungen unterliegen. Innerhalb welcher Grenzen sich diese Schwankungen bewegen, darüber können nur umfassende Festigkeits- und Gewichtsuntersuchungen Aufschluss geben.

Die neuesten Untersuchungen von Dr. A. Schwappach über Raumgewicht und Druckfestigkeit der Kiefer, Fichte, Weisstanne, Weymouthskiefer und Rothbuche zeigen ebenfalls, dass bei gleichem specifischen Gewichte die Druckfestigkeit variiren kann, und zwar kommt der genannte Forscher zu dem speciellen Ergebnisse, dass das Verhältniss zwischen specifischem Gewichte und Druckfestigkeit vom Alter, Wachstumsgebiete und von der Standortsgüte abhängt. Die Festigkeitsuntersuchungen, welche Rudeloff in Charlottenburg mit Kiefernholz durchgeführt und im Jahre 1889 publicirt hat, haben übereinstimmend mit den Bauschinger'schen Resultaten gleichfalls ergeben, dass bei dieser Holzart ein linearer Zusammenhang zwischen Druckfestigkeit und specifischem Gewichte besteht; — leider sind die Constanten dieser Function nicht berechnet; doch ist nach den vorerwähnten Untersuchungen Schwappach's anzunehmen, dass sich Differenzen zwischen den Rudeloff'schen und Bauschinger'schen Zahlen ergeben haben. Weitere Studien Rudeloff's über die Festigkeit der Rothbuche haben gezeigt, dass das Verhältniss zwischen Druckfestigkeit und specifischem Gewichte bei dieser Holzart nicht so einfach ist, wie dies bei den Nadelhölzern der Fall zu sein scheint, sondern der complicirten Form $\beta = a + bs + cs^2$ entspricht. Die Druckfestigkeit steigt daher bei der Buche im rascheren Verhältnisse als das specifische Gewicht. Doch auch die Constanten dieser Gleichung werden von den klimatischen und standörtlichen Verhältnissen beeinflusst, wie aus der lehrreichen Arbeit Schwappach's über die Qualität des Rothbuchenholzes*) hervorgeht.

Aus diesen Erörterungen über die Beziehung des specifischen Gewichtes zur Druckfestigkeit, wobei natürlich immer das specifische Trockengewicht oder das specifische Gewicht für einen bestimmten Wassergehalt des Holzes verstanden ist, geht hervor, dass vom bautechnischen Standpunkte die Kenntnis des specifischen Gewichtes für die Qualität des Bauholzes nicht immer massgebend sein kann. Trotzdem darf man aber die Behauptung der

*) „Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen“ von Danckelmann, September-Heft 1894.

Pflanzenphysiologen*), dass sich die Methode der specifischen Gewichtsbestimmung ganz gut für Qualitätsuntersuchungen des Holzes eigne, nicht bestreiten, sobald sich diese Untersuchungen eben auf jene Fälle beschränken, in welchen die Kenntnis der Grösse jener mehrfach erwähnten Constanten nicht erforderlich ist, also bei Erforschung der Qualitätsbewegung im Stamme und des Einflusses von wirthschaftlichen Massregeln auf die allgemeinen Festigkeitsverhältnisse des Holzes. Will man jedoch die Qualitäten verschiedener Holzarten gegeneinander abwägen oder die Qualitäten einer und derselben Holzart vergleichen, welche Gebieten entnommen worden ist, deren geographische und Höhenlage stark differiren, dann ist eben das Verhältnis zwischen Druckfestigkeit und specifischem Gewichte variabel; in diesen Fällen sind vergleichende Qualitätsuntersuchungen ohne Ermittlung von Festigkeitszahlen von praktisch geringem Werthe.

Die Frage aber, ob die Druckfestigkeit ausnahmslos als Massstab für die Biegungsfestigkeit angesehen werden kann, ist wohl noch nicht endgiltig entschieden. Sobald es sich um vergleichende Qualitätsstudien verschiedener Holzarten, insbesondere von Laubhölzern handelt, ist diese Frage entschieden zu verneinen, wie ein Blick auf die von Nördlinger aufgestellte Tabelle der Uebersicht verschiedener Holzarten nach ihrer Druck-, Zug- und Biegungsfestigkeit ergibt. Nördlinger ist jedoch der Ansicht, dass die so leicht zu untersuchende Druckfestigkeit immerhin als nothdürftiger Massstab für das Mittel aus Zug-, Druck- und Biegungsfestigkeit betrachtet werden dürfe, gibt aber zu, dass sich nur die Biegungsfestigkeit mit der Zugfestigkeit annähernd im gleichen Sinne bewege, die Druckfestigkeit aber am wenigsten geeignet sei, eine der beiden Festigkeitsarten zu vertreten.

Bauschinger, welcher nur Nadelhölzer prüfte, hat gefunden, dass zwar die Biegungselasticität in einem unverkennbar gesetzmässigen Zusammenhange mit der Druckfestigkeit und dem specifischen Gewichte stehe, nicht aber die Biegungsfestigkeit (Bruchmodul).

Die Rudeloff'schen Versuche haben bei der Kiefer ergeben, dass sowohl Biegungselasticität als auch die Biegungsfestigkeit sich im gleichen Sinne mit dem specifischen Gewichte ändern; ob aber auch die Druckfestigkeit und Biegungsfestigkeit sich gleichsinnig ändern, ist aus diesen Versuchen nicht beweiskräftig zu entnehmen.

Die Tetmajer'schen Resultate über die Prüfung der schweizerischen Bauhölzer, insofern sich dieselben auf die Nadelhölzer beziehen, lassen einen Zusammenhang zwischen Druckfestigkeit und Biegungsfestigkeit erkennen; denn die Fichte, Tanne, Kiefer und Lärche behalten die gleiche Reihenfolge, wenn man sie einmal nach der mittleren Druckfestigkeit, das anderemal nach der Biegungsfestigkeit classificirt.

Nach den Untersuchungen des amerikanischen Forschers S. T. Neely**) soll ein directer Zusammenhang zwischen Bruchbelastung und Druckfestigkeit bestehen, welcher durch die Formel $\frac{Pl}{4} = C_a (d_c + d_t) \cdot b$ ausgedrückt wird. Hierin bezeichnet C_a die Resultirende aus allen inneren Druckspannungen, b die Balkenbreite, $\frac{Pl}{4}$ das Bruchmoment, d_c und d_t die Entfernung des Angriffspunktes der Resultirenden aller inneren Druck- beziehungsweise Zugspannungen von der neutralen Axe.***)

*) Dr. R. Hartig: Ueber den Einfluss der Ernährung auf die Qualität des Holzes. Separatabdruck aus den Sitzungs-Berichten der Gesellschaft für Morphologie und Physiologie. 1885.

**) Nr. 17 des Literatur-Verzeichnisses.

***) Die Resultirende C_a wird durch einen complicirten Ausdruck dargestellt, welcher als eine Function der Balkenhöhe, Balkenlänge, der Durchbiegung beim Bruche des Balkens, der Zerrung der äussersten Faser an der Zugseite des Balkens im Momente des Bruches und der Entfernung der neutralen Axe von jener gedrückten Faser, welche im Momente des Bruches gerade ihre Elasticitätsgrenze erreicht hat, entwickelt

Aus unseren Untersuchungen ist zu entnehmen, dass ein Zusammenhang zwischen Druck- und Biegezugfestigkeit zwar besteht, ihr gegenseitiges Verhältnis jedoch selbst für eine und dieselbe Holzart variabel ist und erst durch eine vergleichende Reihe von Druck- und Biegeversuchen festgelegt werden muss. Speciell wurde für die Südtiroler Fichte der Quotient aus Biegezug- und Druckfestigkeit $\left(\frac{S}{C}\right)$ im Mittel gleich 1.72 (vide Tabelle 19) gefunden, und zwar schwankt derselbe zwischen 1.55 und 2.10.*)

Erwähnt soll werden, dass die Tetmajer'schen Versuche mit schweizerischen Fichtenbauhölzern den Werth $\frac{S}{C} = 1.53$, die Bauschinger'schen Untersuchungen für die bayerische Fichte $\frac{S}{C} = 1.33$ ergaben.

Ebenso widerspruchsvoll wie die bisherigen Versuchsergebnisse über den Zusammenhang zwischen den einzelnen Festigkeitsfactoren und ihr Verhältnis zum specifischen Gewichte sind die Ansichten über den Einfluss der Jahrringbreite auf die Festigkeit des Holzes und auf sein specifisches Trockengewicht.

Hartig hat in seinen Untersuchungen des Eichenholzes (Pag. 51 der Forstlich-naturwissenschaftlichen Zeitschrift, 1895) gefunden, dass die Ringbreite kein brauchbares Merkmal für die Holzgüte sei. An anderer Stelle derselben Zeitschrift, Jahrgang 1892, Pag. 227, kommt der genannte Forscher zu dem Ergebnisse, dass es nicht zulässig sei, aus dem Verhältnisse der Frühjahrsholzschicht zu der Sommerholzzone die Verschiedenheit im Gewichte des Holzes allein herzuleiten. Sein Schüler Dr. Omeis constatirt auf Grund seiner Untersuchungen eines 110jährigen Kiefernbestandes (gleiche Zeitschrift, Jahrgang 1895, Pag. 165): „Die Ringbreite ist kein brauchbares Merkmal zur Beurtheilung der Holzgüte“, und sagt weiterhin: „Diese Untersuchungen sind somit ein weiterer Beweis für die Unrichtigkeit des Satzes, dem engeren Jahrringe entspräche beim Nadelholze das schwerere Holz.“

wird. Neely fand, dass $d_c + d_t$ ziemlich constant und gleich $\frac{3}{5} h$ sei, wodurch obige Formel in $\frac{Pl}{4} = C_a b \frac{3h}{5}$ übergeht.

Berechnet man sich aus den Tabellen IX und X der oben citirten amerikanischen Publication den mittleren Werth $\frac{d_c}{d_t}$, so erhält man hiefür 0.825, und hieraus ergibt sich nach einigen Reductionen $\frac{Pl}{4} = 0.464 C b h \cdot \frac{3h}{5} = 0.278 C b h^2$.

Die gewöhnliche Festigkeitsformel lautet bekanntlich $\frac{Pl}{4} = 0.167 b h^2 S$, worin S den Coëfficienten der Biegezugfestigkeit bedeutet.

Für die richtige Bestimmung des Bruchmomentes muss $0.278 C b h^2 = 0.167 S b h^2$, oder $S = 1.67 C$ sein, d. h. die Biegezugfestigkeit muss gleich dem 1.67fachen der Druckfestigkeit sein, damit die Neely'sche und die gewöhnliche Festigkeitsformel gleiche Resultate geben.

*) Auch die mit der Neely'schen Formel berechneten Bruchbelastungen weisen gegenüber den beobachteten Bruchbelastungen Differenzen von 2 bis 39% auf; in gleichem Masse werden daher auch die berechneten Festigkeitswerthe S schwanken. Die Neely'sche Formel kann diesen Schwankungen nur dann folgen, wenn das C_a , also die Resultierende aller inneren Druckspannungen, für jeden Probekörper bestimmt wird, wozu jedoch die Ermittlung der Durchbiegung beim Bruche erforderlich ist. In diesem Falle ist es jedenfalls einfacher, den Quotienten $\frac{S}{C}$ aus der gewöhnlichen Festigkeitsformel $\frac{Pl}{4} = \frac{b h^2 S}{6}$ zu bestimmen.

Aus der Druckfestigkeit allein lässt sich auch nach der Neely'schen Methode die Biegezugfestigkeit nicht berechnen.

Zu dem gleichen Resultate ist auch Bauschinger bei seiner Untersuchung über die Zugfestigkeit der Nadelhölzer gekommen. Interessant ist die Thatsache, dass Rudeloff (Pag. 29 seines Berichtes über die im mechanisch-technischen Laboratorium zu Charlottenburg ausgeführten Holzuntersuchungen) seinerseits gefunden hat, dass die Druckfestigkeit des Kiefernholzes mit der Breite der Jahrringe gestiegen ist. Das engringige Holz besass eine geringere Festigkeit.

Tetmajer befasste sich mit dieser Frage überhaupt nicht.

Schwappach hat in seinen mehrfach erwähnten Untersuchungen über die Qualität der Kiefer gefunden, dass die Jahrringbreite auf die Druckfestigkeit keinen Einfluss hat, wohl aber das Verhältnis zwischen Frühjahrs- und Sommerholz. Einem geringeren Procentsatze von Sommerholz, und zwar weniger als 30% entsprach stets ein geringeres specifisches Trockengewicht und eine geringere Druckfestigkeit, beide stiegen aber mit einer Zunahme dieses Verhältnisses rasch an.

Chevandier und Wertheim haben schon im Jahre 1848 bei ihren ausgedehnten Untersuchungen über die mechanisch-technischen Eigenschaften der französischen Bauhölzer gefunden, dass die Jahrringbreite gar keinen erkennbaren Einfluss auf die Elasticitäts- und Festigkeitsverhältnisse der Hölzer ausübe; nur bei der Tanne allein stieg der Elasticitätsmodul proportional mit der Jahrringdichte.

Ueber den Einfluss der Jahrringbreite auf das specifische Gewicht und die Festigkeitsverhältnisse sind an der Südtiroler Fichte gleichfalls eingehende Untersuchungen vorgenommen worden, wobei zwischen Jahrringbreite und den mechanischen Eigenschaften, sowie dem specifischen Gewichte kein erkennbarer Zusammenhang nachgewiesen werden konnte. Auch das Verhältnis zwischen der Sommerholzzone und dem ganzen Jahrringe gab keine allgemein gültige Beziehung zu vorbenannten Factoren zu erkennen. Allerdings muss speciell auf den Umstand hingewiesen werden, dass an dem in Rede stehenden Versuchsmateriale überhaupt nur zwei Breitenstufen von Jahrringen vertreten waren, und dass innerhalb dieser Stufen die Schwankungen der Breite unbedeutend zu nennen sind. Zehn Stämme hatten eine durchschnittliche Jahrringbreite von 1.5 und zwei Stämme eine solche von 0.7 Millimeter.

Interessant ist das Ergebnis, dass das engringigste Holz eine verhältnismässig breitere Herbstholzzone besass als das weitringigste Material; in keinem Falle aber stieg der procentuelle Antheil des Sommerholzes beim weitringigen Materiale über jenen des engringigen Holzes. Das Maximum dieser Differenz betrug 22% beim engringigen, 15% beim weitringigen Holze, und in diesen extremen Fällen (Stamm 6 und 1 der Tabelle 15) beträgt das specifische Trockengewicht des engringigen Materiales 0.3995, seine Druckfestigkeit (Mittel zwischen Würfel- und Plattenfestigkeit) bei 15% Wassergehalt 383 kg/cm^2 , das specifische Trockengewicht des weitringigen Holzes aber 0.3495 und die bezügliche Druckfestigkeit 335 kg/cm^2 ; es steigt also Druckfestigkeit und specifisches Gewicht in diesen beiden Fällen in gleichem Sinne; in den übrigen Fällen war aber eine derartige Beziehung nicht zu bemerken. Uebrigens ist auch das allgemein übliche Messverfahren, die mittlere Jahrringbreite und den Antheil des Sommerholzes am ganzen Jahrringe durch einfache Radialmessungen zu bestimmen, nicht geeignet, Zahlen zu liefern, welche den thatsächlichen Verhältnissen in allen Fällen zu entsprechen im Stande wären, wie dies auf Pag. 16 bis 19 dieser Abhandlung näher begründet wird.

Es lässt sich nicht leugnen, dass, wenn ein gesetzmässiger Zusammenhang zwischen Jahrringbreite und Tragkraft der Bauhölzer nachweisbar wäre, wir damit die bequemste und populärste Methode der Qualitätsbestimmung gefunden hätten, denn jeder Laie könnte mit den einfachsten Hilfsmitteln eine Sortirung der Bauhölzer einer und derselben Holzart nach ihrer Tragkraft vornehmen und sich sogar durch blosse Ocularinspection die tragkräftigsten Hölzer aussuchen. Es dürfte im Anschlusse an diese Bemerkung am Platze sein, jene Biegeversuche

zu erwähnen, welche in neuester Zeit die Professoren der Forstakademie in Nancy Thiéry und Petitcollot mit Tannenbalken, von welchen 11 Stück aus dem Granitgebiete von Gérardmer und 16 Stück aus dem Sandsteinboden der Vogesen Raon l'Étape entstammten, zu dem Zwecke vorgenommen haben, um den Einfluss der Jahrringbreite auf die Tragkraft dieser Hölzer zu untersuchen. Aus dem Resultate dieser Versuche entnehmen wir, dass das maximale Biegemoment an der Elasticitätsgrenze μ (Grenzmodul, Moment flechissant pouvant être supporté avec sécurité) der Quadratwurzel aus der Jahrringbreite ($\sqrt{e}$) umgekehrt proportional ist, respective dass das Product aus $\mu\sqrt{e}$ eine constante Grösse ist, welche zwischen 30·47 und 31·91 schwankte und im Mittel 30·94 betrug. Die Jahrringbreite bewegte sich zwischen 1·19 und 5·60 Millimeter. Hat also ein Tannenbalken von der mittleren Jahrringbreite 1·0 einen Tragmodul μ , so besitzt ein anderer Balken von der mittleren Jahrringbreite 4·0 zufolge obiger Versuchsergebnisse eine nur halb so grosse Tragkraft. Die genannten Versuchsansteller fanden hingegen keine Beziehung zwischen Bruchmodul und Jahrringbreite, ebenso war kein Einfluss der Standortsgüte auf die Tragkraft des Holzes zu erkennen. Bemerkenswerth ist, dass auch Chevandier und Wertheim, wie schon früher erwähnt worden, bei Tannenbalken analoge Beziehungen zwischen Elasticitätsmodul und Jahrringbreite gefunden haben. Die Biegeelasticität nahm mit der Jahrringdicke proportional zu; es scheint somit, dass die Tanne unter den Nadelhölzern diesbezüglich eine Ausnahme bildet, die umso befremdender ist, als die meisten Forscher, Physiologen und Technologen über den Einfluss der Jahrringbreite übereinstimmend gegentheiliger Meinung sind.

Ein anderer Factor, welcher die Festigkeitsverhältnisse eines und desselben Holzes wesentlich modificirt, ist die Feuchtigkeit, deren Einfluss auf die Elasticität schon von Hagen in seinen diesbezüglichen Holzprüfungen (Poggendorff's Annalen, 58. Band) erkannt und in dem Sinne festgestellt wird, dass in stark durchnässtem Holze der Elasticitätscoefficient bedeutend abnimmt. *)

Umfassendere Untersuchungen über diesen Einfluss und speciell über die Variation desselben mit dem Grade der Feuchtigkeit sind zuerst von den oft genannten ausgezeichneten Forschern Chevandier und Wertheim durchgeführt und gleichzeitig die Abhängigkeit des specifischen Gewichtes von dem Wassergehalte des Holzes einer wissenschaftlichen Untersuchung unterworfen worden. In dieser Hinsicht hat in neuerer Zeit auch Bauschinger eingehende Untersuchungen angestellt und einen mathematischen Ausdruck für die Abhängigkeit der Druckfestigkeit von dem specifischen Gewichte und der Feuchtigkeit gefunden, dessen allgemeine Giltigkeit jedoch nach den vorliegenden Untersuchungen keineswegs weder für alle Nadelhölzer noch für eine und dieselbe Holzart bestehen kann, wie bereits auf Seite 3 dieser Abhandlung erörtert worden ist. Nach unseren mit der Südtiroler Fichte gemachten Erfahrungen ist der Einfluss der Feuchtigkeit auf die Druckfestigkeit mehr als doppelt so gross wie jener des specifischen Gewichtes.

Mit Rücksicht auf die Ergebnisse der obgenannten Forscher wird keine Untersuchungsmethode wissenschaftlich und auch praktisch vergleichbare Festigkeitszahlen liefern können, wenn die Feuchtigkeitsverhältnisse des Holzes, für welche jene Zahlen gelten sollen, nicht ermittelt, respective alle Festigkeitswerthe nicht auf gleichen Wassergehalt der Probe reducirt werden. Die blosse Angabe, dass das Holz „lufttrocken“ geprüft worden ist, kann für vergleichende Qualitätsuntersuchungen keineswegs genügen, wenn sie Anspruch auf Verlässlichkeit

*) Der Docent am k. k. Technologischen Gewerbemuseum und an der k. k. Hochschule für Bodencultur in Wien J. Marchet hat im Jahre 1895 Versuche mit durchnässtem Weiss- und Schwarzbuchenholze (*Ostrya*) durchgeführt und gefunden, dass die Elasticität durch Wasseraufnahme erhöht worden ist, ein befremdendes Resultat, welches wohl noch der Bestätigung durch weitere Versuche bedarf.

machen wollen. Die Nichtbeachtung der Feuchtigkeitsverhältnisse dürfte auch eine der Hauptursachen sein, warum die Festigkeitsangaben für eine und dieselbe Holzart in vielen Hilfsbüchern des Ingenieurwesens (Fachkalender, Baurathgeber etc.) so wenig Uebereinstimmung zeigen; sie sind eben zumeist Versuchsergebnissen älteren Ursprunges entlehnt, welche den Feuchtigkeitsfactor unberücksichtigt liessen oder nur insoweit in Betracht zogen, als dies der Ausdruck „lufttrockenes Material“ erlaubt. Ein weiterer Grund dieser Differenzen liegt darin, dass sich die Festigkeitswerthe wahrscheinlich auf Materialien beziehen, welche theils französischen, theils englischen, theils deutschen Gebieten entstammen, also keineswegs gleichwerthig genannt werden dürfen; eine diesbezügliche Quellenangabe findet sich nirgends vor und so kommt es, dass heute noch für statische Berechnung von Holzconstructionen Festigkeitszahlen benutzt werden, welche den wirklichen Verhältnissen gar nicht entsprechen.

Als drastischer Beleg für vorstehende Behauptungen mögen nachstehende Werthe über den Bruchmodul der Fichte für Zug- und Druckkräfte gelten, welche Zahlen aus den bekanntesten Hilfsbüchern entnommen worden sind, wobei die Biegungsfestigkeit mit wenigen Ausnahmen gleich der Zugfestigkeit angenommen wird, daher für die Biegungsfestigkeit keine Zahlen angegeben erscheinen:

Wiener Baurathgeber von Junk 1888	Zug = 600 kg/cm ² , Druck = 500 kg/cm ² .
Oesterr.-ungar. Baurathgeber von R. Hand 1894	Zug = 600 kg/cm ² , Druck = 276 kg/cm ² .
Ingenieur-Taschenbuch „Hütte“ 1875 enthält für Fichte keine Angaben.	
Kalender für Eisenbahntechniker von E. Heusinger v. Waldegg für weiche Hölzer ohne Unterschied .	Zug = 680 kg/cm ² , Druck = 450 kg/cm ² .
Baulexikon von Mothes: Fichte .	. Zug = 762 kg/cm ² , Druck = 407 kg/cm ² .
Meyer's Conversationslexikon	Zug = 450—700 kg/cm ² , Druck = 405 kg/cm ² .

Es ist leicht begreiflich, dass in Anbetracht dieser grossen Verschiedenheit in den Festigkeitswerthen der Constructeur zu denselben kein grosses Vertrauen haben kann und in den meisten Fällen die Dimensionirungen seiner Bauten nach dem herrschenden Gebrauche und nach der Erfahrung vornimmt. Aber der herrschende Gebrauch und die Erfahrung sind nicht hinreichend, um den Anforderungen, welche heute an unsere Bauten gestellt werden, nämlich den Bedingungen der verlangten Sicherheit bei minimalem Materialaufwande gerecht zu werden.

Insolange das Bedürfnis nach Oekonomie des Materiales in Folge niedrigen Holzpreises nicht zwingend war, begnügte man sich mit dem Factor der Solidität allein, der zweiten Forderung nach „Oekonomie“ konnte man in Ermangelung verlässlicher Festigkeitswerthe nicht entsprechen. Vergleicht man beispielsweise einen Dachstuhl alter Construction mit einer modernen Dachstuhlconstruction, so fällt uns sofort die bedeutende Materialverschwendung des ersteren auf, ja wir finden oft noch Constructionen, welche mit dreissig- und mehrfacher Sicherheit ausgeführt wurden und wir werden nicht fehl gehen, wenn wir behaupten, dass die damaligen Baumeister, welche nach herrschendem Gebrauche und Erfahrung dimensionirten, der Ansicht gewesen sind, nicht übertriebene Sicherheitsfactoren zu gebrauchen. Heute verfährt man schon viel ökonomischer in der Verwendung von Bauholz, weil sein Preis in Folge mächtigen Aufschwunges des Bauwesens gegen früher bedeutend gestiegen ist. Die grössere Materialökonomie der modernen Holzconstructionen ist aber nur dadurch möglich geworden, dass der herrschende Gebrauch und die Erfahrung mit der Wissenschaft ein Compromiss abgeschlossen haben und sich gegen die Versuchsergebnisse der Materialprüfungen nicht mehr in dem Masse ablehnend verhielten, wie dies vor 50 Jahren noch der Fall war. Allerdings lässt die Popularisirung der wissenschaftlichen Versuchsergebnisse noch vieles zu wünschen übrig, weil viele der bisherigen Materialprüfungen in Folge nicht einheitlicher Prüfungsmethoden und nicht

genügender finanzieller Mittel über das Stadium der Vorversuche nicht hinausgekommen sind; an der Unzulänglichkeit des geprüften Materiales scheiterte gewöhnlich der Versuch, die Qualitätsfrage des Bauholzes in einer für die Praxis allseitig befriedigenden Weise zu lösen.

In der richtigen Erkenntnis, dass Qualitätsuntersuchungen der Hölzer nur dann zum gewünschten Ziele führen können, wenn sie in einem sehr grossen Umfange durchgeführt werden, hat der Chef der Forstabtheilung des landwirthschaftlichen Departements der Vereinigten Staaten Nordamerikas B. E. Fernow im Jahre 1893 die Untersuchung der mechanisch-technischen und physikalischen Eigenschaften der wichtigsten Hölzer Nordamerikas in einem Massstabe eingeleitet, welcher jenen der bisher durchgeführten Versuche weit überragt. Nach den über diese Arbeit bereits gemachten Veröffentlichungen zu urtheilen, dürften jene Untersuchungen bei ihrem Abschlusse ebenso epochemachend für Amerika werden, als es die von Chevandier und Wertheim im Jahre 1848 veröffentlichten Forschungsergebnisse über die mechanisch-technischen Eigenschaften der Hölzer für uns gewesen sind.

Von grossem Interesse ist es, zu erfahren, dass die bisher veröffentlichten Resultate der amerikanischen Holzuntersuchungen eine ausgezeichnete Uebereinstimmung im gegenseitigen Verhalten des specifischen Gewichtes, der Biegungs- und Druckfestigkeit ergeben haben; es scheint im Gegenhalte zu den diesbezüglich widersprechenden Ergebnissen europäischer Forscher, dass die amerikanischen Hölzer sich jenen gesetzmässigen Beziehungen gegenüber weniger ablehnend verhalten als unsere europäischen Holzarten.

Obgleich bisher von den österreichischen Materialprüfungen nur wenig erwähnt worden ist, so steht Oesterreich den Qualitätsuntersuchungen des Holzes nicht fremd gegenüber; denn schon im Jahre 1873 wurden vom Professor der Technischen Hochschule in Wien Carl Jenny die Bauhölzer aus den Ländern der ungarischen Krone, und zwar die Fichte, Tanne, Lärche und Buche einer vergleichenden Prüfung unterzogen. Bestimmt wurden die Zug-, Druck- und Scherfestigkeit. Wenn auch Jenny keine Discussion über seine Versuchsergebnisse gibt, so bieten seine Festigkeitszahlen doch ebenfalls einen Beweis, dass die Festigkeit einer und derselben Holzart je nach ihrer Provenienz variirt; wir entnehmen aber diesen Ergebnissen auch, dass die Bewegungen der Zug- und Druckfestigkeit weder innerhalb der Elasticitäts- noch an der Cohäsionsgrenze selbst bei einer und derselben Holzart gleichsinnig erfolgen. Die Biegungsfestigkeit ist zwar nicht untersucht worden, doch ist aus dem gegenseitigen Verhalten der Zug- und Druckfestigkeit zu schliessen, dass auch letztere ebenfalls keinen Massstab für den Verlauf der Biegungsfestigkeit hätte abgeben können.

Ueber Anregung der österreichischen k. k. forstlichen Versuchsanstalt wurden von Professor Carl Mikolaschek in Prag Ende der Siebzigerjahre die Zug-, Druck-, Biegungs- und Torsionsfestigkeit der wichtigsten Bau- und Nutzhölzer Böhmens, ferner von Professor H. Gollner in Prag die gleichen Festigkeitsarten an der österreichischen Schwarzkiefer untersucht und das Resultat der Ergebnisse im II. Bande der „Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs“ im Jahre 1879 und 1881 publicirt. Doch auch diese Untersuchungen haben ergeben, dass wegen grosser Verschiedenheit der Werthe für die Elasticitäts- und Bruchgrenze eine grössere Zahl von Versuchen nothwendig gewesen wäre, um für die Wissenschaft und Praxis genügend sichere Mittelwerthe der Festigkeit zu erhalten.

Schon damals trug sich die österreichische forstliche Versuchsanstalt mit der Absicht, derartige Untersuchungen im grossen Massstabe, und zwar vorläufig nur an den Nadelhölzern durchführen zu lassen; an die Verwirklichung dieses Planes konnte sie jedoch erst im Jahre 1896 gehen, als vom Ackerbauministerium die Bewilligung zum Ankaufe einer Materialprüfungsmaschine ertheilt wurde.

Wie vorliegende Arbeit erkennen lässt, steht die österreichische forstliche Versuchsanstalt auf dem Standpunkte, die Qualität der Hölzer im Sinne der im Jahre 1885 stattgehabten Münchener Conferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Constructionsmaterialien auf die experimentellen Ergebnisse der Druck- und Biegeversuche zu basiren, wobei das Schwergewicht der Qualitätsbestimmung auf die Werbung und Prüfung eines zahlreichen Versuchsmateriales einer und derselben Holzart, respective auf die monographische Behandlung dieser Frage gelegt wird.

Nach einem diesbezüglich ausgearbeiteten Programme wird sich die Untersuchung hauptsächlich auf jene Holzarten erstrecken, welche als Bauholz von Bedeutung sind, d. i. auf die Fichte, Lärche, Tanne, Kiefer, Buche und Eiche.

Die vorliegende Arbeit, welche sich mit den Festigkeitsverhältnissen der Südtiroler Fichte befasst, dient vornehmlich orientirenden Zwecken und soll die Zulänglichkeit der hier angewendeten Untersuchungsmethode für die weiteren Qualitätsbestimmungen klarlegen. Zu diesem Behufe musste diesen Voruntersuchungen ein solcher Umfang gegeben werden, dass nachstehende Fragen studirt werden konnten:

1. Bestehen gesetzmässige Beziehungen zwischen **Druckfestigkeit, Feuchtigkeit und specifischem Gewichte** des Holzes; wenn ja, in welche **mathematische Form** lassen sich dieselben kleiden? Gelten diesbezüglich die von Bauschinger für die **bayerischen Nadelhölzer** construirten Formeln auch für die **Südtiroler Fichte**?

2. Hat die **Länge des Probekörpers** innerhalb jener Grenzen, wo die Knickungsfestigkeit noch nicht zur Geltung kommt, einen Einfluss auf die Druckfestigkeit und wie verhalten sich diesbezüglich die **prismatischen, würfelförmigen und plattenförmigen Holzproben**?

3. Uebt die **Grösse des Querschnittes** einen erkennbaren Einfluss auf die Druckfestigkeit aus?

4. Hat die **Form des Querschnittes** einen Einfluss auf die Druckfestigkeit?

5. Wird die Druckfestigkeit des Holzes vom **specifischen Gewichte** oder von der **Feuchtigkeit** mehr beeinflusst?

6. Wie verhält sich die Druckfestigkeit **astfreier** zu jener von **astigen** Proben?

7. Stehen die **Coëfficienten der Druckfestigkeit** zu jenen der **Biegungsfestigkeit** in einer constanten Beziehung oder sind dieselben Schwankungen unterworfen?

8. Wie verhält sich die Druckfestigkeit des Holzes in **verschiedener Stammhöhe**?

9. Aendert sich die Festigkeit einer Probe aus einer bestimmten Höhensection mit der **Lage im Stamme**?

10. Besteht ein gesetzmässiger Zusammenhang zwischen **Jahrringbreite**, dem **specifischen Gewichte** und den **Festigkeitscoëfficienten**?

11. Uebt die **Exposition** und die **Höhenlage des Standortes**, ferner das **Baumalter** einen Einfluss auf die Festigkeitscoëfficienten des Holzes aus?

12. Kann aus diesen Untersuchungen entnommen werden, nach welchen Richtungen hin die **Qualität des Bauholzes** untersucht werden soll, wenn man ihren speciellen Verwendungszweck als **Constructionsmaterialie** im Auge behält?

Der Grund, warum gerade mit der Fichte aus Paneveggio in Südtirol die Untersuchung begonnen wurde, liegt darin, weil dieses Fichtenholz in Folge seines engen und gleichmässigen Jahrringbaues einen vorzüglichen Ruf als Resonanzholz besitzt; es war daher zu erwarten, dass wegen seiner gleichmässigen Structurverhältnisse die nachstehenden Untersuchungen manche der strittigen Ansichten über die wechselseitigen Beziehungen zwischen Elasticitäts- und Festigkeitscoefficienten einerseits und dem specifischen Gewichte sowie dem Jahrringbaue andererseits klären werden. Der Forstwirtschaftsbezirk Paneveggio, aus welchem das geeignete Probematerial entnommen wurde, ist aber auch für die weiteren Fragen, welchen Einfluss die Höhenlage, die standörtliche Exposition und das Alter des Baumes auf die Festigkeitscoefficienten und das specifische Gewicht nimmt, sehr günstig gelegen, denn der genannte Reichsforst enthält, wie aus der Tabelle 1 zu entnehmen ist, auf verhältnismässig kleiner Fläche (seine räumliche Ausdehnung beträgt nur 3000 *ha*) genügende Espositions- und bedeutende Höhenunterschiede, das Alter des hiebsreifen Holzmateriales weist bei gleicher Stärkendimension beträchtliche Differenzen auf. Die Probestämme sind aus fast reinen Fichtenbeständen entnommen, deren Höhenlage zwischen 1450 und 1900 *m* liegt, das Baumalter selbst bewegt sich zwischen 100 und 300 Jahren.

Inwieweit das gewählte Probematerial und die angewendete Untersuchungsmethode zur Lösung obgestellter Fragen ein positives Resultat ergeben haben, möge aus nachfolgender Studienarbeit entnommen werden.

II. Methode der Untersuchung.

1. Auswahl der Probestämme.

Das zu diesen Qualitätsuntersuchungen bestimmte Probemateriale wurde, wie bereits in der Einleitung erwähnt, im Reichsforste Paneveggio des k. k. Forstverwaltungsbezirkes Predazzo in Südtirol im Herbst des Jahres 1895 durch Hadek an Ort und Stelle derart ausgesucht, dass der Einfluss des Baumalters, der Höhenlage und der Exposition des Standortes auf die Festigkeitsverhältnisse studirt werden konnte. Hierbei war der Grundsatz leitend, dass nur Bäume von tadelloser Beschaffenheit, d. h. vollkommen gesunde, astreine, geradwüchsige, mit möglichst centrischem Kerne, gut entwickelter und hoch angesetzter Krone, zweckentsprechendes Studienmateriale liefern können. Randbäume wurden von vornherein von der Untersuchung ausgeschlossen. Die Standortsgüte und die Bestandesbonität kamen nur insoweit in Betracht, als bei der Auswahl des Probemateriales überhaupt keine anderen als die für die verschiedenen Höhenlagen jeweils bestbonitirten Bestände ausgesucht worden sind.

Um zu erfahren, wie gross die individuellen Schwankungen der Materialgüte zweier Stämme sind, welche auf gleichem Standorte nebeneinander aufwuchsen und im Wuchs und Alter nur unbedeutende Unterschiede zeigen, wurden in jeder Position immer zwei Stämme von gleicher äusserer Beschaffenheit gewählt. Im Ganzen gelangten sechs Positionen mit zwölf Stämmen zur Auswahl, deren Bestandes-, Standorts- und Bodenverhältnisse im Verzeichnisse Tabelle 1, näher beschrieben sind. Sämmtliche besaßen annähernd gleichen Durchmesser in der Brusthöhe, es war daher anzunehmen, dass ihr Alter in Folge der bedeutenden Unterschiede in der Höhenlage ihres Standortes Altersdifferenzen aufweisen werde, was mit Rücksicht auf den beabsichtigten und Eingangs erwähnten Zweck sehr erwünscht war.

Ueber die Höhenlage, standörtliche Exposition und Alter der einzelnen Stämme gewährt nachstehende Zusammenstellung einen raschen Ueberblick:

Des Probestammes	Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Alter:	156	147	210	155	312	251	150	176	143	145	110	116
		<u> </u>		<u> </u>		<u> </u>		<u> </u>		<u> </u>		<u> </u>	
Des Standortes:	Exposition:	Süd		Süd		West		West		Ost		Nord	
	Seehöhe:	1600 m		1900 m		1800 m		1600 m		1600 m		1450 m	

2. Ausformung der Probestämme.

Die ausgewählten Probestämme wurden sofort gefällt und nach folgendem Schema (Fig. 1) zerlegt:

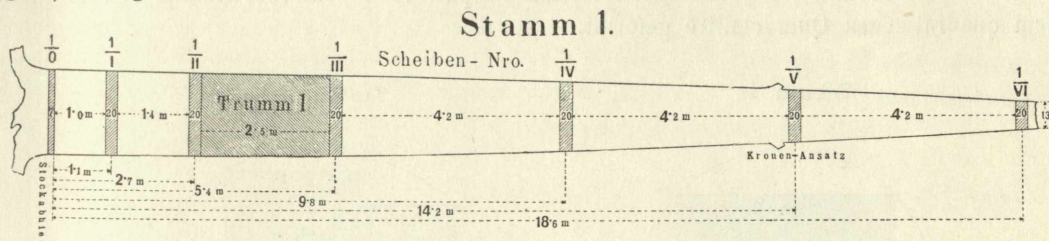


Fig. 1.

Aus jedem Stamme wurden sechs Scheiben (I—VI) von 20 *cm* Stärke und ein Klotz (Trumm) von 2·5 *m* Länge herausgesägt. Die Anzahl der zu entnehmenden Scheiben richtet sich im Allgemeinen nach der Baumhöhe; hiebei wurde aber festgesetzt, dass der kleinste Scheibendurchmesser nicht unter 13 *cm* sinken dürfe, da schwächere Dimensionen für Bauholz nicht in Betracht kommen können. Die Lage des Trummies entspricht dem mittleren Drittel eines 8 *m* langen Bauholzes, welche Länge für die im Hochbaufache verwendeten Tramhölzer die meist begehrte ist. Durch diese Bedingung wurde die Lage des Klotzes ohne Rücksicht auf die gesammte Baumlänge ein für allemal fixirt. Die restliche Eintheilung des Stammes geschah mit Rücksicht darauf, dass die übrigen nicht zu Versuchszwecken verwendeten Theile noch mercantil verwerthbar blieben.

Die Bezeichnung des zwischen Scheibe II und III liegenden Trummess erfolgte mit fortlaufenden arabischen Ziffern, identisch mit der Baumnumerirung. Die Scheiben erhielten in Bruchform die Baum- und Scheibennummer, wie aus der Skizze Fig. 1 zu entnehmen ist.

Zur Vermeidung des Reissens und Springens des Versuchsmateriales wurden die Hirnflächen der Scheiben und Klötze mit Vaseline sofort nach der Aufarbeitung der Probestämme im Walde gut eingefettet. Der Transport der Scheiben erfolgte in Säcken, jener der Klötze in offenen Wägen.

Die gesammte Anzahl der Probekörper betrug also 12 Klötze (Trumme) von 2.5 *m* Länge und 72 Scheiben von 0.2 *m* Dicke.

3. Form der Probekörper.

a) Biegeproben.

Die in Mariabrunn eingelangten Klötze wurden sofort im Hofraume unter Dach und vor Regen gesichert zur Austrocknung aufgestapelt, die Hirnflächen nochmals mit Vaseline gut verrieben. Nach halbjähriger Lagerung, also im Frühjahr 1896, wurde die Ausformung der Klötze in je vier Balken nach folgender, in Fig. 2 und Fig. 3 ersichtlichen Weise vorgenommen,

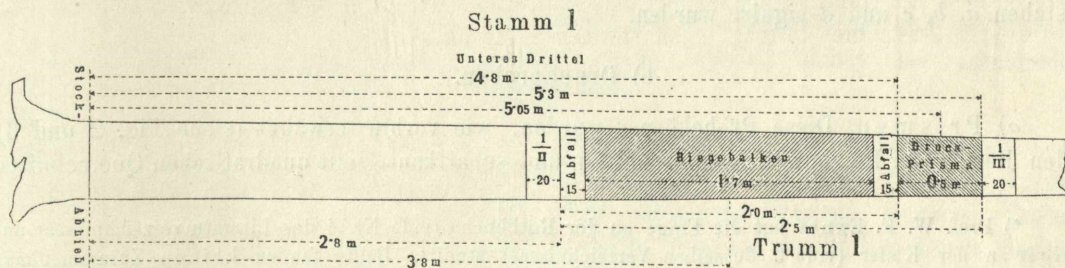


Fig. 2.

wobei Fig. 2 die Lage des Biegebalkens im Stamme und im Trumme, Fig. 3 die Zerlegung des Trummess in vier Theilbalken darstellt. Zu letzterem Zwecke wird das Trumm vorerst durch zwei senkrecht aufeinander stehende und durch den Kern gehende Schnitte in vier Viertelklüfte zerlegt und aus jedem der letzteren ein parallelepipedischer Balken von möglichst grossem quadratischen Querschnitte geformt.

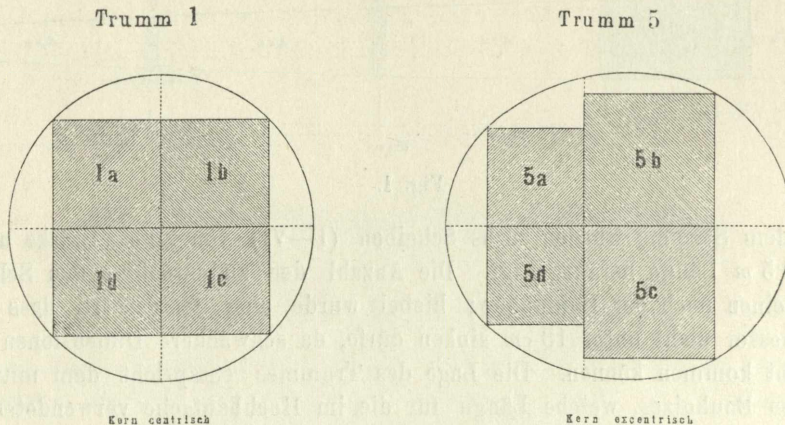


Fig. 3.

Jeder der vier Balken enthält in der Richtung der Diagonale sämtliche Jahrringe; die Balken sind also wohl quadratisch, haben aber nur dann gleichen Querschnitt, wenn der Kern genau centrisc liegt.

Die Unterscheidung der vier einzelnen Balken eines und desselben Klotzes erfolgte mittelst der Buchstaben *a, b, c* und *d*, welche als Indices zur Baum- (respective Klotz-) nummer gesetzt worden sind. Eine Orientirung dieser einzelnen Balken nach den vier Weltgegenden Nord, Ost, Süd und West war von vornherein nicht beabsichtigt, weil eine Untersuchung über den Einfluss der Lage des Querschnittes gegen die verschiedenen Weltrichtungen, auch wenn eine solche Beziehung bestehen würde, gar keine praktische Verwerthung finden könnte.*)

Diese Theilung des Klotzes in vier Balken hat den Zweck, zu erforschen, ob es für vergleichende Festigkeitsstudien erlaubt ist, von einem aliquoten Theile des Querschnittes auf die Festigkeit des ganzen Stamm-Querschnittes schliessen zu dürfen.

Diese roh appetrierten Balken wurden nunmehr durch weitere drei Monate in einem geheizten Raume der ferneren Austrocknung überlassen; sodann wurde aus dem stamm-abwärts gelegenen Theile ein 1.70 m langes Stück abgesägt, der Rest auf 50 cm abgelängt. Auf diese Weise erhielt man aus jedem Klotze vier Stück 1.70 m lange Stäbe und vier Stück Prismen von 50 cm Länge (siehe Fig. 2). Die Stäbe dienten als Probekörper für die Biegeversuche und wurden möglichst rechtwinklig und quadratisch behobelt. Im Ganzen resultirten 48 Biegestäbe, welche mit den fortlaufenden Nummern 1 bis 12 und den Indexbuchstaben *a, b, c* und *d* signirt wurden.

b) Druckproben.

a) Prismen. Diese Probekörper wurden, wie vorhin erwähnt (siehe Fig. 2 und 3), aus den Resten der Biegeproben abgeschnitten und scharfkantig mit quadratischen Querschnitts-

*) Prof. W. F. Exner hat die Frage an der Rothbuche (vide Nr. 4 des Literaturverzeichnisses) und Rudeloff an der Kiefer (vide 9 desselben Verzeichnisses) studirt. Beide fanden keinen Zusammenhang zwischen der Lage des Querschnittes zur Himmelsrichtung und der Druckfestigkeit.

flächen auf der Hobelbank zugerichtet. An den Holzprismen sollte die Druckelastizität ermittelt werden. Ihre Bezeichnung erfolgte analog wie jene der Biegestäbe.

b) Würfel. Aus den 72 Scheiben wurden sofort nach ihrem Einlangen bei der Versuchsanstalt je zwei Würfel nach der in Fig. 4 erläuterten Weise geschnitten. Es ist dies ein Verfahren, wie solches nach dem Vorschlage von Prof. Martens an der Preussischen Hauptstation des forstlichen Versuchswesens in Eberswalde und an der mechanisch-technischen Versuchsanstalt in Charlottenburg zu gleichen Zwecken in Anwendung steht.

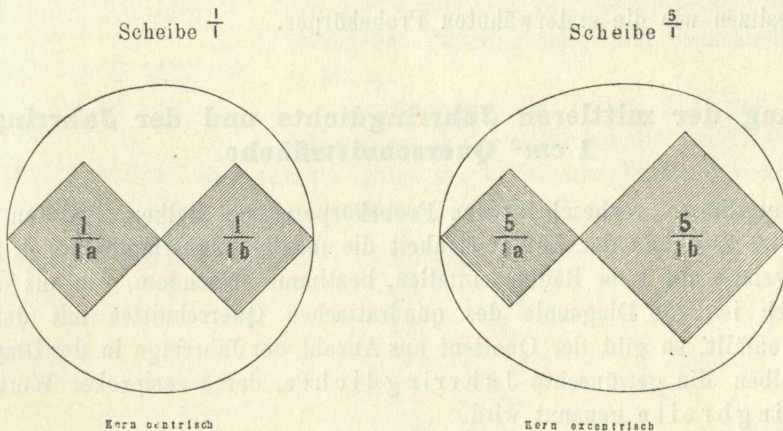


Fig. 4.

Ueber einem beliebigen Durchmesser werden zwei Quadrate construiert, deren Diagonalen mit dem Radius der Scheibe zusammenfallen. Beide diagonal gegenüberstehenden Würfel erhalten die gleiche Scheibenummer mit den Indices a und b . Es wurde dafür Sorge getragen, dass die beiden Würfel aus den möglichst astfreien Stellen der Scheibe entstammen. Die Würfel wurden vorläufig nur roh appetirt, erst nach halbjährigem Austrocknen erfolgte die Feinappretur, respective die Herstellung eines möglichst genauen Cubus auf der Hobelbank. Insbesondere wurde viel Sorgfalt auf eine planparallele Herrichtung der Hirnflächen verwendet.

c) Platten. Nach erfolgter Zertrümmerung der Biegestäbe, Prismen und Würfel wurden aus den unverletzten Stellen der Probekörper — jedoch womöglich aus dem inneren Theile und möglichst nahe der Bruchstelle — Platten von 2.5 cm Stärke abgeschnitten (siehe Fig. 5), die Hirnflächen planparallel und senkrecht zu den Seitenkanten behobelt. Diese Probekörper dienten zu Festigkeitsversuchen, zur Bestimmung des specifischen Trockengewichtes und des Wassergehaltes jener Theile, denen sie entnommen worden sind.

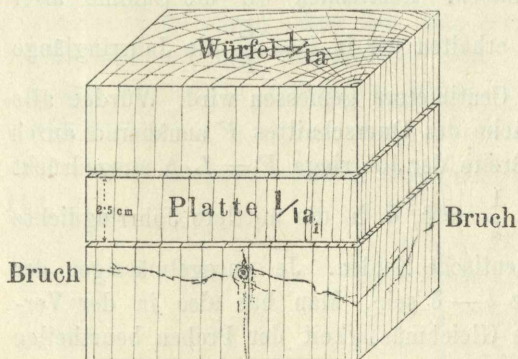


Fig. 5.

Sämmtliche Probekörper lagerten circa ein Jahr, bevor sie auf ihre Festigkeit geprüft worden sind. Eine mehrfache Wägung einzelner Proben liess erkennen, dass sie den lufttrockenen Zustand erreicht hatten, denn das Gewicht derselben verhielt sich ziemlich stabil. Eine besondere

Aufmerksamkeit wurde jedoch diesem Grade der Trockenheit nicht gewidmet, weil mit der Festigkeitsuntersuchung zugleich exacte Feuchtigkeitsbestimmungen Hand in Hand gingen. Ueberhaupt ist diesem „lufttrockenen“ Zustande kein grosser Werth beizumessen, wenn es sich um vergleichende Festigkeitsuntersuchungen handelt. Unterschiede im Wassergehalte der lufttrockenen Proben von 4 bis 5% selbst bei gleicher Grösse der Probekörper sind nichts seltenes, besonders wenn man nicht in der Lage ist, wegen zahlreichen Probematerialies die Festigkeitsuntersuchungen binnen kurzer Zeit, etwa in ein bis zwei Wochen, zu absolviren. Weit gefehlt wäre es aber, wollte man aus dem lufttrockenen Zustande der kleineren Proben (beispielsweise der Würfel) schliessen, dass auch die „lufttrockenen“ Balken gleichen Wassergehalt besitzen wie die ersterwähnten Probekörper.

4. Bestimmung der mittleren Jahrringdicke und der Jahrringlänge pro 1 cm^2 Querschnittsfläche.

Von sämtlichen vorbeschriebenen Probekörpern, als Balken, Prismen, Würfeln und Platten, wurde im Zustande der Lufttrockenheit die mittlere Jahrringdicke, d. h. die Anzahl der Jahrringe, welche auf 1 cm Radius entfallen, bestimmt. Nachdem, wie aus den Figuren 3 und 4 ersichtlich ist, die Diagonale des quadratischen Querschnittes mit dem Radius der Scheibe zusammenfällt, so gibt der Quotient aus Anzahl der Jahrringe in der Diagonalen durch die Länge derselben die gewünschte Jahrringdicke, deren reciproker Werth bekanntlich mittlere Jahrringbreite genannt wird.

Es ist somit $\delta = \frac{Z}{d} = \frac{1}{b}$, wenn δ die mittlere Jahrringdicke für den ganzen Querschnitt, Z die Jahrringzahl und d die Diagonale des Quadrates bezeichnet.

In einem gegebenen Querschnitte kann die Jahrringdicke mannigfach wechseln, die Verhältniszahl δ aber dennoch die gleiche bleiben, sobald Z sich nicht ändert. Wenn die Jahrringlagerung einen Einfluss auf die physikalischen und technischen Eigenschaften des Holzes hat, respective wenn gegenseitige Beziehungen derselben studirt werden sollen, dann ist leicht einzusehen, dass die Summe der einzelnen Jahrringlängen pro Querschnittseinheit eine Verhältniszahl geben wird, welche die wechselnde Breite der Jahrringe, ihre grössere und kleinere Krümmung, ihren wellenförmigen Verlauf und sonstige Unregelmässigkeiten berücksichtigt, während alle diese genannten Factoren auf die mittlere Jahrringbreite und Jahrringdicke, respective auf die Verhältniszahl δ keinen Einfluss haben. Bezeichnen wir die Summe aller Jahrringlängen des Querschnittes F mit $L = \Sigma l$, so erhalten wir in $l = \frac{L}{F}$ die Jahrringlänge pro 1 cm^2 , wenn F in Quadratcentimetern und L in Centimetern gemessen wird. Würden alle Jahrringe gleich weit entfernt sein, so könnte die Fläche des Querschnittes F annähernd durch das Product aus der gesammten Jahrringlänge und Breite der Jahrringe $F = L \cdot b$ ausgedrückt werden; in diesem speciellen Falle wäre $\frac{L}{F} = l = \frac{1}{b} = \delta$, d. h. die mittlere Jahrringdicke und die Jahrringlänge pro Flächeneinheit geben identische Zahlen. Je unregelmässiger der Jahrringverlauf ist, desto grösser wird die Differenz $l - \delta$ sein. Man hat also in der Vergleichung beider Verhältniszahlen ein Mittel, um die Gleichmässigkeit der Proben beurtheilen zu können.

Die Summe der Jahrringlängen lässt sich annähernd folgendermassen bestimmen:

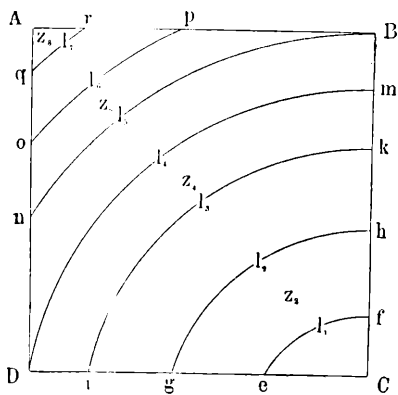


Fig. 6.

Man markirt sich (beispielsweise nach Fig. 6), vor Allem die Jahrringe Dm und Bn , welche durch die diagonalen Eckpunkte B und D gehen oder diesen Punkten am nächsten liegen, wodurch zwei Dreiecke mCD , ABn und ein Trapez $BmDn$ mit kreisbogenförmiger Basis erhalten werden. Innerhalb dieser Dreiecke bildet man Gruppen von Jahrringen, in welchen die mittlere Breite der Jahrringe wenig variiert und als gleich angenommen werden kann; durch Markirung der Jahrringe ef , gh , ik , op , qr erhält man beispielsweise acht Gruppen von verschiedener Jahrringbreite und verschiedener Jahrringzahl z_1 bis z_8 .

Nachdem die Seiten CB und CD Radien der Kreisbögen sind, so wächst die Jahrringlänge proportional mit den Radien; man kann also aus der Länge des ersten und letzten Jahrringes die gesammte Länge der Jahrringe in einer Gruppe berechnen.

Bezeichnen wir nach Figur 6

ef mit l_1 ,
 gh „ l_2 ,
 ik „ l_3 ,
 Dm „ l_4 ,
 Bn „ l_5 ,
 op „ l_6 ,
 qr „ l_7 ,

so ist die gesammte Jahrringlänge im Querschnitte F

$$\begin{aligned}
 L &= \left(\frac{0 + l_1}{2}\right) z_1 + \left(\frac{l_1 + l_2}{2}\right) z_2 + \left(\frac{l_2 + l_3}{2}\right) z_3 + \left(\frac{l_3 + l_4}{2}\right) z_4 \\
 &+ \left(\frac{l_4 + l_5}{2}\right) z_5 + \left(\frac{l_5 + l_6}{2}\right) z_6 + \left(\frac{l_6 + l_7}{2}\right) z_7 + \left(\frac{l_7 + 0}{2}\right) z_8 = \\
 &= \frac{1}{2} \left[l_1 (z_1 + z_2) + l_2 (z_2 + z_3) + l_3 (z_3 + z_4) + l_4 (z_4 + z_5) + \right. \\
 &\quad \left. + l_5 (z_5 + z_6) + l_6 (z_6 + z_7) + l_7 (z_7 + z_8) \right] \dots 1.
 \end{aligned}$$

Mittelst eines Curveometers (Messrädchens) lässt sich die Jahrringlänge auf glattgehobelten Stirnflächen rasch und für den gewünschten Zweck hinreichend genau messen, wobei man sich am besten der nachstehend abgeleiteten Formel 2 bedient; diese Formel trägt dem Umstande Rechnung, dass bei dem Messen der Jahrringlängen durch Nachfahren der Grenzjahrringe mit dem Curveometer nicht jedesmal wieder auf den Nullpunkt eingestellt wird, daher die bereits gemessene Länge in jeder folgenden noch zu messenden schon einmal enthalten ist.

Bezeichnen wir dem Gesagten zufolge in Fig. 6:

$$\begin{aligned}
 l_1 &= A, \\
 l_1 + l_2 &= B, \\
 l_1 + l_2 + l_3 &= C, \\
 l_1 + l_2 + l_3 + l_4 &= D, \\
 l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 &= E, \\
 l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6 &= F, \\
 l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6 + l_7 &= G,
 \end{aligned}$$

so wird unter Zuhilfenahme der Formel 1:

$$L = \frac{1}{2} \left[A(z_1 + z_2) + (B - A)(z_2 + z_3) + (C - B)(z_3 + z_4) + (D - C)(z_4 + z_5) + \right. \\ \left. + (E - D)(z_5 + z_6) + (F - E)(z_6 + z_7) + (G - F)(z_7 + z_8) \right] = \\ = \frac{1}{2} \left[A(z_1 - z_3) + B(z_2 - z_4) + C(z_3 - z_5) + D(z_4 - z_6) + E(z_5 - z_7) + F(z_6 - z_8) + \right. \\ \left. + G(z_7 + z_8) \right] \quad \dots 2$$

und allgemein:

$$L = \frac{1}{2} \left[A(z_1 - z_3) + B(z_2 - z_4) + C(z_3 - z_5) + \dots + M(z_{n-1} - z_{n+1}) + \right. \\ \left. + N(z_n + z_{n+1}) \right] \quad 2.$$

Es werden sonach mit dem Messrädchen die als Grenzen für die einzelnen Gruppen markierten Jahrringe (ohne Neueinstellung auf den Nullpunkt des Curveometers) nachgefahren und nur der jeweilige Stand des Index am Curveometer an den Endpunkten dieser Jahrringe, also (nach Fig. 6) bei f, h, k, m, B, p und r abgelesen. (J)

Aus der Formel 2 berechnet sich in einfacher und rascher Weise die gewünschte Gesamtlänge aller Jahrringe auf der Querfläche.

Der Quotient aus $\frac{L}{F} = l$ gibt, wie bereits begründet, über die mittlere Jahrringdicke besseren Aufschluss als die einfache Verhältniszahl:

$$\delta = \frac{z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6 + z_7 + z_8}{d} = \frac{Z}{d}.$$

Bei Balken und Prismen wurde δ und l aus dem arithmetischen Mittel beider Endflächen berechnet; bei Platten und Würfeln genügte es, nur die stamm aufwärts gelegene Hirnfläche zu berücksichtigen, denn für kurze Probekörper differieren die Jahrringlängen beider Endflächen fast gar nicht.

Tafel VI enthält zur Erläuterung des im Vorstehenden Gesagten die Copien zweier Naturselbstdrucke *) von Balkenquerschnitten, an welchen die Bestimmung der Jahrringlagerung vorgenommen wurde:

*) Die in diesem Werke auf den Tafeln VI, VII und VIII enthaltenen Hirnschnitte sind Copien von Naturselbstdrucken, welche auf einfache Weise dadurch erhalten werden, dass man zwischen die Pressplatten der Festigkeitsmaschine und der glattgehobelten Hirnfläche des Probekörpers eine Lage Copirpapier (Oelpapier von beliebiger Farbe) und weisses Schreibpapier legt, hierauf den Probekörper mit einem Drucke von 10.000 bis 15.000 kg (circa 150 kg per 1 cm^2 Fläche) belastet. Am besten würde sich hiezu das blaue Copirpapier eignen, wenn es sich nicht darum handelt, eine photographische Copie von dem Naturselbstdrucke anzufertigen. In letzterem Falle ist schwarzes Copirpapier zu verwenden, welches man auf einfache Weise sich auch selbst anfertigen kann, indem man die eine Seite eines dünnen Papiers mit Kohle schwärzt und letztere gleichmässig verreibt. Um die einzelnen Jahrringe schärfer hervortreten zu lassen, wird die Querfläche vorher in der Weise präparirt, dass man auf dieselbe eine etwa 1 mm starke Kautschukplatte legt und den Probekörper nun zwischen den Pressplatten der Maschine einem nicht zu starken Drucke aussetzt. Hiedurch wird der Kautschuk in die weicheren FrühjahrsHolzschichten eingepresst und letztere vertieft, während die festen Sommerholzschichten erhaben heraustreten. Es könnte dieses Verfahren in bestimmten Fällen (für kleinere Querschnitte von Nadel- und manchen Laubhölzern) das Ausätzen der Frühjahrsholzschichten beim Friedrich'schen Naturselbstdruck-Verfahren ersetzen. (Siehe „Centralblatt für das gesammte Forstwesen“, März-Heft 1890: „Naturselbstdrucke von Stammscheiben“ von k. k. Oberforstrath Josef Friedrich.)

1. Balkenquerschnitt vom Probestamme Nr. 9 (Tafel VI, Fig. 1)

$$\text{Fläche} = 100.7 \text{ mm} \times 100.7 \text{ mm} = 101.4 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Diagonale} = 142.7 \text{ mm}.$$

$$A = 13.4 \text{ cm} \quad z_1 = 63$$

$$B = 27.4 \text{ cm} \quad z_2 = 2$$

$$C = 42.5 \text{ cm} \quad z_3 = 2$$

$$D = 51.8 \text{ cm} \quad z_4 = 3$$

$$z_5 = 13$$

$$Z = 83,$$

$$L = \frac{1}{2} \left[13.4 \times 61 + 27.4 \times (-1) + 42.5 \times (-11) + 51.8 \times 16 \right] = 575.6 \text{ cm};$$

$$l = \frac{575.6}{101.4} = 5.68 \text{ cm} = \text{Jahrringlänge pro } 1 \text{ cm}^2 \text{ Querfläche};$$

$$\delta = \frac{83}{14.27} = 5.82 = \text{Jahrringdichte};$$

$$b = \frac{14.27}{83} = 0.172 \text{ cm} = \text{durchschnittliche Jahrringbreite} = \frac{1}{\delta}.$$

2. Balkenquerschnitt vom Probestamme Nr. 8 (Tafel VI, Fig. 2):

$$\text{Fläche} = 100.7 \times 100.8 \text{ mm} = 101.5 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Diagonale} = 142.8 \text{ mm},$$

$$A = 14.3 \quad z_1 = 40$$

$$B = 29.2 \quad z_2 = 8$$

$$C = 45.0 \quad z_3 = 4$$

$$D = 58.5 \quad z_4 = 5$$

$$E = 63.6 \quad z_5 = 9$$

$$z_6 = 11$$

$$Z = 77,$$

$$L = \frac{1}{2} \left[14.3 \times (40 - 4) + 29.2 (8 - 5) + 45.0 (4 - 9) + 58.5 (5 - 11) + \right. \\ \left. + 63.6 (9 + 11) \right] =$$

$$= \frac{1}{2} \left[514.8 + 87.6 - 225.0 - 351.0 + 1272.0 \right] = 649.2 \text{ cm},$$

$$l = \frac{649.2}{101.5} = 6.40 \text{ cm} = \text{Länge der Jahrringe pro } 1 \text{ cm}^2;$$

$$\delta = \frac{77}{14.28} = 5.39 = \text{mittlere Jahrringdichte};$$

$$b = \frac{14.28}{77} = 0.185 \text{ cm} = \text{durchschnittliche Breite der Jahrringe} \left(= \frac{1}{\delta} \right).$$

Wenn man diese beiden Balkenquerschnitte 9 und 8. vergleicht, so findet man, dass δ und l Differenzen zeigen, obwohl die mittlere Jahrringbreite bei beiden nahezu gleich ist. Am Querschnitte 9 ist l kleiner, bei 8 ist l grösser als δ , während die mittleren Jahrringbreiten nur um 0.013 cm von einander differieren.

Der Grund liegt, wie klar ersichtlich, darin, dass im ersten Falle die breiten, im zweiten Falle die dichten Jahrringe in der Flächenmitte ausschlaggebend für die Jahrringlänge pro Flächeneinheit sind; die Charakterisierung der Jahrringbildung nach deren durchschnittlicher Breite vermag diesem Umstande nicht Rechnung zu tragen.

5. Volumen der Probekörper.

Das Volumen sämtlicher Probekörper wurde auf stereometrischem Wege bestimmt, da diese Methode für Würfel, Prismen und Platten rascher zum Ziele führt wie die Benützung von Tauchflüssigkeiten und für die lang dimensionirten Biegeproben überhaupt die einzig mögliche ist.

Von Interesse dürfte die Vergleichung der Volumsbestimmung einer Serie von neun Würfeln sein, welche das einmal mit der hydrostatischen Wage und das anderemal stereometrisch cubirt worden sind. Die Wägungen mit der hydrostatischen Wage wurden auf 0.1 g genau, die Abmessungen der Würfeldimensionen auf 0.1 mm genau vorgenommen. Die Tauchflüssigkeit war destillirtes Wasser von 18 °C.

Würfel Nr.	Volumen, mittelst der hydrostatischen Wage bestimmt:	Volumen, stereometrisch bestimmt:	Differenz in Procenten des stereometrisch bestimmten Volumens:
1	134.00 cm ³	133.70 cm ³	0.22%
2	204.20	205.59	0.68%
3	215.70	215.54	0.07%
4	206.50	206.70	0.10%
5	109.24	108.66	0.53%
6	78.00	77.73	0.35%
7	111.95	111.36	0.53%
8	133.66	133.44	0.17%
9	121.58	121.87	0.24%
			Summe 2.89
			Mittel = 0.32%.

Hieraus berechnet sich die mittlere Differenz mit 0.32%. Man ersieht daraus, dass die stereometrische Methode für diese Zwecke mehr als hinreichend genau ist.

Bezüglich obiger mittelst hydrostatischer Wage durchgeführten Cubirung ist noch zu erwähnen, dass behufs Vermeidung des Ansaugens von Wasser die Holzproben in eine Lösung von Paraffin in Benzol getaucht worden sind, wodurch die Holzkörper wasserundurchlässig wurden.

Das Volumen der Holzkörper wird durch die Paraffinirung nicht vergrößert, weil keine Umhüllung, sondern nur eine Einsaugung der Benzollösung stattfindet. Allerdings muss man die Vorsicht gebrauchen, die Holzstücke sofort nach der Herausnahme aus dem Paraffin-Benzolbade äusserlich gut abzuwischen.

Ein paraffinirter Würfel, fünfmal mittelst der hydrostatischen Wage durch Tauchung cubirt, ergab nachstehende Reihe: 168.40 — 168.30 — 168.70 — 168.50 — 168.90 cm³, was für eine gute Paraffindichtung spricht.

Ein weiterer Grund als der früher erwähnte, warum die stereometrische Volumsbestimmung den Tauchungsmethoden und speciell auch der Benützung des von Oberforstrath Friedrich construirten Präcisions-Xylometers, welcher bekanntlich vorzügliche Messresultate gibt, vorgezogen wurde, liegt darin, weil mit dem Volumen gleichzeitig der natürliche Wassergehalt der lufttrockenen Holzproben zu bestimmen war, welcher durch die Tauchungsmethoden in einer für das Resultat schädlichen Weise beeinflusst worden wäre. Eine Paraffinirung sämtlicher voluminöser Proben wäre umständlich und kostspielig, ein blosses Verschmieren der Hirnflächen ungenügend gewesen; überdies wäre die präzise Bestimmung des specifischen Trockengewichtes der mit Paraffin theilweise getränkten Holzproben unmöglich geworden. Für

die Bestimmung des specifischen Gewichtes kommt noch die weitere Complication in Betracht, dass das absolute Gewicht einer jeden Probe doppelt, d. i. vor und nach der Paraffinirung ermittelt werden muss, welche Mehrarbeit bei stereometrischer Messung vermieden ist.

Rückkehrend zu der stereometrischen Inhaltsbestimmung der Probekörper muss noch bemerkt werden, dass die Cubirung der Biegeproben nach Formel $V = \frac{l}{4} (q_1 + 2 q_m + q_2)$ und der übrigen Festigkeitsproben nach Formel $V = l \cdot q_m$ erfolgte, worin l die Länge oder Höhe, q_m die mittlere Querfläche und q_1, q_2 die beiden Endflächen bezeichnen. Die Länge der Biegestäbe wurde auf Millimeter, die Höhe der Prismen, Würfel und Platten, ferner sämtliche Querschnittsdimensionen auf 0.1 Millimeter genau erhoben, die Querfläche selbst nach Formel $q = \left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right) \left(\frac{b_1 + b_2}{2}\right)$ berechnet; hierin bezeichnen die beiden eingeklammerten Grössen das arithmetische Mittel je zweier paralleler Seiten des Querschnittes.

6. Specifisches Gewicht, Wassergehalt und Flächenschwindung der Proben.

Unmittelbar vor der Inanspruchnahme der Probekörper mit der Festigkeitsmaschine wurde von den Biegestäben, Würfeln, Prismen und Platten durch die im vorigen Abschnitte erwähnten stereometrischen Messungen und Abwägungen das specifische Gewicht im lufttrockenen Zustande des Holzes nach Formel $s = \frac{g}{v}$ auf drei Decimalen berechnet; aus praktischen Gründen werden diese specifischen Gewichte in der Folge mit ihrem 100fachen Werthe angegeben werden. Die Auswägung der Biegestäbe und Prismen erfolgte auf 1 g, jene der kleineren Proben auf 0.1 g genau.

Das specifische Trockengewicht, der Wassergehalt und die Flächenschwindung konnte selbstverständlich nur an den Holzplatten direct bestimmt werden, da nur bei diesen kurz dimensionirten Holzproben eine vollständige Austrocknung, ohne dieselben zerkleinern zu müssen, im Trockenkasten gelingt; bei den grösseren Festigkeitsproben wurde in nachstehender Weise vorgegangen:

Unmittelbar nach erfolgter Festigkeitsuntersuchung entnahm man aus den unverletzten Theilen des Probekörpers, und zwar nahe an der Bruchstelle, wie dies bereits Seite 15 erwähnt und in Fig. 5 an einem Würfel dargestellt wurde, eine Platte von circa 2.5 cm Stärke, und zwar senkrecht zur Faserrichtung des Probekörpers mit vollem Querschnitte des letzteren. Diese Platte wurde an den Hirnflächen glattgehobelt, ihr Gewicht auf 0.1 g genau ermittelt und das Volumen stereometrisch bestimmt. Diese Operationen erfolgten mit grösster Beschleunigung, um Feuchtigkeitsverluste so weit als möglich zu vermeiden, denn es sollte eben der Feuchtigkeitsgehalt, welchen die Festigkeitsproben im Momente der Materialprüfung besaßen, ermittelt werden. Nach Absolvirung einer grösseren Reihe von Festigkeitsuntersuchungen wurden sämtliche Festigkeitsproben in einem Trockenkasten bei einer Temperatur von 106 °C. so lange gedörft, bis Probewägungen keine grössere Gewichtsabnahme als 0.30% vom Dörrgewichte erkennen liessen. Hierauf wurde die ganze Serie von Platten unter mehreren Exsiccatoren, welche auf ihren luftdichten Schluss sorgfältig geprüft waren, abkühlen gelassen, auf 0.1 g genau gewogen und stereometrisch das Volumen gemessen.

Aus dem Lufttrockengewichte g , dem Dörrgewichte g_0 , dem Trockenvolumen v_0 , dem Querschnitte im lufttrockenen Zustande q , dem Querschnitte im gedörrten Zustande q_0 erhielt man durch nachstehende Formeln:

$s_0 = \frac{g_0}{v_0}$ das spezifische Trockengewicht,

$\varphi^0/\text{‰} = \frac{(g - g_0)}{g_0} \cdot 100$ den Wassergehalt in Procenten des absoluten Trockengewichtes,

$\Delta^0/\text{‰} = \frac{(q - q_0)}{q_0} \cdot 100$ das Flächenschwindungsprocent,

$\frac{\Delta}{\varphi} =$ das Flächenschwindungsprocent für 1% Feuchtigkeitsverlust vom lufttrockenen zum absolut trockenen Zustande.

Chevandier-Wertheim, Bauschinger, Tetmajer*), Rudeloff-Schild haben den Wassergehalt an Spänen ermittelt, welche aus jenen Stellen des Probekörpers entnommen worden sind, die seinem mittleren Feuchtigkeitsgehalte entsprechen. Der Wassergehalt variiert selbst in lufttrockenen Platten je nach der Lage der Feuchtigkeitsprobe im Querschnitte mannigfach und kann selbst bis 4% betragen, wie die weiter unten folgenden Versuchsergebnisse beweisen. Es ist daher auch gar nicht möglich, a priori eine solche Stelle im Probekörper auszusuchen, deren Feuchtigkeitsgehalt dem Mittel des ganzen Probekörpers entspricht, abgesehen von dem weiteren Umstande, dass das Zerkleinern der Probetheilchen in Späne Veranlassung zu Fehlerquellen gibt, über welche selbst die sinnreichsten Methoden der Feuchtigkeitsbestimmung nicht hinwegtäuschen können.

Einen Einblick in die Grösse der Schwankung des Wassergehaltes und des spezifischen Gewichtes in einer lufttrockenen Platte oder in einem lufttrockenen Würfel gewähren folgende Untersuchungen:

1. Fall. Eine lufttrockene Platte von 3 cm Stärke und 100 cm² Querschnittsfläche wurde nach Fig. 7 in zwei gleich starke Platten von 1.5 cm Höhe, und jede derselben in vier weitere gleiche Theile zerlegt, wodurch acht Probekörper entstanden sind, deren Wassergehalt und spezifisches Gewicht ermittelt, nachstehende Resultate ergab:

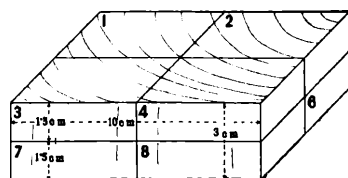


Fig. 7.

	Specificsches Gewicht im lufttrockenen Zustande	Specificsches Trockengewicht	Wassergehalt
Nr. 1	0.394	0.372	11.7%
2.	0.384	0.367	9.7%
3.	0.375	0.359	9.9%
4.	0.330	0.307	10.7%
	Mittel: 0.371	Mittel: 0.351	Mittel: 10.5%
Nr. 5	0.408	0.378	13.2%
6	0.387	0.368	10.2%
7	0.369	0.350	10.7%
8	0.352	0.334	10.0%
	Mittel: 0.379	Mittel: 0.357	Mittel: 11.0%

*) Tetmajer ist von diesem Verfahren, welches er noch bei den Untersuchungen der schweizerischen Bauhölzer im Jahre 1884 angewendet hat, bei seinen neueren Holzuntersuchungen abgekommen und benützt ebenfalls plattenförmige Feuchtigkeitsproben.

Das spezifische Trockengewicht und der Wassergehalt des ganzen Probekörpers beträgt im Mittel $s_0 = 0.354$, respective $\varphi\% = 10.75$, seine einzelnen Theile zeigen Schwankungen bei s_0 von 0.307 bis 0.378, respective bei φ von 9.7 bis 13.2%.

2. Fall: Ein weiterer Versuch mit einem Würfel von gleichem Querschnitte wie der obige Probekörper, welcher senkrecht zur Faserichtung in vier gleiche Platten (nach Fig. 8) zertheilt wurde, ergab bezüglich des spezifischen Gewichtes und des Wassergehaltes für die einzelnen Theilplatten folgende Zahlenwerthe:

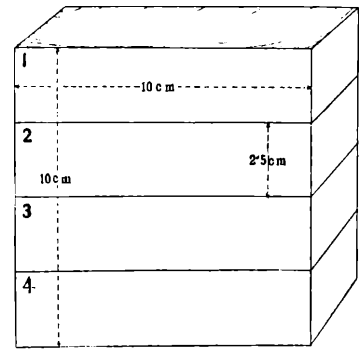


Fig. 8.

	Specificsches Gewicht im luftfeuchten Zustande	Specificsches Trockengewicht	Wassergehalt
Nr. 1	0.373	0.343	14.3%
2	0.375	0.348	14.2%
3	0.373	0.343	14.7%
4	0.381	0.352	13.6%
	Mittel: 0.375	Mittel: 0.346	Mittel: 14.2%

Das spezifische Trockengewicht und der Wassergehalt schwankt in diesem Falle nur zwischen 0.343 und 0.352 bei s_0 , beziehungsweise zwischen 13.6 und 14.7% für φ .

Wir entnehmen diesen Ergebnissen, dass lufttrockene Platten und lufttrockene Würfel gleichen Querschnittes bedeutende Differenzen im Wassergehalte aufweisen können; in diesem speciellen Falle beträgt dieselbe 4%.

Wir entnehmen aber diesen Untersuchungen auch ferner, dass man von einem Theile des Probekörpers, wenn derselbe nicht den ganzen Querschnitt senkrecht zur Faser umfasst, keineswegs auf das spezifische Trockengewicht und den Wassergehalt des ganzen Probekörpers schliessen darf, ohne Fehler begehen zu können, welche den Betrag von 2% übersteigen, vorausgesetzt, dass der Probekörper überhaupt nur kurz dimensionirt ist, wie dies in vorliegenden Untersuchungen die Platten, Würfel und Prismen sind. Bei den Biegestäben müssten natürlich wenigstens drei Probeplatten in entsprechender Entfernung entnommen und auf ihren Wassergehalt untersucht werden, um den mittleren Feuchtigkeitsgehalt des ganzen Stabes zu erhalten. Die genaue Kenntniss des totalen Wassergehaltes im Biegestabe ist jedoch für die Festigkeitsuntersuchungen weniger wichtig, als die Feuchtigkeit in der Nähe der Bruchstelle, weil die Feuchtigkeit an dem bruchgefährlichen Querschnitte einen grösseren Einfluss auf die Biegefestigkeit ausübt als an den gegen das Ende gelegenen Stellen. Aus diesem Grunde wurde auch in vorliegender Arbeit von den Biegestäben nur eine Platte in der Nähe der Bruchstelle abgeschnitten und auf den Wassergehalt untersucht.

7. Festigkeitsuntersuchungen und ihre Hilfsmittel.

A. Materialprüfungsmaschine.

Die Druck- und Biegefestigkeit der Hölzer wurde an einer von der Schaffhausener Firma Amsler-Laffon & Sohn bezogenen 130-Tonnen-Presse erprobt, deren totale Ansicht in Tafel I im Lichtdrucke wiedergegeben ist. Sie besteht im Wesentlichen aus folgenden Theilen:

a) der continuirlich wirkenden Pumpe (im Bilde rechts befindlich), welche mit Rizinusöl gespeist wird. Sie ist für den Handbetrieb eingerichtet, ihr Gang ist ungemein gleichmässig, was man an den tadellosen Diagrammen des Registrir-Apparates erkennt;

b) der Presse (im Bilde links situirt), deren Pressplatten aus Gussstahl mit einer Druckfläche von 30×30 cm quadratisch geformt sind.

Die untere Pressplatte ist auf dem im Hochdruckcylinder befindlichen Kolben kugelig gelagert, damit sich dieselbe an den Probekörper jederzeit anschmiegen kann. Das Centrum der Kugelfläche befindet sich genau in der Mitte der Druckplatte, damit keine falschen Spannungen durch seitliche Verschiebung des Probekörpers eintreten können.

Die obere Pressplatte ist an eine Traverse ebenfalls kugelig und beweglich eingelagert, jedoch für die Durchführung der Druckversuche fixirt; nur bei Knickversuchen wird von der Beweglichkeit der oberen Pressplatte Gebrauch gemacht. Die Traverse kann mittelst eines Handrades beliebig je nach der Höhe des Probekörpers verstellt respective fixirt werden. Die Höhe der Probekörper darf im Maximum 1 m betragen. Die Presse steht mit der Pumpe durch zwei Rohre in Verbindung, welche in der erwähnten Tafel ersichtlich sind. Das untere enge Rohr führt die Druckflüssigkeit zum Kolben des Hochdruckcylinders, das obere weite Rohr führt die Druckflüssigkeit zurück zum Quecksilbermanometer, welches zwischen Pumpe und Presse im Bilde erkennbar ist.

c) Druckreductions-Apparat und Quecksilbermanometer. Damit der im Hochdruckcylinder herrschende kolossale Druck mittels eines offenen Quecksilbermanometers gemessen werden kann, muss eine Druckreduction stattfinden, welche durch einen sinnreichen Kolbenmechanismus im sogenannten Druckreductions-Apparate erfolgt, in welchen das erwähnte obere Rohr von der Presse einmündet. Es würde zu weit führen, eine detaillirte Beschreibung dieses Reductions-Apparates zu geben, es genügt zu wissen, dass der unter dem Presskolben herrschende Flüssigkeitsdruck im erwähnten Apparate so weit herabgemindert wird, dass er durch das Gewicht einer Quecksilbersäule im Manometer gemessen werden kann. Der Reductions-Apparat gestattet zwei Reductionen, von welchen die eine das Zehnfache der anderen beträgt. Dementsprechend sind auch neben dem Manometerrohre zwei Scalen angebracht, von denen die eine bis 130.000 und die andere bis 13.000 kg reicht. Arbeitet man mit der kleinen Reduction, dann schreiten die Drücke von 20 zu 20 kg, bei der grossen Reduction von 200 zu 200 kg fort; erstere findet bei Biegeversuchen, letztere bei Druckversuchen Anwendung.

d) Der Registrir-Apparat. Auf dem Quecksilber im Manometer der Pumpe sitzt ein Schwimmer, welcher an einem Faden aufgehängt, über eine Rolle am oberen Ende des Manometergestelles (vide Tafel I) geführt und durch ein Gegengewicht äquilibrirt ist. Steigt das Quecksilber im Manometer, so wird auch der Schwimmer gehoben. Bricht der Probekörper, so vermindert sich der Druck, infolgedessen sinkt das Quecksilber wieder, der Schwimmer bleibt aber stehen und zeigt die Maximalbelastung des Probekörpers an. Das Spiel des Schwimmers überträgt sich auf einen von der Firma Amsler-Laffon & Sohn für Holzuntersuchungen speciell construirten Registrirapparat, welcher im Bilde Tafel I unmittelbar vor der unteren Pressplatte situirt erscheint. Ein Lineal mit einem daran festgemachten Registrirstift bewegt sich proportional zur Steighöhe des Schwimmers, also auch proportional zur Belastung des Probekörpers und verzeichnet diesen Weg auf einem Papierbände, welches über eine Trommel gewickelt ist. Wird der Probekörper deformirt, so bewegt sich die untere Pressplatte, beziehungsweise der Biege-Apparat entsprechend der Deformation nach aufwärts, und diese Bewegung gibt durch einen äusserst sinnreichen Mechanismus Veranlassung zu einer Trommeldrehung, welche proportional der Pressplattenbewegung erfolgt. Hiedurch wird durch den Registrirstift auf dem Papierbände eine Curve verzeichnet, deren Ordinate die Belastung und deren Abscisse die dieser Belastung entsprechende Deformation des Probekörpers angibt. Der Registrir-Apparat kann für Druck und Biegung verwendet werden; die grösste Deformation, welche noch registriert wird, beträgt 15 cm, wobei die Maximalhöhe des Diagrammes 10 cm erreichen kann.

B. Biegevorrichtung und Apparat zur mikrometrischen Messung der Einsenkung.

Die auf Tafel I dargestellte Presse ist zur Vornahme von Druckversuchen ausgerüstet. Um auch Biegeversuche durchführen zu können, wird die untere Pressplatte abgehoben und an ihre Stelle ein Tragbalken aus Gussstahl **Tb** — **Tb** (siehe Tafel V, Fig. 1) auf den Kolben **K** der Presse gesetzt und an die obere Pressplatte **Pp** eine Mittelschneide mit Rundprofil **Sm** eingehängt. Auf dem Tragbalken **Tb** lassen sich zwei Läufer **L₁**, **L₂** verschieben und beliebig feststellen; sie dienen als Auflager des Probekörpers (Biegebalkens) **Bb**. Diese Läufer besitzen oberseits Stahlschneiden (Endschneiden) **Se₁** — **Se₂** von gleichem Profile wie die Mittelschneide beweglich eingelagert, wodurch sie sich der Lage des Biegestabes selbst bei windschiefer Stellung des letzteren jederzeit anpassen können.

Wird die Pumpe in Gang gesetzt, so bewegt sich der ganze Tragbalken sammt dem Probekörper nach aufwärts gegen die fixe Mittelschneide **Sm** zu, wodurch der Probekörper auf Biegung in Anspruch genommen wird.

Um das Eindringen der zwei Endschneiden **Se₁** — **Se₂** und der Mittelschneide **Sm** in den Holzkörper zu vermeiden, wird zwischen die Stahlschneide und den Probekörper je eine 4 cm, beziehungsweise (an der Mittelschneide) 5 cm breite, 12 mm dicke Platte aus Hainbuchenholz **h** sowie eine Eisenplatte **e** von 3 cm beziehungsweise 4 cm Breite und 10 mm Dicke derart gelegt, dass die Holzplatte am Biegestabe, die Eisenplatte aber an der Stahlschneide anliegt; auf letzterer gleitet daher bei stärkerer Durchbiegung des Probestabes das eiserne Zwischengelege fast reibungslos wie auf einer Rolle.

Zur Messung der Durchbiegung des Biegebalkens bei den Versuchen zur Ermittlung der Biegungs-Elasticität dient der „Apparat zur mikrometrischen Messung der Einsenkung“. Fig. 1 der Tafel V stellt denselben in der Seitenansicht dar, Fig. 2 und 3 zeigen Verticalschnitte desselben, ersterer von der Seite **r**, letzterer von **l** aus gesehen.

An den Probekörper werden zur Befestigung dieses Apparates an zwei gegenüber liegenden Seiten je drei Messingscheiben **m** mit Holzschrauben derart befestigt, dass die eine derselben in die Mitte des Biegestabes zu liegen kommt, die zwei anderen aber an jenen Punkten, wo der Probekörper auf den beiden Stützpunkten (Endschneiden) **Se₁** — **Se₂**, aufliegen soll.

Nunmehr wird der Biegestab auf die beiden Endschneiden des Tragbalkens gelegt und die obere Traverse mit der Mittelschneide so weit herabgelassen, bis letztere die als Zwischenlage dienende Eisenplatte **e** eben berührt; sodann hängt man in die cylindrische Ausbohrung der Scheibchen **m** die Aufhängezäume (Gehänge) **Gs** — **Gm** — **Gs**, welche auf den Stahlcylindern **cc** — **cm** — **cc** stecken, ein und schraubt sie mit den Klemmschrauben **k** an die Cylinder **c**, **cm** und **c** fest, jedoch so, dass alle drei Gehänge sich noch frei in den Zapfenlagern der Messingscheiben **m** bewegen können.

Hierauf werden die eisernen Schienen **S** auf die vorstehenden Enden der Cylinder **cc** — **cc** aufgelegt, so dass die Messschraube **Ms** des eigentlichen, an den Schienen befestigten Mess-Apparates genau über den Cylinder **cm** des Mittelgehänges **Gm** zu stehen kommt. Wird bei dem Biegeversuche nun der Tragbalken nach aufwärts bewegt, so bewegen sich gleichzeitig auch die beiden Endschneiden **Se₁** — **Se₂**, sowie die Enden des Biegebalkens sammt den Seitengehängen **Gs** — **Gs** mit den Cylindern **cc** — **cc** und damit auch die Schiene **S** sammt dem Mess-Apparate nach aufwärts, während das Mittelgehänge **Gm** seine Lage nicht verändern kann.

Die Spitze **z** der Messschraube wird sich somit von dem Cylinder **cm** des Mittelgehänges genau so weit entfernt haben, als die Durchbiegung des Probekörpers beträgt. Diese Entfernung wird mit der Messschraube **Ms** gemessen; durch Umdrehen derselben, beziehungsweise der daran befestigten Trommel **t** senkt sich nämlich die Schraubenspindel sammt dem

Indexstabe **J**, welcher letzterer an dem fixen in ganze Millimeter getheilten verticalen Massstabe **V** in einer Führung gleitet, nach abwärts. Berührt die Spitze **z** der Messschraube wieder den Cylinder **cm**, so werden an dem Massstabe **V** die ganzen Millimeter und an der Trommel **t**, welche an ihrem Umfange in 100 Theile getheilt ist und deren einmalige Umdrehung einer Steighöhe der Messschraube von 1 mm entspricht, die Zehntel und Hundertel eines Millimeters abgelesen.

Durch diese sinnreiche Einrichtung wird es ermöglicht, die richtige, von den Bewegungen der Balken-Enden befreite Durchbiegung des in der Mitte belasteten Balkens mittelst einer einzigen, an der Balkenmitte angebrachten Messvorrichtung zu erhalten, während die anderen bekannten derartigen Einrichtungen zweier bis dreier Messvorrichtungen bedürfen, um neben der Durchbiegung in der Mitte auch die relative Bewegung der Balken-Enden ermitteln zu können.

Es handelt sich nun darum, den Moment, in welchem die Schraubenspitze **z** den Cylinder **cm** berührt, präzise festzustellen. Die von der Firma Amsler-Laffon & Sohn gelieferte Vorrichtung, bei welcher die Messtrommel **t** durch eine belastete Schnur selbstthätig so lange gedreht und damit die Messschraube nach abwärts bewegt wird, bis die Spitze **z** auf dem Cylinder **cm** aufsitzt und die bewegliche Trommelscheibe **t** an der fixen Scheibe **o** gebremst wird, wurde als unzuverlässig verlassen und durch eine Vorrichtung ersetzt, welche diesen Moment des Contactes der Schraubenspitze **z** mit dem Cylinder **cm**, also den Ablesemoment, durch ein elektrisches Lätwerk signalisirt. Wie aus Fig. 1 der Tafel V ersichtlich, wird der von dem Leclanché-Elemente **LE** erzeugte elektrische Strom in dem Augenblicke geschlossen, wenn die Spitze **z** den Cylinder **cm** berührt; in diesem Momente beginnt die Alarmglocke **Ag** zu läuten und kennzeichnet hiemit den Ablesemoment mit äusserster Präcision. Natürlich muss die Messschraube durch den Beobachter mit Hilfe der Trommel **t** nachgedreht werden. In Fig. 3 dieser Tafel ist das Stadium einer stärkeren Durchbiegung festgehalten: die linke Messschraube ist im Momente der Ablesung skizzirt, die rechte dagegen noch nicht nachgedreht. Selbstverständlich ist, wenn man auf der einen Seite des Biegebalkens die Durchbiegung ablesen will, der Contact auf der anderen Seite durch Zurückschrauben der Messschraube zu unterbrechen.

Mit welcher Schärfe der mehrfach besprochene Moment des Contactes und damit auch der Ablesestellung an der Trommel durch das Lätwerk signalisirt wird, erhellt daraus, dass bei einer Durchbiegung, die ein 8 cm im Gevierte haltender, 1.7 m langer Biegebalken aus Fichtenholz durch Auflegen eines Gewichtes von 200, ja sogar bei weniger elastischen Biegestäben von 100 Gramm erleidet, die Alarmglocke zu läuten aufhört, jedoch sofort wieder beginnt, wenn der Biegebalken durch Wegnahme dieses minimalen Gewichtes entlastet wird. Hierbei wird allerdings vorausgesetzt, dass man vorher die Contactschraube **z** eben nur so weit zurückgedreht hat, bis das Lätwerk gerade zu läuten aufgehört hatte.

Dieser im Vorstehenden beschriebene Biegungs-Messapparat hat den Vortheil, dass er durch seine solide Construction und seine Befestigungsweise am Biegebalken vor Beschädigungen beim Bruche des letzteren gesichert ist und also zur Bestimmung der Durchbiegung bis zum Bruche verwendet werden kann; dreht man die Messschraube bei bevorstehendem Bruche der fortschreitenden Durchbiegung entsprechend immer messgerecht, d. h. so weit nach, dass die Spitze der Schraube ununterbrochen den Cylinder des Mittelgehänges berührt, so ist auch im Augenblicke des Bruches die genaue Bestimmung der Durchbiegung gewährleistet.

C. Spiegel-Apparat System Martens.

Zur Beobachtung der äusserst geringen Längenänderungen, welche das Holz durch Druck parallel zur Faser innerhalb seiner Elasticitätsgrenze erleidet und deren Messung zur Berechnung der Druck-Elasticitätscoëfficienten erforderlich ist, wurde der Spiegel-Apparat

System Prof. Martens verwendet. Dieser Apparat beruht auf dem Principe, die Tangente des doppelten Winkels zu messen, um welchen ein mit der Holzfaser verbundener Spiegel sich dreht, wenn der Probestab belastet wird und die Faser sich verkürzt.

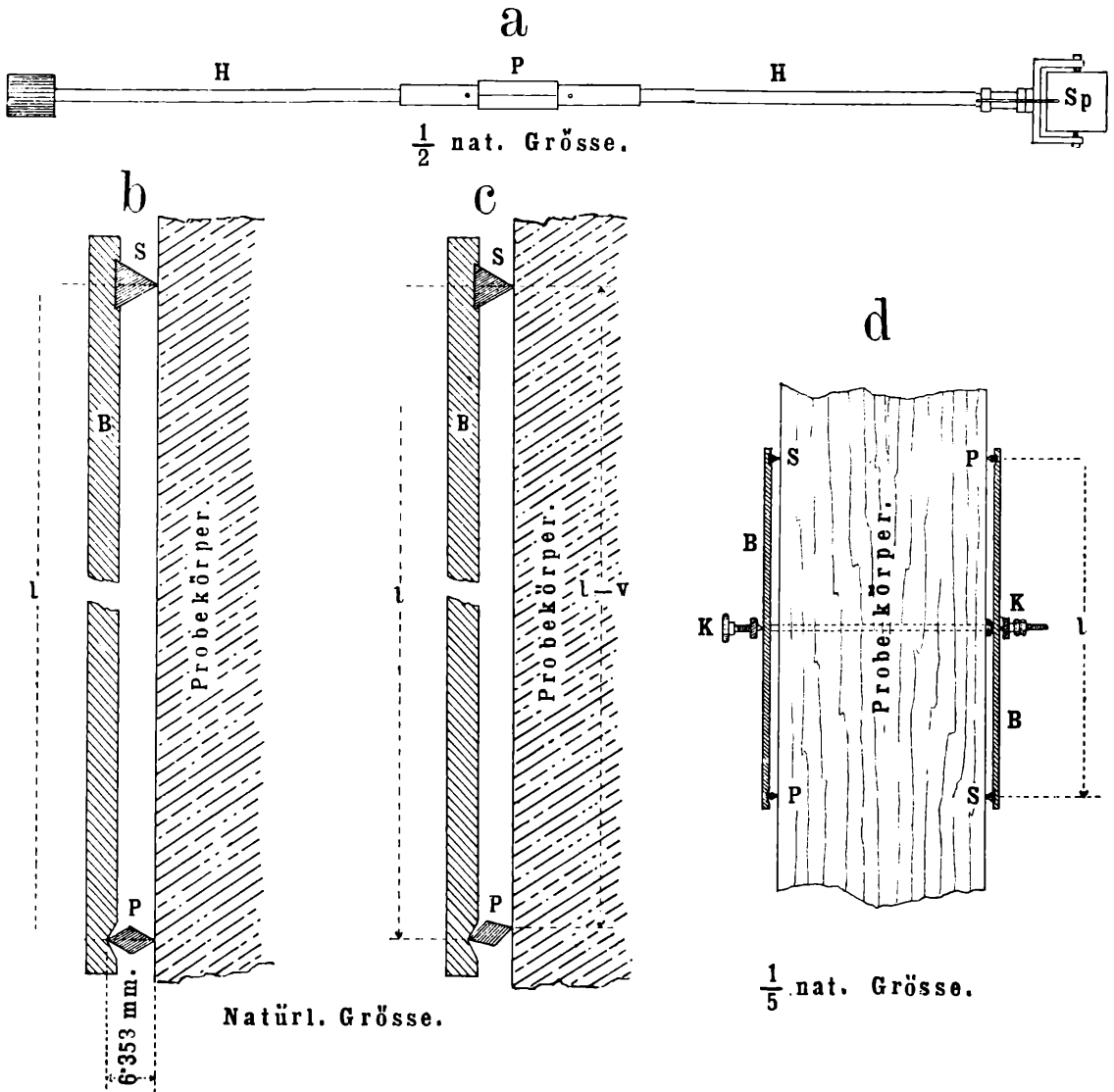


Fig. 9.

Der Apparat besteht aus zwei Schienen (Blattfedern) **B** (siehe vorstehende Fig. 9, sowie Tafel II), welche auf der einen Seite eine Schneide **S**, auf der anderen Seite eine Pfanne haben. Die Schneide **S** liegt direct auf dem Probekörper, die Pfanne dagegen drückt sanft auf die eine Schneide der Doppelschneide (Prisma) **P**, welche am Stiele **H** des Spiegelchens **Sp** angebracht ist. Die andere Kante der Doppelschneide liegt auf dem Probekörper. Das Spiegelchen ist sowohl um seine horizontale als seine verticale Axe drehbar am Stiele befestigt und kann in jede beliebige Richtung gebracht werden. Die beiden Blattfedern werden mit Hilfe einer Klemme **K** an zwei gegenüberliegenden Seiten des Probekörpers befestigt, so dass immer zwei Holzfaser zugleich beobachtet werden können. Die Entfernung **l** (Fig. 9 b, c und d) ist hiebei die Messlänge, auf welche sich die beobachteten Deformationen beziehen.

Den Spiegeln gegenüber werden in bestimmter Entfernung Messlatten und Ableserfernrohre (siehe Tafel II *a*) aufgestellt, um die Verschiebung des Scalenbildes im Spiegel, welche, wie oben erwähnt, durch die Drehung des letzteren hervorgerufen wird, scharf beobachten zu können. Die Drehung des Prismas (Doppelschneide) **P** und damit auch des Spiegelchens infolge der Verkürzung der Faser durch Druck versinnlicht Fig. 9 *c*; die Faser erscheint um *v* verkürzt.

Das Verhältnis *U* zwischen der linearen Verkürzung des Probekörpers und der Ablesung an der Scala ergibt sich annäherungsweise zu $U = \frac{r}{2R}$, wenn *r* die Breite der Doppelschneide **P** (bei den hier verwendeten Apparaten = 6·353 mm) und *R* den Abstand der Scalen von den Spiegelflächen bedeutet. Bei einem Uebersetzungsverhältnisse $U = \frac{1}{500}$ ist der Abstand der Scalen $R = \frac{r}{2U} = \frac{6·353 \times 500}{2} = 1·588 \text{ m}$.

Bei Anwendung dieses Scalenabstandes entspricht somit jeder Ablesungsdifferenz von $\frac{1}{10} \text{ mm}$, welche an der Scala noch leicht geschätzt werden kann, eine Längenänderung des Probekörpers um $\frac{1}{5000} \text{ mm}$. Das Mittel aus den Ablesungen beider Spiegel ergibt also die mittlere Deformation in $\frac{1}{5000} \text{ mm}$, die Summe derselben die Verkürzung in Zehntausendsteln eines Millimeters.

III. Durchführung der Versuche.

A. Druckversuche.

a) Festigkeitsuntersuchungen.

1. Vorgang bei der Druckprobe.

Die Druckversuche bezwecken die Erforschung entweder der Druck-(Bruch-)Festigkeit des Holzmaterialies allein, oder sie erstrecken sich auch auf die Untersuchung der Druck-Elasticität.

Vom praktischen Standpunkte der Bautechnik wäre unstreitig die Erforschung der letzteren Eigenschaft die wichtigere Aufgabe der Holzuntersuchungen, da ja die verwendeten Constructionsmaterialien niemals über die Elasticitätsgrenze hinaus in Anspruch genommen werden dürfen und eine Ueberschreitung der Cohäsionsgrenze bei der grossen Widerstandskraft des Holzes gegen Druck und dem für Holz üblichen grossen Sicherheitscoëfficienten in praxi wohl nicht leicht vorkommt.

Da nun aber die Durchführung der Versuche über Druckelasticität ungemein mühevoll und zeitraubend ist, so ist man bestrebt, die Elasticitätsuntersuchungen durch die einfachen, rasch und sicher durchführbaren, weniger Holzmaterial erheischenden Festigkeitsversuche zu ersetzen, indem man von der Voraussetzung ausgeht, dass zwischen diesen beiden Eigenschaften höchstwahrscheinlich eine gesetzmässige Beziehung besteht, welche einen sicheren Rückschluss von der einen auf die andere gestatten würde.

Der ausgeübte Druck kann nun entweder parallel zur Holzfaser oder er kann senkrecht zu derselben erfolgen. Praktische Bedeutung hat nur die Druckfestigkeit parallel der Faser, auf welche im Bau- und Constructionswesen Pfeiler, Piloten, Streben etc. in Anspruch genommen werden, während die Druckfestigkeit senkrecht zur Faser insoferne praktisch belanglos ist, als bei den geringen Dimensionen der Hölzer, welche auf diese Art beansprucht werden (Eisenbahnschwellen, Mauerbänke, Rostschwellen etc.), und bei der grossen Festigkeit des Holzes in dieser Richtung von einem Bruche des Materialies und daher einer Gefahr für das Bauwerk nicht die Rede sein kann.

Es sollen daher im Folgenden vorerst und hauptsächlich nur die Versuche über die Druckfestigkeit parallel zur Faser besprochen, jene über Druckfestigkeit senkrecht zur Faser nur kurz erwähnt werden.

Als Probekörper für die Druckversuche dienten, wie schon früher erwähnt, Würfel von verschiedener Kantenlänge und Platten von 2·5 cm Höhe; letztere waren ursprünglich wohl nur als Feuchtigkeitsproben gedacht, doch stellte sich in der Folge ihre vorzügliche Eignung als Druckproben heraus.

Bei der Druckprobe lag der Probekörper central und unmittelbar an den beiden Druckplatten, von denen die untere beweglich, die obere fix war, an.

Abgesehen von den der Druckprobe vorausgehenden Arbeiten der Ermittlung der Jahringdichte, der Messung des Probekörpers und der Wägung desselben nimmt der Druckversuch kaum eine halbe Minute in Anspruch. Die Bruchbelastung wurde auf Zehnteltonnen genau bestimmt, die Druckfestigkeit pro 1 cm^2 durch Division der Bruchbelastung durch die Quersfläche (Druckfläche) auf ganze Kilogramm genau berechnet.

Die Druckprobe erfolgte bei sämtlichen Würfeln (144) im lufttrockenen Zustande, welcher einem Feuchtigkeitsgehalte von circa 16% des absoluten Trockengewichtes entsprach. Sofort nach der Zertrümmerung eines Würfels wurde aus demselben in der früher geschilderten Weise die zur Feuchtigkeitsermittlung bestimmte Platte herausgearbeitet und selbe gewogen, ihre weitere Untersuchung aber bis nach Absolvierung sämtlicher Würfel verschoben. Nachdem die Würfel geprüft waren, wurden die Platten gemessen und neuerdings gewogen; je eine aus einer Scheibe, die Platte a_1 , wurde wiederum im lufttrockenen Zustande (jetzt nur mehr mit durchschnittlich 12.5% Feuchtigkeit) der Druckprobe unterworfen, während die von dem anderen Würfel herrührende Platte b_1 ohne vorherige Festigkeitserprobung behufs Bestimmung des Trockengewichtes einer circa viertägigen Trocknung bei 106° C . im Trockenkasten ausgesetzt wurde; gleichzeitig mit den Platten b_1 wurden auch die Platten a_1 diesem Trocknungsprocesse unterworfen. Von den so getrockneten Holzproben wurden nun die specifischen Trockengewichte bestimmt, wobei von der Messung der Höhe dieser Platten Umgang genommen werden konnte, nachdem Holz in der Faserrichtung so wenig schwindet, dass die geringe Länge von 2.5 cm als unverändert angesehen werden kann. Für die Platten b_1 ist die Bestimmung des specifischen Trockengewichtes auf diesem (stereometrischen) Wege einwandfrei; es konnte jedoch auch für die Platten a_1 , die ja doch durch die vorausgegangene Druckprobe deformirt worden waren, dieses Verfahren Anwendung finden; die Höhe des Probekörpers wird allerdings bei der Druckprobe merklich verkürzt; da dieselbe aber durch den Trocknungsprocess nicht verändert wird, so konnte hiefür, wie oben bemerkt, die im lufttrockenen Zustande gemessene Höhe als für den absolut trockenen Zustand geltend angenommen werden; andererseits ist die Querdilatation des Holzes beim Drucke, wie man sich durch genaue Messungen vor und nach der Druckprobe überzeugen kann, so gering, dass sie praktisch das Resultat im specifischen Gewichte nicht mehr beeinflusst, vorausgesetzt, dass der Druck nach erfolgtem Bruche des Probekörpers sofort abgestellt wird.

Die so berechneten specifischen Trockengewichte der Platten a_1 und b_1 wurden ohne weiters auch den Würfeln a beziehungsweise b , aus denen erstere entnommen waren, zugeschrieben; dagegen musste der Wassergehalt der Würfel im Momente der Druckprobe mit Hilfe jener Zwischenwägung berechnet werden, welche an den Platten a_1 und b_1 sofort nach deren Entnahme aus den Würfeln vorgenommen worden war.

Die absolut trockene, noch intacte Platte b_1 bot schliesslich auch die erwünschte Gelegenheit, den Holzkörper in diesem völlig wasserfreien Zustande auf seine Druckfestigkeit zu untersuchen; es zeigte sich hiebei, entgegen den Ansichten der Forscher Duhamel, Chevandier und Wertheim, Nördlinger u. A., dass „allzugrosse Trockenheit“ der Festigkeit nicht nur keinen Eintrag thut, sondern dieselbe, wenigstens die Druckfestigkeit, ganz bedeutend erhöht.

Es ist bekannt, welch' störenden Einfluss die Astigkeit auf die Festigkeit des Holzes ausübt und welche Unsicherheit in den Endresultaten durch das Einbeziehen derartiger an fehlerhaften Proben gewonnener Versuchsergebnisse hervorgerufen wird.

Es ist daher gerechtfertigt, wenn wir die astigen Probekörper, wie es auch Professor Rudeloff*) und Prof. Dr. Schwappach**) gethan, von der Mittelbildung ausscheiden; andererseits müssen wir aber Tetmajer***) beipflichten, wenn er sagt, dass astfreies Holz ein frommer Wunsch des Baugewerbes sei: mit astigem Holze werden wir immer zu rechnen haben. Es empfiehlt sich daher, die Schlussfolgerungen und Festigkeitsangaben nur aus dem astreinen Holzmaterial abzuleiten, nebenbei aber durch parallel laufende Untersuchungen an astigen Holzproben derselben Provenienz den Procentsatz festzustellen, um welchen bei der Verwendung astigen Materials die für fehlerfreies Holz geltenden Festigkeitsangaben zu vermindern wären. Dieser Vorgang wurde bei der Durchführung der Druckversuche auch eingehalten. Wenngleich von Haus aus auf die Erwerbung astreinen Holzes bei der Auswahl der Stämme, durch theilweises Ausweichen beim Abschnitt der Scheiben vom Stamme und bei der Entnahme der zwei diametralen Probekörper aus der Scheibe das Augenmerk gelenkt wurde, so resultirte doch noch eine grössere Anzahl astiger Würfel, welche einen Schluss auf das Verhalten astigen Holzes bezüglich des specifischen Gewichtes und der Druckfestigkeit zulassen. Dagegen sind die plattenförmigen Probekörper sämmtlich astfrei, da auch der astigste Würfel immer noch die Entnahme einer astfreien Platte von 2.5 cm Höhe gestattet.

2. Brucherscheinungen bei Inanspruchnahme durch Druck parallel zur Faser.

Ist die Maximalbelastung, welche der Holzkörper in der Richtung der Fasern zu tragen vermag, erreicht und die Cohäsionsgrenze des Holzmaterialies überschritten, so tritt der Bruch ein.

Derselbe wird in jedem Falle durch das Nachlassen des Widerstandes im Holze, — gekennzeichnet durch das Sinken der Quecksilbersäule im Manometer der Prüfungsmaschine, — angezeigt, wenn auch der Probekörper selbst bisweilen äusserlich noch keine Spur eines Bruches zeigt.

In der Regel äussert sich der Bruch durch das Auftreten von feinen, weisslichen, verschiedenen verzweigten Linien, welche von einem Zusammenschieben der Fasern und einer wulstartigen Ausbauchung derselben herrühren, auf den freien Seiten des Probekörpers. Dieses Anfangsstadium eines Bruches zeigt der Würfel 7 auf Tafel IV. Wirkt der Druck nach bereits erfolgtem Bruche fort, so tritt die Zusammenschiebung der Fasern und die wulstartige Erhöhung auf den Seitenflächen immer stärker hervor und es treten jene charakteristischen Brucherscheinungen auf, wie sie die Figuren 2, 3, 4 und 5 der Tafel IV darstellen.

Beim Prisma 2 wird der über der Bruchstelle gelegene Theil parallel zur Axe abgeschoben und aufgespalten, beim Würfel 3 und der Platte 4 drehen sich die beiden Bruchhälften um einander; Würfel 5 spaltet sich an dem eingewachsenen Hornaste auf, wobei ein keilförmiger Holzkörper seitlich herausgepresst wird.

Immer beginnt der Bruch an einer geschwächten Stelle des Holzkörpers, sei es nun bei einem Aste, einer Harzgalle, einer vernarbten Wunde oder sonst einer Fehlerstelle. Bei ganz fehlerfreien Probestücken tritt die Brucherscheinung in der Weise auf, dass die Kanten der unmittelbar gedrückten Flächen nach einer Seite ausweichen, sich stauchen: es sind hier eben die Druckflächen, an denen die Fasern durch den Schnitt zerrissen wurden, die einzigen geschwächten Stellen, wo der Bruch einzusetzen vermag. (Siehe Platte 6 und Würfel 9 der Tafel IV.) In der Regel tritt der Bruch des Probekörpers nur an einer Stelle auf und verbreitet sich von hier aus in einer mehr oder weniger zur Faserrichtung geneigten Fläche quer

*) Literatur-Verzeichnis Nr. 9.

**) Literatur-Verzeichnis Nr. 12.

***) Literatur-Verzeichnis Nr. 10.

über den ganzen Probekörper; es kommt aber auch vor, dass der Probekörper gleichzeitig an zwei oder mehreren von einander räumlich getrennten Stellen bricht, wie Prisma 1 und Würfel 8 der Tafel IV illustriren.

Die Querdilatation, d. i. die seitliche Ausdehnung des Probekörpers infolge der Zusammenpressung in der Druckrichtung, ist im Momente des Bruches minimal und beschränkt sich auf die direct vom Bruche betroffenen Partien, wächst aber bei längerer Druckwirkung rasch. Grösser treten die Längenänderungen in der Richtung des Druckes, also die Verkürzungen in der Faserrichtung, auf; beispielsweise betrug dieselbe bei Würfel 7 (Tafel IV) im Augenblicke des Bruches 1·5 mm, während sie nach länger andauernder Druckwirkung bei Würfel 9 5·5 mm, bei Prisma 2 8·4 mm und bei Würfel 5 schon 13·1 mm erreicht.

Auf diese Weise lässt sich, um ein concretes Beispiel anzuführen, mit einer Druckkraft von 100 Tonnen ein Holzwürfel von 9 cm Kantenlänge in der Richtung der Fasern auf 2 cm comprimiren, wobei natürlich die Fasern der Aussenflächen nach aussen ausweichen und der Probekörper vollkommen deformirt wird. Der mittlere, nicht zerfaserte Theil zeigte ein specifisches Gewicht von 1·15 (gegen 0·42 des ursprünglichen Probekörpers) und eine Quetschfestigkeit von 1200 kg pro 1 cm²; bei der Bearbeitung erinnert dieses so comprimirte weiche Holz in vieler Beziehung an die harten Laubhölzer.

Der Bruch selbst erfolgt geräuschlos; nur wenn der Holzkörper stärkere Hornäste enthält, erfolgt er unter Knistern, wobei sich die weichen, den Hornast umschliessenden Partien von demselben lösen und sich aufspalten.

Die Erscheinungen des Bruches, nämlich das Zusammenschieben und Knicken der Fasern, sind aber nicht nur äusserlich an den freien Bewegungsflächen des Probekörpers erkennbar, sondern lassen sich auch im Innern desselben verfolgen; hier zeigen die Fasern, da sie ja nicht seitwärts ausweichen können wie am äusseren Umfange, nur eine Knickung, mit freiem Auge als feine vielfach verzweigte weisse Linien erkennbar. Fig. 10 der Tafel IV zeigt die äussere Ansicht eines gebrochenen Würfels, während Fig. 11 einen Längsschnitt durch denselben Würfel darstellt. Einen Querschnitt senkrecht zur Faserrichtung durch einen anderen gebrochenen Würfel macht Fig. 12 ersichtlich: die weissen Zeichnungen sind die in ihrem Zusammenhange gestörten, geknickten Fasern. Verfolgt man die einzelnen Phasen einer Druckprobe genauer, wie es das durch den Registrir-Apparat aufgenommene Diagramm gestattet, so zeigt es sich, dass die Deformation (Verkürzung) des Probekörpers bis nahe zur Bruchgrenze proportional fortschreitet: das Diagramm ist eine gerade Linie. Nur kurz vor dem Bruche ist die Deformation stärker, wodurch eine scharfe Curve entsteht. (Siehe das Diagramm beim Drucke parallel zur Faser auf der linken Seite der Textfigur 10, Seite 34.) Noch empfindlicher als der Schreibstift des Registrir-Apparates zeigt das Steigen oder Fallen der Quecksilbersäule im Manometer das Verhalten der Holzprobe unter der Druckwirkung der Maschine an; man beobachtet an derselben ein constantes, gleichmässiges Steigen bis kurz vor dem Bruche; noch ehe letzterer erreicht ist, tritt ein Moment der Ruhe und ein geringes Zurückgehen der Quecksilbersäule ein. Unterbricht man nun in dieser Etape die Druckwirkung, so kann man einen und denselben Probekörper mehrmals der Druckprobe unterwerfen und wird trotzdem Festigkeitszahlen erhalten, welche von den durch factischen Bruch erzielten nicht namhaft abweichen.

Von dieser Eigenthümlichkeit der Holzproben wurde bei dem später zu besprechenden Versuche über die Abhängigkeit des Quotienten aus Druckfestigkeit und specifischem Gewichte von dem Wassergehalte des Holzes Gebrauch gemacht und für einen und denselben Probekörper bei successive steigender Austrocknung stets wachsende Druckfestigkeit nachgewiesen.

Es scheint daher mit der Wasserverdunstung der Holzfasern eine Regenerirung, ein Geradestrecken der gedrückten Fasern verbunden zu sein. Ist aber die Maximalspannung des Probekörpers überschritten und der Bruch erfolgt, so vermag das Holz bei weitem nicht mehr jene Belastung zu tragen, welche es im Momente des Bruches getragen: Die Druckfestigkeit vermindert sich um etwa $\frac{1}{5}$ derjenigen beim Bruche und hält sich bei fortdauernder Druckwirkung längere Zeit auf dieser Höhe. Erst wenn die Compression des Holzes so weit vorgeschritten ist, dass dasselbe etwa das Doppelte seines ursprünglichen specifischen Gewichtes erreicht hat (bei 0.80 spec. Gewichte), erst dann beginnt der Widerstand des Holzkörpers gegen Druck wieder zu steigen und stetig zu wachsen, bis der Versuch durch die beschränkte Kraftentwicklung der Festigkeits-Maschine sein Ende findet.*)

Eigenthümlich ist der Umstand, dass die Druckprobe nach erfolgtem Bruche nicht mehr ihre im Augenblicke des Bruches geleistete Widerstandskraft zu entwickeln vermag, so lange der gebrochene Probekörper als solcher dem Drucke unterworfen wird; entnimmt man jedoch diesem Probekörper eine Partie, welche von dem Bruche nicht betroffen wurde, so zeigt dieser Theil wiederum jene Bruchfestigkeit, wie sie der ursprüngliche Probekörper besessen hatte, meist sogar noch eine Steigerung desselben. Der Grund hievon liegt darin, dass durch die erste Inanspruchnahme bis zum Bruche die schwächsten Stellen der Holzfasern getroffen werden, und die widerstandsfähigsten Theile unverletzt bleiben. Auf dieser Eigenschaft des Holzes gründet sich bei den gegenständlichen Untersuchungen die Verwendung der den bereits zertrümmerten Würfeln entnommenen Platten als selbstständiger Druckproben.

Für die Entstehungsweise des Bruches folgt aus dem soeben Gesagten, dass im Anfange der Druckwirkung zwar die Gesamtheit der gedrückten Fasern einer Knickung respective einer Abscherung untereinander, entgegenwirkt, dann aber, wenn das Probestück an einer Stelle nachgegeben hat, die gesammte Druckkraft zur Erweiterung der localen Bruchstelle consumirt wird.

Es wurde bereits hervorgehoben, dass bei der Entstehung des Bruches die Holzfasern auf den freien Bewegungsflächen nach aussen ausweichen; doch scheint diese Dilatation beim Holze nicht die alleinige Ursache des Bruches zu sein, wie aus folgendem Versuche hervorgeht. Wenn man auf die Hirnfläche eines Holzkörpers einen Eisenstempel (Eisenwürfel) von geringerer Querfläche, als sie die Holzprobe besitzt, aufsetzt und zwischen den Druckplatten der Festigkeits-Maschine in das Holz eindrückt, so kann man dieselben Brucherscheinungen wie bei der gewöhnlichen Druckprobe beobachten. (Vergleiche Seite 66 dieser Abhandlung.) Es ist hier also ein Bruch zu constatiren, obgleich ein seitliches Ausweichen des Holzes unmöglich ist, da der vom Eisenstempel zusammengedrückte und gebrochene Holzkörper seitlich in einem fixen, durch das ringsum stehen bleibende Holz gebildeten Rahmen eingeschlossen bleibt.

Interessant ist die gierige Wasseraufnahme und grosse Quellungs-Fähigkeit, welche ein parallel zur Faser gedrückter Holzkörper, u. zw. nur die Frühjahrs-Holzschicht, auf den Druckflächen zeigt.**) Auch die direct vom Bruche betroffenen Partien im Innern der Probestücke zeigen auf der Querschnittsfläche diese Eigenschaft; es rührt dies her von dem Bestreben

*) Streng genommen müsste bei fortgesetztem Drucke schliesslich ein Holzkörper resultiren, der lückenlos nur mehr aus Holzfasern besteht und dessen specifisches Gewicht jenem der reinen Cellulose, also circa 1.54, gleichkommen müsste, wie dies in neuester Zeit Professor Martens durch Zusammenpressen des Holzes in eisernen Hohlzylindern nachzuweisen gelungen ist. (Martens, Handbuch der Materialkunde 1898.)

**) Befeuchtet man die einem starken Drucke ausgesetzt gewesenen Hirnholzflächen mit Wasser, so treten die benetzten Partien momentan erhaben heraus; auf diese Weise kann man auf der glatt gehobelten Fläche beliebige Schriftzeichen erhaben hervortreten lassen. Eine ähnliche Erscheinung erwähnt schon Nördlinger in seinem Werke „Die technischen Eigenschaften der Hölzer“, Seite 342; er sagt: „Bekannt sind auch die hölzernen erhabenen Buchstaben, die auf Hirnholz vertieft eingeschlagen werden, nachdem man aber die Fläche abgehobelt und hierauf genetzt hat, quellen und erhaben hervortreten“.

der durch den Druck in der Längsrichtung comprimierten, geknickten und gefalteten Holzzellen, durch Wasseraufsaugung in die Zellwände sich wieder gerade zu strecken. Mit wasserfreiem Alkohol, Benzol etc. lässt sich diese Erscheinung nicht hervorrufen.

Eine Beziehung zwischen der Beschaffenheit des Bruches und der Druckfestigkeit, wie eine solche z. B. bei den Biegungsproben zu beobachten ist, ist bei der Druckprobe nicht zu constatiren.

Druck senkrecht zur Holzfaser.

An dieser Stelle möge noch der wenigen Druckversuche gedacht werden, welche nicht so sehr wegen ihrer praktischen Bedeutung als aus theoretischem Interesse an Holzproben in der Art durchgeführt wurden, dass der Druck senkrecht zur Faser wirkte.

Vor allem ist bei dieser Druckwirkung hervorzuheben, dass ein eigentlicher Bruch des Holzes nicht eintritt und daher auch von einer bestimmten Druckfestigkeit (Bruchmodul) des Holzes nicht die Rede sein kann.

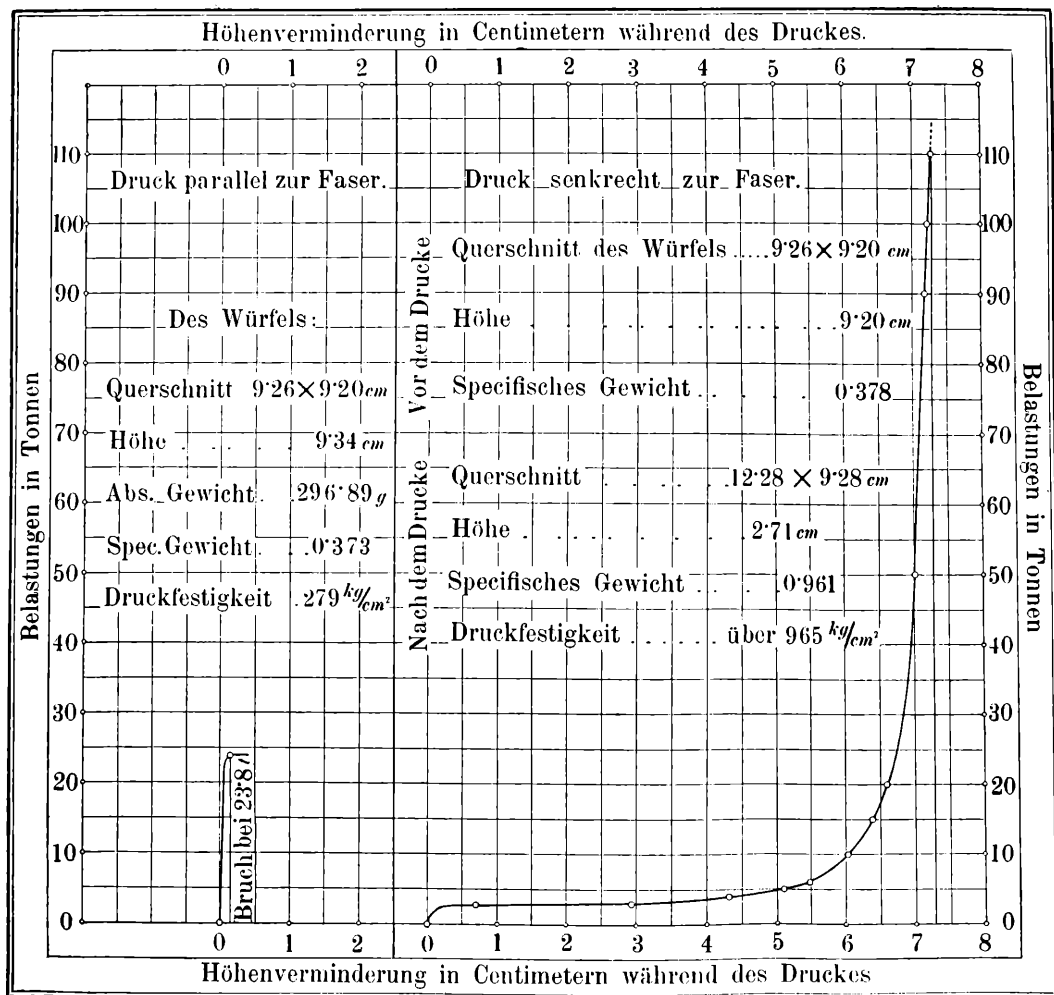


Fig. 10.

Diagramme

über die Druckfestigkeit eines zuerst parallel, sodann senkrecht zur Faser gedrückten Würfels.

Anfangs setzt das Holz einem Drucke senkrecht zur Faser einen geringen Widerstand entgegen, wird aber hierbei umso stärker comprimirt; nach Ueberschreitung eines bestimmten Grades der Zusammendrückung hingegen steigt dieser innere Widerstand im Holze rapid, die Grösse der Deformation jedoch nur sehr langsam. Ein Zerbrechen oder ein Zermahlen konnte mit den angewandten Druckkräften nicht erzielt werden.

Fig. 10 zeigt zum Vergleiche die Schaulinien für die Inanspruchnahme des Holzes auf Druck parallel und senkrecht zur Faser.

Der betreffende Probekörper, ein Würfel aus dem Probestamme Nr. 3, hatte ursprünglich die Dimensionen, wie sie in Fig. 10 angegeben erscheinen: 9.26×9.20 cm Quersfläche und 9.34 cm in der Höhe (Faserrichtung); sein spezifisches Gewicht betrug 0.373; parallel zur Faser zeigte er eine Druckfestigkeit von 279 kg/cm^2 , wobei sich seine Höhenverminderung auf 1.4 mm belief.

Nun wurde dieser Probekörper so zwischen die Druckplatten der Festigkeitsmaschine gelegt, dass der Druck senkrecht zur Faserrichtung wirkte, die Druckflächen also 9.26×9.20 cm, und die Höhendimension in der Druckrichtung 9.20 cm mass; sein spezifisches Gewicht hatte sich infolge der stattgehabten Comprimirung auf 0.378 erhöht. Das Diagramm wurde auf zweierlei Weise erhalten, einmal auf automatischem Wege mittelst des Registrirapparates der Maschine, gleichzeitig aber auch durch sehr genaue Messungen der Höhendimensionen des Probekörpers zwischen den Druckplatten bei den Druckbelastungen von 2.5, 3, 4, 5, 6, 10, 15, 20, 50, 90, 100 und 110 Tonnen. Dieses so gewonnene Diagramm zeigt die rechte Seite der Fig 10; es sagt uns, dass der Widerstand des senkrecht zur Faser gedrückten Holzwürfels anfangs bis zu etwa 2 t rasch ansteigt, dann aber, wie schon oben angedeutet, bis etwa zur Belastung von 5 t gleichmässig, und zwar bei starker Deformation des Probekörpers sehr langsam steigt; bei dieser Belastung beträgt die Verkürzung des Probestückes in der Druckrichtung bereits 5 cm.

Von hier ab wächst die Widerstandskraft des Holzes rascher als die Deformation, es entsteht eine nach unten convexe Curve, welche wiederum (von etwa 20 t Belastung ab) in eine Gerade übergeht, die wegen der nur mehr geringen Deformation, und der desto grösseren Widerstandskraft des Holzes fast um 90° von der Richtung des Anfangsastes der Schaulinie verschieden ist. Bei 110 t Druckkraft, das ist also einer Belastung von 965 kg auf 1 Quadratcentimeter, zeigt der Probekörper nur mehr eine Höhendimension in der Druckrichtung von 1.92 cm, seine Höhenverminderung beträgt also 7.28 cm; sein spezifisches Gewicht würde in diesem Zustande circa 1.35 betragen haben. Letzteres ist deswegen nicht genau zu eruiren, weil der Holzkörper nach Aufhören des Druckes sich sofort wieder etwas ausdehnt.

Die Zahlenansätze bei Fig. 10 „nach dem Drucke“ beziehen sich auf den Probekörper nach seiner Entlastung; sein spezifisches Gewicht ist auf 0.961 zurückgegangen.

Es zeigt sich auch hier, dass das Holz selbst durch die stärksten Spannungen in der Richtung der Fasern kaum merklich verlängert werden kann; nach dem Drucke senkrecht zur Faser hat sich der Probekörper zwar um 0.08 cm gestreckt, aber seine ursprüngliche Länge von 9.34 cm doch nicht wieder erreicht.

Dieses senkrecht zur Faser comprimirt Holz hat die Eigenthümlichkeit, dass es in der Richtung der Zusammendrückung sehr „elastisch“ ist, letztere Eigenschaft im Sinne des gewöhnlichen Sprachgebrauches verstanden: es lässt sich leicht zusammendrücken, kehrt aber nach Aufhören des Druckes wieder in seine frühere Lage zurück. Durch Wasseraufsaugung dehnt sich das auf diese Weise zusammengedrückte Holz fast zu seinem ursprünglichen Volumen wieder aus.

Tafel VII enthält in Fig. 1 den Naturselbstdruck vom Querschnitte des betreffenden Würfels vor dem Drucke, in Fig. 2 nach dem Drucke senkrecht zur Faser.

3. Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Factoren auf das spezifische Gewicht und die Druckfestigkeit des Holzes.

a) Einfluss der Querschnittsform auf die Druckfestigkeit.

Um sich darüber klar zu werden, ob die Form des Querschnittes (Rechteck oder Quadrat) auf die Druckfestigkeit des Holzes einen Einfluss ausübt, wie dies bei der Biegezugfestigkeit der Fall ist, wurden von einem Probekörper mit quadratischem Querschnitte nebeneinander, und zwar senkrecht zur Faserrichtung zwei Platten mit je circa 12·6 cm Seitenlänge und 1·4 cm Höhe entnommen, und jede dieser Platten in der Art weiter zerlegt, wie die nebenstehende Fig. 11 anzeigt; die so entstandenen Theilkörper wurden einzeln auf ihre physikalischen Eigenschaften und ihre Druckfestigkeit untersucht.

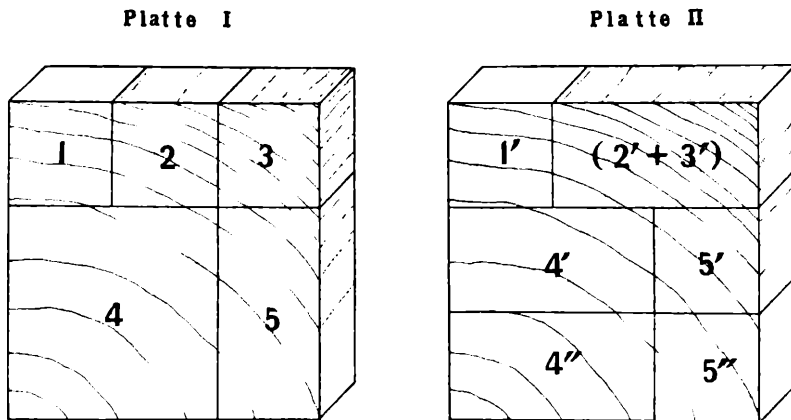


Fig. 11.

(Platten aufrechtstehend gezeichnet.)

Die bezüglichlichen Untersuchungsergebnisse enthält die nachfolgende Tabelle A auf Seite 38 und 39.

Aus dieser Tabelle erhellt vor Allem die Thatsache, welche übrigens schon gelegentlich der Besprechung über die Schwankungen des spezifischen Gewichtes und des Wassergehaltes Seite 23 constatirt wurde, dass Feuchtigkeitsgehalt und spezifisches Gewicht im Querschnitte eines und desselben Probekörpers, soferne er einen Baumquerschnitt vom Kerne bis zum Splinte umfasst, stark differiren. Da nun aber, wie später ausführlich dargelegt wird, sowohl das spezifische Gewicht als auch die Druckfestigkeit von dem Feuchtigkeitsgehalte des Probekörpers abhängig sind, so müssen diese Angaben bei einem vergleichenden Versuche vorerst auf eine einheitliche Basis gestellt, das ist also auf einen bestimmten Feuchtigkeitsgrad umgerechnet werden. Hierzu wurde für die gegenständlichen Untersuchungen ein Wassergehalt von 15% des absoluten Trockengewichtes gewählt. Die zu dieser Reduction verwendeten Formeln, mit welchen die Ansätze in Colonne 18 und 19 der Tabelle A umgerechnet wurden, und deren Ableitung im Capitel über die Abhängigkeit des spezifischen Gewichtes und der Druckfestigkeit von dem Feuchtigkeitsgehalte gegeben wird, lauten:

1. für das spezifische Gewicht

$$s_{15} = s_{\varphi} - 0.2 \cdot \varphi + 3;$$

2. für die Druckfestigkeit

$$\beta_{15} = \beta_{\varphi} + 18 \cdot \varphi - 270,$$

wobei s_{15} das spezifische Gewicht, β_{15} die Druckfestigkeit für den Feuchtigkeitsgehalt von 15%, s_{φ} und β_{φ} das spezifische Gewicht, beziehungsweise die Druckfestigkeit im Momente der Festig-

keitsprobe, also beim Wassergehalte von $\varphi\%$ bedeuten; hiebei ist s mit dem hundertfachen Werthe, β in Kilogramm pro 1 Quadratcentimeter ausgedrückt.

Vergleicht man nun die Theilprobekörper der Platte I mit den correspondirenden der Platte II nach Anhalt der nebenstehenden auszugsweisen Wiedergabe der wichtigsten Ziffern,

	Quadratische Platte I 1	Quadratische Platte II 1'	Quadratische Platten I 2 u. 3 Mittel	Rechteckige Platte II (2' + 3')	Quadratische Platte I 4	Rechteckige Platten II 4' u. 4'' Mittel	Rechteckige Platte I 5	Quadratische Platten II 5' u. 5'' Mittel
s_0	37.2	37.7	36.35	36.9	31.0	33.35	36.4	34.35
s_{15}	40.1	41.4	39.05	39.7	33.8	36.4	39.2	37.1
β_{15}	422	461	378	367	333	327.5	450	388.5

so scheint es, dass die quadratische Querschnittsform einer grösseren Druckfestigkeit entspricht als die rechteckige. (Quadratische Platten I 2 und 3 mit 378 kg/cm^2 gegenüber der rechteckigen Platte II (2' + 3') mit 367 kg/cm^2 , und quadratische Platte I 4 mit 333 kg/cm^2 gegenüber den rechteckigen Platten II 4' und 4'' mit 327.5 kg/cm^2). Aber auch der umgekehrte Fall ist zu constatiren: Rechteckige Platte I 5 mit 450 kg/cm^2 gegenüber den quadratischen Platten II 5' und 5'' mit 388.5 kg/cm^2 , was vielleicht zum Theile dem grösseren specifischen Gewichte des ersteren Probestückes I 5 zuzuschreiben ist.

Auch die Mittelbildungen der Tabelle A deuten darauf hin, dass die quadratische Druckfläche sich zur Druckfestigkeit günstiger verhält als die rechteckige: Platte I mit nur einem einzigen Theilstücke von rechteckigem Querschnitte zeigt eine höhere Druckfestigkeit als Platte II, welche deren drei besitzt, trotzdem letztere Platte im „Flächenmittel“ (proportional zur Flächengrösse berechnete Mittelwerthe) ein grösseres specifisches Gewicht aufweist wie Platte I.

Einen guten Anhaltspunkt für die Beurtheilung der relativen Holzgüte vom bautechnischen Standpunkte aus bietet uns der Quotient aus Druckfestigkeit und specifischem Gewichte ($\frac{\beta}{s}$), durch welchen gleichzeitig auch der Einfluss eliminirt wird, den die Verschiedenheit des specifischen Gewichtes auf die Druckfestigkeit ausübt. Wir bezeichnen jenes Holz als das bessere, welches bei gleichem specifischen Gewichte eine grössere Druckfestigkeit, und bei gleicher Druckfestigkeit ein geringeres specifisches Gewicht besitzt; diesem Qualitätsmassstabe entspricht der Ausdruck $\frac{\beta}{s}$, der „relative Qualitätsquotient“, wie wir ihn nennen wollen. Selbstverständlich ist, dass sowohl β als s sich auf einen bestimmten Feuchtigkeitsgrad, am besten auf 15% des absoluten Trockengewichtes, beziehen müssen; β und s kann jedoch auch die Druckfestigkeit, beziehungsweise das specifische Gewicht im absolut trockenen Zustande (β_0 respective s_0) bedeuten. Wenden wir den Qualitätsquotienten auf unseren Fall an, so ist

$$\text{für Platte I } \frac{\beta_{15}}{s_0} = 11.1, \frac{\beta_{15}}{s_{15}} = 10.2$$

$$\text{für Platte II } \frac{\beta_{15}}{s_0} = 10.4, \frac{\beta_{15}}{s_{15}} = 9.6,$$

was den oben gezogenen Schlussfolgerungen entsprechen würde.

Zu einem abschliessenden Urtheile über die in Frage stehende Abhängigkeit der Druckfestigkeit von der Querschnittsform der Druckfläche berechtigt der vorliegende Versuch nicht.

Unter-

über den Einfluss der Querschnittsform

Tabelle A.

Bezeichnung der Platte	Dimensionen und Gewicht der Platten									Spezifisches Gewicht für den lufttrockenen Zustand = s_p	Spezifisches Trockengewicht = s_0	Bruchbelastung für den lufttrockenen Zustand	
	im lufttrockenen Zustande					im absolut trockenen Zustande							
	Länge	Breite	Höhe	Querschnittsfläche	absolutes Gewicht	Länge	Breite	Querschnittsfläche	absolutes Gewicht				
													Millimeter
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	100fach	t		
1	39·0	40·0	14·0	15·6	8·6	37·6	39·3	14·8	7·7	39·4	37·2	7·5	
1'	39·0	39·1	13·8	15·2	8·6	37·8	38·5	14·6	7·6	41·0	37·7	7·5	
2	39·4	38·4	13·6	15·1	7·9	38·8	37·2	14·4	7·2	38·5	36·8	7·3	
3	39·9	48·7	13·7	19·4	10·0	39·0	47·4	18·5	9·1	37·6	35·9	8·9	
(2' + 3')	39·0	87·8	13·9	34·2	18·4	38·2	85·4	32·6	16·7	38·7	36·9	15·5	
4	87·5	88·0	14·6	77·0	37·1	85·7	86·5	74·1	33·5	33·0	31·0	31·5	
4'	43·5	89·2	13·7	38·8	17·8	42·8	87·4	37·4	16·2	33·5	31·6	15·2	
4''	41·0	88·5	13·7	36·2	18·5	40·6	86·0	34·9	16·8	37·3	35·1	16·0	
5	87·3	37·9	13·7	33·1	17·4	85·0	37·0	31·5	15·7	38·4	36·4	17·4	
5'	41·7	38·0	14·0	15·8	8·4	40·7	37·0	15·1	7·6	38·0	36·0	7·5	
5''	38·0	43·0	14·8	16·3	8·3	37·3	41·6	15·5	7·5	34·4	32·7	7·5	
Im Mittel {	Platten I (1 + 2 + 3 + 4 + 5)										37·4	35·4	
											35·8	33·9	
	Platten II (1' + (2' + 3') + 4' + 4'' + 5' + 5'')										37·1	35·0	
											36·8	34·7	

suchung

auf die Druckfestigkeit von Holzplatten.

Druckfestigkeit für den luft-trockenen Zustand = β_2	Wassergehalt in Procenten des absoluten Trockengewichts = φ %	Flächenschwindungsprocent für den lufttrockenen Zustand	Flächenschwindung pro 1 % Feuchtigkeitsverlust	Specificches Gewicht für den Wassergehalt von 15 % = s_{15}	Druckfestigkeit für den Wassergehalt von 15 % = β_{15}	Quotient aus Druckfestigkeit und spezifischem Trockengewichte $\frac{\beta_{15}}{\beta_2} = s_0$	Quotient aus Druckfestigkeit und spezifischem Lufttrockengewichte $\frac{\beta_{15}}{\beta_2} = s_{15}$	Bemerkungen
kg/cm ²	%	%	%	100fach	kg/cm ²			
14	15	16	17	18	19	20	21	22
481	11·7	5·4	0·46	40·1	422	11·3	10·5	Die Reduction des specifischen Gewichtes auf den Wassergehalt von $\varphi = 15\%$ erfolgte in Colonne 18 nach Formel: $s_{15} = s_{\varphi} - 0·2 \cdot \varphi + 3.$ jene der Druckfestigkeit für $\varphi = 15\%$ in Colonne 19 nach Formel: $\beta_{15} = \beta_{\varphi} + 18 \cdot \varphi - 270$
493	13·2	4·1	0·31	41·4	461	12·2	11·1	
483	9·7	4·9	0·51	39·5	388	10·5	9·8	
459	9·9	4·9	0·51	38·6	368	10·3	9·5	
453	10·2	4·9	0·48	39·7	367	9·9	9·2	
409	10·8	3·9	0·36	33·8	333	10·7	9·9	
392	9·9	3·7	0·37	34·5	301	9·8	8·7	
442	10·1	3·7	0·37	38·3	354	10·1	9·2	
526	10·8	5·1	0·47	39·2	450	12·4	11·5	
475	10·5	4·6	0·44	38·9	394	10·9	10·1	
460	10·7	5·2	0·49	35·3	383	11·7	10·9	
471	10·6	4·8	0·46	38·2	392	11·0	10·2	Arithmetische Mittel.
453	10·7			36·7	375	11·1	10·2	
452	10·8	4·4	0·41	38·0	377	10·8	9·9	Arithmetische Mittel.
442	10·5			37·7	361	10·4	9·6	

b) Einfluss der Grösse des Probekörpers — beziehungsweise der Druckfläche — auf die Druckfestigkeit.

Zu diesem Versuche wurden zehn Abschnitte von den Reststücken der Biegeproben verwendet und dieselben nach Massgabe nebenstehender Fig. 12 weiter zerlegt. W bedeutet einen Würfel von durchschnittlich 10 cm Kantenlänge, P_α und P_β sind plattenförmige Holzproben mit dem vollen Querschnitte des Würfels W und einer Höhe von 3 cm. Die dritte direct an P_β anliegende Platte wurde durch zwei Schnitte in vier gleich grosse Platten P_1 , P_2 , P_3 und P_4 zerlegt, die also eine Druckfläche von circa 5×5 cm und eine Höhe von 3 cm haben, mithin der Würfelform sich nähern.

Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle B auf Seite 41 42 und 43 niedergelegt.

Die Durchführung des Versuches, sowie die Anordnung der Tabelle bedürfen nach dem Vorausgegangenen keiner weiteren Erläuterung.

Die Reduction des specifischen Gewichtes und der Druckfestigkeit auf den Normalfeuchtigkeitsgehalt von 15% erfolgte in Colonne 11 beziehungsweise 12 nach den schon im vorigen Abschnitte angegebenen Formeln. Das specifische Trockengewicht (s_0) wurde für die Würfel W nicht direct durch Messungen, sondern mit Hilfe der in einem späteren Capitel abzuleitenden Grundformel: $s_\varphi - s_0 = 0.2 \cdot \varphi$ berechnet.

Sehen wir von den vielfach schwankenden Untersuchungsergebnissen der einzelnen Probekörper ab und fassen wir nur die Ziffern des Gesamtmittels in's Auge, so bemerken wir in erster Linie, trotzdem alle Probestücke im sogenannten „lufttrockenen“ Zustande und innerhalb eines kurzen Zeitabschnittes geprüft wurden, ein Fallen des Feuchtigkeitsgehaltes der einzelnen Probekörperkategorien vom grössten zum kleinsten, — von 13.1% beim Würfel W zu 12.9% bei den Platten P_α und P_β bis 11.6% bei den Plattentheilen P_1 bis P_4 . Dieser Umstand ist durch die verhältnismässig grössere Verdunstung der kleinen Probestücke gegenüber den grösseren hervorgerufen und leuchtet sofort ein, wenn man berücksichtigt, dass die verdunstenden Oberflächen der drei Probekörperkategorien

W P_α, P_β P_{1-4} sich verhalten wie

100 53.33 18.33, während ihre bezüglichen Volumina in dem Verhältnisse von

100 30 7.5 stehen. Diese Thatsache ist auch fast ausnahmslos bei den Probekörpern im Einzelnen zu beobachten. Dagegen ist das scheinbar gesetzmässige Steigen des specifischen Trockengewichtes und des Normal-Lufttrockengewichtes (bei 15% Wassergehalt) vom Würfel zu den kleinen Theilplatten als zufällig anzusehen, da ja alle Probekörper einer Versuchsserie von einem und demselben Holztrumme stammen.

Das Hauptinteresse beansprucht Colonne 12, die Druckfestigkeit beim Normalwassergehalte. Hier zeigt sich nun, dass die Platten P_α und P_β die grösste Druckfestigkeit haben, 380 kg pro 1 cm², während die Würfel W nur 361 kg/cm², also eine um 5% geringere Druckfestigkeit besitzen wie die ersteren und die der Würfelform sich nähernden Theilplatten P_{1-4} nahezu dieselbe Druckfestigkeit aufweisen wie die Würfel W .

Die Grösse des Probekörpers beziehungsweise der Druckfläche nimmt also auf die Druckfestigkeit keinen Einfluss, wohl aber das Verhältniss der Höhe zur Druckfläche. Zu dem gleichen Resultate haben auch die von den Amerikanern Prof. J. B. Johnson in St. Louis und Prof. S. T. Neely in Washington durchgeführten Untersuchungen geführt;

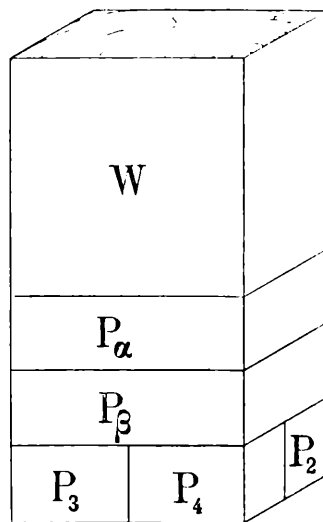


Fig. 12.

Untersuchungen

über den Einfluss der Grösse des Probekörpers auf die Druckfestigkeit,

durchgeführt an Würfeln, Platten und Theilen von Platten.

Tabelle B.

Bezeichnung des Trummee, aus welchem der Probekörper entnommen wurde		Des Probekörpers								Reduction auf den Wassergehalt $\varphi = 15\%$				Differenzen
Form des Probekörpers: W = Würfel; P = Platte		Länge	Breite	Höhe	Querschnittsfläche	Wassergehalt in Procenten des absoluten Trocken- gewichtes = φ	Specifisches Gewicht s_φ	Specifisches Trocken- gewicht s_n	Druckfestigkeit β_φ	Specifisches Gewicht s_{15}	Druckfestigkeit β_{15}	Quotient aus $\frac{\beta_{15}}{s_{15}}$	Werth des Quotienten $\frac{\beta_{15}}{s_{15}}$, $\frac{270}{0.33} = 100$ wenn das Minimum gesetzt wird	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1 d	W	103.6	104.6	103.7	108.4	14.0	36.0	(33.2)	353	36.2	335	10.1	124	
	P $_{\alpha}$	103.3	104.6	30.5	108.0	14.1	35.7	33.1	370	35.9	354	10.7	130	
	P $_{\beta}$	103.5	104.6	30.2	108.3	14.0	36.6	33.9	376	36.8	358	10.6	130	
	P $_1$	50.2	51.2	30.2	25.7	12.9	39.4	36.7	428	39.8	390	10.6	130	
	P $_2$	50.6	50.7	30.2	25.7	13.4	37.3	34.6	385	37.6	356	10.3	126	
	P $_3$	50.1	51.4	30.1	25.8	12.8	36.5	33.8	376	36.9	336	9.9	121	
	P $_4$	51.3	51.3	30.0	26.3	13.5	34.1	31.2	380	34.4	353	11.3	138	
	Im Mittel	{ Würfel Platten α und β . Platten 1 bis 4 .				14.0 14.0 13.2	36.0 36.2 36.8	(33.2) 33.5 34.1	353 373 392	36.2 36.4 37.2	335 356 359	10.1 10.6 10.5	124 130 129	
4 a	W	103.8	109.0	99.4	113.1	11.8	38.0	(35.6)	340	38.6	282	7.9	97	
	P $_{\alpha}$	103.2	108.8	29.7	112.3	13.5	38.0	35.3	369	38.3	342	9.7	119	
	P $_{\beta}$	104.0	108.7	30.5	113.0	10.2	36.6	35.2	368	37.6	282	8.0	98	
	P $_1$	49.8	52.8	30.5	26.3	12.8	37.3	34.7	395	37.7	356	10.3	126	
	P $_2$	50.4	53.0	30.6	26.7	8.9	36.1	33.8	415	37.3	306	9.1	111	
	P $_3$	50.5	54.1	30.4	27.3	11.5	36.3	33.9	392	37.0	329	9.7	119	
	P $_4$	51.2	53.2	30.4	27.2	10.7	37.5	35.4	397	38.4	320	9.0	110	
	Im Mittel	{ Würfel Platten α und β . Platten 1 bis 4 .				11.8 11.8 11.0	38.0 37.3 36.8	(35.6) 35.2 34.5	340 369 400	38.6 37.9 37.9	282 312 328	7.9 8.8 9.5	97 109 116	
7 a	W	97.9	99.7	100.1	97.6	11.9	36.7	(34.3)	351	37.3	295	8.6	105	
	P $_{\alpha}$	97.5	98.2	30.1	95.7	11.9	36.6	34.1	395	37.2	339	9.9	121	
	P $_{\beta}$	97.2	98.1	29.7	95.3	11.9	36.9	34.5	392	37.5	336	9.7	119	
	P $_1$	48.0	48.0	30.0	23.0	11.0	38.0	35.8	435	38.8	363	10.1	124	
	P $_2$	47.0	48.3	30.0	22.7	10.3	36.1	33.9	396	37.0	311	9.2	112	
	P $_3$	47.8	48.4	29.8	23.1	10.8	37.2	35.0	403	38.0	327	9.3	114	
	P $_4$	49.0	48.3	30.0	23.7	11.6	35.5	33.2	329	36.2	268	8.1	99	
	Im Mittel	{ Würfel Platten α und β . Platten 1 bis 4 .				11.9 11.9 10.9	36.7 36.8 36.7	(34.3) 34.3 34.5	351 393 391	37.3 37.4 37.7	295 337 317	8.6 9.8 9.2	105 120 112	

Anmerkung. Die Reduction des specifischen Gewichtes auf den Wassergehalt von $\varphi = 15\%$ erfolgte nach Formel:

$$s_{15} = s_\varphi - 0.2 \cdot \varphi + 3,$$

jene der Druckfestigkeit auf den Wassergehalt von $\varphi = 15\%$ nach Formel:

$$\beta_{15} = \beta_\varphi + 18 \cdot \varphi - 270$$

Die eingeklammerten Ziffern in der Colonne 9 bedeuten, dass das specifische Trockengewicht indirect aus dem specifischen Lufttrockengewichte und dem Wassergehalte nach Formel:

$$s = s_\varphi - 0.2 \varphi$$

berechnet wurde.

Tabelle B (Fortsetzung).

Bezeichnung des Trümmes, aus welchem der Probekörper entnommen wurde		Form des Probekörpers: W = Würfel; P = Platte		Des Probekörpers							Reduction auf den Wassergehalt $\varphi = 15\%$				Differenzen	
				Länge	Breite	Höhe	Querschnittsfläche	Wassergehalt in Procenten des absoluten Trocken- gewichtes = φ	Specifisches Gewicht s_p	Specifisches Trocken- gewicht s_0	Druckfestigkeit β_p	Specifisches Gewicht s_{15}	Druckfestigkeit β_{15}	Quotient aus $\frac{\beta_{15}}{s_0}$		Werth des Quotienten $\frac{\beta_{15}}{s_0}$, wenn das Minimum $\frac{270}{0.33} = 100$ gesetzt wird
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
8 b	W	102.2	102.0	107.6	104.2	11.9	35.5	(33.1)	409	36.1	353	10.7	131			
	P $_{\alpha}$	101.5	101.2	29.7	102.7	12.3	39.2	36.9	439	39.8	390	10.6	130			
	P $_{\beta}$	101.5	101.2	29.1	102.7	11.7	39.2	37.3	423	39.9	364	9.8	120			
	P $_1$	49.8	50.2	30.3	25.0	11.8	40.0	37.5	412	40.6	354	9.4	115			
	P $_2$	48.8	49.0	30.2	23.9	10.8	45.3	43.2	418	46.1	342	7.9	97			
	P $_3$	49.0	49.3	30.5	24.2	10.0	44.6	42.5	430	45.6	340	8.0	98			
	P $_4$	49.8	51.1	30.5	25.4	10.1	40.6	38.7	390	41.6	302	7.8	95			
	Im Mittel	Würfel				11.9	35.5	(33.1)	409	36.1	353	10.7	131			
		Platten α und β . .				12.0	39.2	37.1	431	39.9	377	10.2	125	— 6		
		Platten 1 bis 4 . .				10.7	42.6	40.5	412	43.5	335	8.3	101	— 24		
9 a	W	101.3	104.0	105.9	105.4	13.5	42.3	(39.6)	404	42.6	377	9.5	116			
	P $_{\alpha}$	101.3	103.5	30.0	104.8	13.1	42.8	40.2	462	43.2	428	10.6	130			
	P $_{\beta}$	101.0	103.5	30.0	104.5	13.3	42.7	40.2	467	43.0	436	10.8	132			
	P $_1$	50.6	48.8	29.3	24.7	12.4	40.2	37.7	421	40.7	374	9.9	121			
	P $_2$	49.7	50.8	29.3	25.2	10.3	42.0	39.9	492	42.9	407	10.2	125			
	P $_3$	50.5	50.5	29.7	25.5	7.5	41.6	40.1	486	43.1	351	8.7	106			
	P $_4$	49.7	50.7	29.9	25.2	8.9	40.8	38.7	468	42.0	358	9.3	114			
	Im Mittel	Würfel				13.5	42.3	(39.6)	404	42.6	377	9.5	116			
		Platten α und β . .				13.2	42.8	40.2	464	43.1	432	10.7	131	+ 15		
		Platten 1 bis 4 . .				9.8	41.1	39.1	467	42.2	373	9.5	117	— 14		
9 b	W	92.9	93.9	95.2	87.2	13.1	40.0	(37.4)	454	40.4	420	11.2	137			
	P $_{\alpha}$	92.6	93.4	29.8	86.5	13.1	40.2	37.5	433	40.6	399	10.6	130			
	P $_{\beta}$	92.5	93.2	30.0	86.2	13.1	40.4	37.7	438	40.8	404	10.7	131			
	P $_1$	46.2	44.4	30.0	20.5	11.9	38.2	35.8	390	38.8	334	9.3	114			
	P $_2$	45.1	45.1	30.0	20.3	11.7	42.2	39.9	453	42.9	394	9.9	121			
	P $_3$	45.8	45.8	29.9	21.0	12.4	40.4	38.3	433	40.9	386	10.1	123			
	P $_4$	45.4	45.1	30.0	20.5	12.1	42.3	39.8	444	42.9	392	9.9	121			
	Im Mittel	Würfel				13.1	40.0	(37.4)	454	40.4	420	11.2	137			
		Platten α und β . .				13.1	40.3	37.6	437	40.7	401	10.6	130	— 7		
		Platten 1 bis 4 . .				12.0	40.8	38.5	430	41.4	376	9.8	120	— 10		
9 c	W	103.0	103.4	104.7	106.5	14.5	41.1	(38.2)	429	41.2	420	11.0	134			
	P $_{\alpha}$	103.0	103.4	29.6	106.5	12.5	41.3	38.4	441	41.8	396	10.3	126			
	P $_{\beta}$	101.5	104.0	29.8	105.6	14.3	41.6	38.5	440	41.7	427	11.1	136			
	P $_1$	50.7	50.0	30.5	25.4	11.2	39.9	38.9	425	40.7	357	9.2	112			
	P $_2$	49.6	51.2	30.4	25.4	11.3	42.2	40.2	472	42.9	405	10.1	123			
	P $_3$	49.8	51.2	30.4	25.5	10.9	43.3	41.3	510	44.1	436	10.6	130			
	P $_4$	50.5	50.0	30.2	25.2	11.2	40.5	38.3	436	41.3	368	9.6	117			
	Im Mittel	Würfel				14.5	41.1	(38.2)	429	41.2	420	11.0	134			
		Platten α und β . .				13.4	41.4	38.4	441	41.7	412	10.7	131	— 3		
		Platten 1 bis 4 . .				11.2	41.5	39.7	461	42.2	392	9.9	121	— 10		

Tabelle B (Fortsetzung).

Bezeichnung des Trümmes, aus welchem der Probekörper entnommen wurde		Des Probekörpers								Reduction auf den Wassergehalt w = 15%					Differenzen
Form des Probekörpers: W = Würfel; P = Platte		Länge	Breite	Höhe	Querschnittsfläche	Wassergehalt in Procenten des absoluten Trocken- gewichtes = w	Specifisches Gewicht ρ_p	Specifisches Trocken- gewicht s_o	Druckfestigkeit β_p	Specifisches Gewicht s_{15}	Druckfestigkeit β_{15}	Quotient aus $\frac{\beta_{15}}{s_o}$	Werth des Quotienten wenn das Minimum $\frac{270}{0.33} = 100$ gesetzt wird		
														Millimeter	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
9 d	W	112.3	113.6	111.9	127.6	12.8	42.0	(39.4)	423	42.4	383	9.7	119		
	P $_{\alpha}$	111.6	112.9	30.6	126.0	12.7	41.9	39.4	452	42.4	411	10.4	127		
	P $_{\beta}$	111.7	113.1	30.3	126.3	12.9	41.0	38.5	454	41.4	416	10.8	132		
	P $_1$	55.2	55.2	30.1	30.5	13.4	39.5	40.8	430	39.8	401	9.8	120		
	P $_2$	54.6	54.8	30.1	29.9	13.9	42.9	39.9	448	43.1	428	10.7	131		
	P $_3$	54.9	55.7	30.1	30.6	13.7	41.5	38.4	448	41.8	425	11.1	136		
	P $_4$	55.0	55.2	30.2	30.4	13.7	42.5	39.8	457	42.8	434	10.9	133		
	Im Mittel	{ Würfel Platten α und β . Platten 1 bis 4 .				12.8 12.8 13.7	42.0 41.4 41.6	(39.3) 39.0 39.7	423 453 446	42.4 41.9 41.9	383 414 422	9.7 10.6 10.6	119 130 130	+ 11 0	
	10 b	W	101.9	105.8	96.6	107.8	14.0	43.9	(41.1)	444	44.1	426	10.4	127	
		P $_{\alpha}$	100.7	106.2	30.2	106.9	13.4	44.7	42.0	454	45.0	425	10.1	123	
		P $_{\beta}$	100.7	106.2	30.2	106.9	13.4	44.5	41.8	449	44.8	420	10.0	122	
P $_1$		51.3	49.3	29.9	25.3	10.8	44.8	43.9	486	45.6	410	9.3	114		
P $_2$		50.0	51.9	30.0	26.0	11.1	44.9	42.7	462	45.7	392	9.2	112		
P $_3$		49.1	51.6	30.0	25.3	11.3	44.0	41.6	494	44.7	427	10.3	126		
P $_4$		51.8	49.2	30.0	25.5	10.8	43.0	41.0	482	43.8	406	9.9	121		
	Im Mittel	{ Würfel Platten α und β . Platten 1 bis 4 .				14.0 13.4 11.0	43.9 44.6 44.2	(41.1) 41.9 42.3	444 452 481	44.1 44.9 45.0	426 422 409	10.4 10.1 9.8	127 123 118	— 4 — 5	
	11 d	W	100.7	100.8	82.7	101.5	13.8	38.3	(35.5)	345	38.5	323	9.1	111	
		P $_{\alpha}$	100.5	100.6	30.2	101.1	13.7	38.3	35.7	361	38.6	338	9.5	116	
		P $_{\beta}$	100.5	100.4	30.0	100.9	13.8	37.7	35.8	362	37.9	340	9.5	116	
P $_1$		49.6	49.6	30.0	24.6	12.3	38.3	35.7	366	38.8	317	8.9	109		
P $_2$		49.0	49.4	30.0	24.2	11.6	39.7	37.3	364	40.4	303	8.1	99		
P $_3$		50.3	50.4	29.6	25.4	13.2	36.6	34.0	346	37.0	314	9.2	112		
P $_4$		48.8	49.8	29.9	24.3	11.5	36.0	33.7	362	36.7	299	8.9	109		
	Im Mittel	{ Würfel Platten α und β . Platten 1 bis 4 .				13.8 13.8 12.2	38.3 38.0 37.6	(35.5) 35.7 35.2	345 362 360	38.5 38.2 38.2	323 339 308	9.1 9.5 8.8	111 116 107	+ 5 — 9	
	Gesamt-Mittel	{ Würfel Platten α und β . Platten 1 bis 4 .				13.1 12.9 11.6	39.4 39.8 40.0	(36.7) 37.3 37.8	395 417 424	39.7 40.2 40.7	361 380 362	9.8 10.2 9.6	120 124 117	+ 4 — 7	

die betreffende Schlussfolgerung lautet*): „Die Grösse des Versuchsstückes hat keinen Einfluss auf die Festigkeitswerthe (ausgenommen bei der Druckfestigkeit, wenn der Probekörper schmaler ist als ein Würfel)“.

*) Literatur-Verzeichnis Nr. 17.

c) Einfluss der Länge (Höhe) des Probekörpers auf die Druckfestigkeit.
Zur Frage der Form und Entnahme der Druckproben.

Die Erforschung des Einflusses, welchen die Höhe des Probekörpers auf die Druckfestigkeit ausübt, ist aus dem Grunde von Wichtigkeit, weil damit gleichzeitig auch die strittige Frage der Form der Druckproben beleuchtet und ihrer Lösung nähergeführt wird. Die Erörterung der erwähnten Frage an das Ende dieses Abschnittes verschiebend, wollen wir vorerst die zu diesem Zwecke durchgeführte Untersuchung besprechen. Als Probekörper für diesen Versuch dienten jene 48 Stück 50 cm langen Prismen, welche vornehmlich dem Zwecke der Erforschung der Druck-Elasticität dienten, für die sich aber nach Feststellung ihrer Elasticitätsgrenze die Bestimmung der Druckfestigkeit durch Belastung bis zum Bruche von selbst ergab.

Nach erfolgtem Bruche wurde aus jedem dieser Prismen, und zwar aus einer durch den Bruch nicht berührten Stelle ein Würfel, sowie eine 3 cm starke Platte herausgeschnitten, letztere behufs nachträglicher Bestimmung des Wassergehaltes auch sofort gewogen. Sobald sämtliche 48 Prismen absolvirt waren, wurden die erwähnten Würfel auf ihre physikalischen und mechanischen Eigenschaften geprüft und denselben nach erfolgter Zertrümmerung zum Zwecke der Feuchtigkeitsermittlung ebenfalls eine Platte entnommen. Schliesslich kamen die dem Prisma direct entnommenen Platten zur Untersuchung, wurden der Druckprobe unterworfen und sodann mit den aus den Würfeln gewonnenen Platten im Trockenofen auf den absolut trockenen Zustand gebracht. Damit waren also alle Behelfe zur Berechnung der Tabelle C auf Seite 46 und 47, welche diese Versuchsergebnisse enthält, gegeben.

Aus den directen Versuchsergebnissen der vier zusammengehörigen Probekörper *a*, *b*, *c* und *d* wurden in Colonne 15, 16 und 17 die arithmetischen Mittel gezogen, und diese wieder in Colonne 18 und 19 mit Hilfe der mehrfach erwähnten Formeln auf den Normal-Feuchtigkeitsgehalt von 15% umgerechnet.

Das ausnahmslose Sinken des Feuchtigkeitsgehaltes vom Prisma zum Würfel, vom Würfel zur Platte ist nach dem im vorigen Abschnitte Gesagten, dann aber auch aus der Reihenfolge, in welcher die Probekörperkategorien geprüft wurden, ohneweiters verständlich.

Ferner tritt hier auch scharf das Gesetz hervor, dass das specifische Gewicht des Holzes unter sonst gleichen Umständen gleichzeitig mit der Abnahme der Feuchtigkeit sich vermindert:

Dem Feuchtigkeits- gehalte von	entspricht ein specifisches Gewicht von	letzterem wieder ein Normalluft- trockengewicht von
17%	40.1	39.8
15.2%	39.8	39.7
11.6%	39.0	39.6.

Schliesst man die wenigen astigen Prismen 1 *a*, 11 *b* und *d*, 12 *b* und *d* von der Mittelbildung aus, so resultirt auch für die Prismen ein Normallufttrockengewicht von 39.7, also eine sehr gute Uebereinstimmung in den Mittelwerthen von s_{15} . Dagegen sind die Schwankungen, welche die einzelnen zu einem Trumme gehörigen Probekörper (*a*, *b*, *c* und *d*) untereinander zeigen, bedeutend, ein Uebelstand, auf den jetzt schon hingewiesen werden muss, welcher sich immer und überall, wo wir es mit Untersuchungen von Fichtenholz zu thun haben, in unangenehmster Weise geltend macht und den schon jeder Forscher, der sich mit derlei Untersuchungen befasste, zu beklagen hatte.

Fassen wir nun die Zahlenansätze für die Druckfestigkeit, und zwar vorerst jene, welche für den Moment der Materialprüfung Geltung haben, also β_p in Colonne 5, 8, 11 und 14 und deren zusammenfassende Mittelwerthe in Colonne 17 in's Auge, so constatiren wir ein gesetz-

mässiges Steigen der Druckfestigkeit mit der Abnahme der Feuchtigkeit und gleichzeitig mit der Abnahme der Höhe des Probekörpers. Nach Eliminirung des erstgenannten Einflusses resultiren folgende Festigkeitswerthe:

β_{15} für Prismen	321 kg/cm ² ,
β_{15} für Würfel	353 kg/cm ² ,
β_{15} für Platten	377 kg/cm ² ;

die plattenförmigen Probekörper haben daher eine um 6% grössere, die Prismen eine um 9% geringere Druckfestigkeit als würfelförmige Holzproben von gleichem Querschnitte.

Um diese Festigkeitszahlen schliesslich auch noch von dem Einflusse des specifischen Gewichtes zu befreien, wurden sie unter Zugrundelegung der Proportion *) $\beta_{15} : s_{15} = \beta'_{15} : 40$, (worin β'_{15} die gesuchte Druckfestigkeit bedeutet), auf gleiches specifisches Gewicht von 0.40 gebracht. Die Aenderungen sind, da ja die specifischen Gewichte nur sehr wenig differiren, unbedeutend und ändern an dem procentischen Verhältnisse der Druckfestigkeit der einzelnen Probekörperkategorien untereinander nichts. Es verhält sich somit die Druckfestigkeit des Prismas zu jener des Würfels und der Platte wie 85 : 94 : 100.

Wenn man erwägt, dass die Druckfestigkeit des Holzes durch Fehlerstellen, vor Allem durch Astknoten, ganz bedeutend beeinflusst wird, indem der Bruch bei Vorhandensein einer solchen Stelle regelmässig daselbst einsetzt, und zwar schon bei einer weit geringeren Belastung, als der Probekörper sonst zu tragen vermocht hätte, so erscheint die Steigerung der Festigkeit der Probestücke mit abnehmender Länge (Höhe) erklärlich: Ein 50 cm langes Prisma ist nicht so leicht fehlerfrei auszuformen wie ein Würfel, und letzterer wird im Wahrscheinlichkeitsfalle eher eine Fehlerstelle enthalten wie die nur 3 cm starke Platte.

Hiebei muss aber auch auf einen Umstand hingewiesen werden, der infolge der Art und Weise der Probeentnahme bei gegenwärtigem Versuche zwar die Schlussfolgerung über die Steigerung der Festigkeit vom grösseren zum kleineren Probekörper stützt, aber auch die absolute Grösse der Festigkeitszahlen beeinflussen muss. Wenn wir nämlich dem Prisma, welches ja der Druck an seiner schwächsten Stelle gebrochen hat, einen Würfel entnehmen, so haben wir damit schon die bruchgefährlichste Stelle aus dem Holzkörper eliminirt; der aus dem gebrochenen erzeugte neue Probekörper muss eine höhere Festigkeit aufweisen wie der ursprüngliche.

Sicherlich ist diesem Umstande ein Theil der nachgewiesenen Festigkeitszunahme vom Prisma zum Würfel und zur Platte zuzuschreiben. Dass aber eine wirkliche absolute Festigkeitszunahme mit abnehmender Höhe des Probekörpers Hand in Hand geht, wurde schon im vorigen Abschnitte nachgewiesen, bei welchem Versuche die Art und Weise der Probekörper-Beschaffung die Gleichwerthigkeit der gefundenen Festigkeitswerthe bedingt.

Ziehen wir, um die beregte Frage noch weiter zu verfolgen, die Versuchsergebnisse des gesammten Untersuchungsmaterials heran, so finden wir in Tabelle 14, „Zusammenstellung der Druckversuche“, und zwar in Colonne 12 und 13 die Druckfestigkeit im Gesamtmittel aller 12 Stämme (144 Würfel und 144 Platten)

β_{15} für Würfel	336 kg/cm ²
β_{15} für Platten	376 kg/cm ² ; hiernach

haben Platten eine durchschnittlich um 11% höhere Druckfestigkeit als Würfel. Wie schon Eingangs des Capitels über die Durchführung der Druckversuche bemerkt wurde, sind die Platten aus den zertrümmerten Würfeln entnommen worden; es gilt also für sie die vorher gemachte Bemerkung, dass ein Theil der Festigkeitssteigerung vom Würfel zur Platte auf die

*) Siehe Seite 37, Qualitätsquotient $\frac{\beta}{s}$.

Unter-

über den Einfluss der Länge (Höhe) des
durchgeführt an Prismen von 50 cm Länge,
(Querschnitt der Probe-

Tabelle C.

Nummer des Probestammes	Form des Probekörpers Pr. = Prisma 50 cm lang W = Würfel P = Platte 3 cm dick	Signatur der einzelnen Probekörper											
		a			b			c			d		
		Versuchsergebnis											
		Wassergehalt φ	spezifisches Gewicht s_{φ}	Druckfestigkeit β_{φ}	Wassergehalt φ	spezifisches Gewicht s_{φ}	Druckfestigkeit β_{φ}	Wassergehalt φ	spezifisches Gewicht s_{φ}	Druckfestigkeit β_{φ}	Wassergehalt φ	spezifisches Gewicht s_{φ}	Druckfestigkeit β_{φ}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Pr.+	21.2+	39.7+	338+	18.7	37.7	275	17.7	36.5	223	16.9	37.0	233
	W	19.4	39.3	380	16.2	36.4	320	15.8	35.7	313	16.3	35.9	257
	P	11.5	37.2	447	11.9	36.6	417	11.0	34.5	400	13.2	35.2	379
2	Pr.	17.2	43.1	313	17.3	39.3	267	17.0	42.8	296	18.3	43.5	280
	W	15.1	43.2	395	15.0	39.3	344	14.7	41.9	403	16.3	43.3	377
	P	11.2	42.2	500	11.2	37.3	425	11.3	41.5	489	11.5	41.8	469
3	Pr.	18.5	39.6	253	17.2	40.9	275	17.6	40.2	281	15.5	40.2	266
	W	16.5	39.7	316	15.1	40.7	343	16.0	40.5	338	14.5	39.3	308
	P	11.5	38.0	415	11.5	40.0	435	10.6	39.2	432	13.1	39.5	418
4	Pr.	21.8	39.3	239	17.6	37.7	271	16.5	35.8	245	16.8	37.6	242
	W	15.7	36.9	309	15.2	37.6	302	15.3	35.8	299	14.8	37.0	304
	P	11.4	37.1	404	11.1	36.7	391	12.1	34.8	359	12.3	35.8	368
5	Pr.	18.1	41.2	287	16.0	41.2	297	16.1	40.6	296	17.6	41.1	293
	W	16.2	41.3	363	14.6	41.1	386	14.6	40.8	365	15.8	40.5	355
	P	11.6	39.4	474	11.5	40.4	467	11.1	39.4	372	12.0	39.6	461
6	Pr.	17.6	44.2	264	17.0	43.0	338	15.9	42.7	335	17.2	42.8	278
	W	16.2	43.9	343	14.7	41.2	360	15.1	42.7	380	14.7	41.3	364
	P	12.1	41.3	447	12.8	42.4	455	11.7	41.9	481	12.2	40.4	454
7	Pr.	17.7	38.1	265	17.3	38.3	282	17.0	38.2	257	16.4	42.4	368
	W	15.7	37.2	343	15.2	37.5	351	15.6	37.1	340	15.2	42.9	413
	P	11.7	37.0	412	11.2	36.9	431	11.4	36.6	419	11.1	42.4	507
8	Pr.	14.4	37.7	325	16.7	41.4	277	17.2	37.7	265	18.0	39.9	293
	W	13.2	39.1	347	15.1	41.1	361	16.2	37.6	307	14.8	39.1	342
	P	10.5	38.1	436	11.4	39.1	469	12.2	36.4	377	11.6	38.6	454
9	Pr.	17.9	43.4	307	18.0	43.1	295	16.0	41.5	321	16.1	42.6	297
	W	15.0	41.8	381	15.0	42.6	403	14.5	41.5	396	15.8	43.6	400
	P	11.4	41.4	500	10.9	41.5	506	11.4	41.0	504	12.1	42.2	483
10	Pr.	15.1	43.2	338	17.5	45.4	320	15.2	44.4	326	15.3	43.1	301
	W	14.8	43.2	393	16.3	45.5	382	14.4	45.1	389	14.5	42.3	399
	P	11.2	43.0	490	11.6	44.4	496	10.6	43.5	519	11.1	42.3	494
11	Pr.+	15.5	37.3	326	16.9+	38.7+	259+	16.2	39.4	236	15.5+	38.5+	244+
	W	14.3	37.5	351	15.8	37.9	318	14.2	38.8	328	12.0	38.5	304
	P	11.4	37.0	420	11.3	36.9	412	12.1	39.8	396	12.0	37.2	383
12	Pr.+	15.7	35.6	291	16.9+	36.4+	257+	16.3	36.0	274	16.0+	36.9+	258+
	W	14.5	36.3	318	15.7	36.0	314	15.0	35.9	328	15.0	36.7	311
	P	11.2	35.9	402	11.8	35.9	379	11.9	35.6	400	11.0	35.4	397

Mittel aus 12 Stämmen { Prismen
Würfel
Platten

suchungen

Probekörpers auf die Druckfestigkeit,
an Würfeln und an Platten von 3 cm Dicke.
körper circa 10×10 cm.)

Mittel aus den Versuchsergebnissen $\frac{a + b + c + d}{4}$			Reduction					Bemerkungen
Wassergehalt φ	spezifisches Gewicht s_{φ}	Druckfestigkeit β_{φ}	auf den Wassergehalt von $\varphi = 15\%$			auf das spezifische Gewicht von $s_{15} = 0.40$ und den Wassergehalt von $\varphi = 15\%$		
			spezifisches Gewicht s_{15}	Druckfestigkeit β_{15}	Quotient $\frac{\beta_{15}}{s_{15}}$	Druckfestigkeit β	Verhältniszahl für die Druckfestigkeit	
15	16	17	18	19	20	21	22	23
18.6	37.7	267	37.0	332	9.0	359	93	1. Die mit + bezeichneten Prismen sind astig, sämtliche Würfel und Platten sind astfrei. 2. Die Würfel und Platten sind von den zugehörigen Prismen, und zwar nach erfolgter Bruchbelastung aus jenen Theilen entnommen, deren Cohäsion noch nicht zerstört war. 3. Die Reduction auf den Wassergehalt von $\varphi = 15\%$ erfolgte nach folgenden Formeln: für Colonne 18: $s_{15} = s_{\varphi} - 0.2 \cdot \varphi + 3,$ für Colonne 19: $\beta_{15} = \beta_{\varphi} + 18 \cdot \varphi - 270.$ 4. Die Reduction der Druckfestigkeit für das spezifische Gewicht von $s_{15} = 0.40$ erfolgte in Colonne 21 nach der Proportion $\beta_{15} \cdot s_{15} = \beta'_{15} \cdot 0.40.$
16.9	36.8	318	36.4	352	9.6	384	99	
11.9	35.9	411	36.5	355	9.7	388	100	
17.5	42.2	289	41.7	333	8.0	320	82	
15.3	41.9	380	41.8	385	9.2	368	94	
11.3	40.7	471	41.4	404	9.8	392	100	
17.2	40.2	269	39.8	309	7.8	312	86	
15.5	40.1	326	40.0	335	8.4	336	92	
11.7	39.2	425	39.9	365	9.1	364	100	
18.2	37.6	249	37.0	306	8.3	332	95	
15.3	36.8	304	36.7	308	8.4	336	96	
11.7	36.1	381	36.8	322	8.7	348	100	
17.0	41.0	293	40.7	329	8.1	324	86	
15.3	40.9	367	40.8	372	9.1	364	97	
11.5	39.7	444	40.4	381	9.4	377	100	
16.9	43.2	304	42.8	338	7.9	316	81	
15.2	42.3	362	42.3	366	8.7	346	89	
12.2	41.5	459	42.1	409	9.7	389	100	
17.1	39.3	293	38.8	331	8.5	340	88	
15.4	38.7	362	38.6	369	9.6	382	97	
11.4	38.2	442	38.9	377	9.7	388	100	
16.6	39.2	290	38.9	319	8.2	328	86	
14.8	39.2	339	39.2	335	8.5	342	90	
11.4	38.1	434	38.8	369	9.5	380	100	
17.0	42.7	305	42.3	341	8.1	324	79	
15.1	42.4	395	42.4	397	9.4	375	91	
11.5	41.5	498	42.2	435	10.3	412	100	
15.8	44.0	321	43.9	335	7.6	304	78	
15.0	44.0	391	44.0	391	8.9	355	91	
11.1	43.3	500	44.1	430	9.8	392	100	
16.0	38.5	266+	38.3	285	7.4	296	83	
14.1	38.2	325	38.4	309	8.0	322	90	
11.7	37.7	403	38.4	344	9.0	358	100	
16.2	36.2	270+	36.0	292	8.1	324	89	
15.0	36.2	318	36.2	318	8.8	352	96	
11.5	35.7	395	36.4	332	9.1	365	100	
17.0	40.1	285	39.8	321	8.0	322	85	
15.2	39.8	349	39.7	353	8.9	356	94	
11.6	39.0	439	39.6	377	9.5	380	100	

1. Die mit + bezeichneten Prismen sind astig, sämtliche Würfel und Platten sind astfrei.

2. Die Würfel und Platten sind von den zugehörigen Prismen, und zwar nach erfolgter Bruchbelastung aus jenen Theilen entnommen, deren Cohäsion noch nicht zerstört war.

3. Die Reduction auf den Wassergehalt von $\varphi = 15\%$ erfolgte nach folgenden Formeln: für Colonne 18:

$$s_{15} = s_{\varphi} - 0.2 \cdot \varphi + 3,$$

für Colonne 19:

$$\beta_{15} = \beta_{\varphi} + 18 \cdot \varphi - 270.$$

4. Die Reduction der Druckfestigkeit für das spezifische Gewicht von $s_{15} = 0.40$ erfolgte in Colonne 21 nach der Proportion

$$\beta_{15} \cdot s_{15} = \beta'_{15} \cdot 0.40.$$

Entnahme der letzteren aus den vom Bruche nicht betroffenen, daher festesten Partien des Würfels zurückzuführen sein dürfte.

Die Zunahme der Druckfestigkeit mit wachsender Höhe der Holzproben wurde bisher namentlich von Prof. Tetmajer *) untersucht und dabei nachgewiesen, „dass die Druckfestigkeit mit wachsender Länge der Balken sich mehr oder weniger sprungweise ändert“, — und „dass die Abnahme der Druckfestigkeit bei Balkenlängen von zehn- bis zwanzigfacher Querschnittsbreite unerheblich, jedoch fast stetig wächst“.

Prof. Rudeloff **) findet, „dass schon beim Längenverhältnisse der Querschnittsbreite zur Höhe von 1:2 eine wesentliche Abnahme der Tragfähigkeit derjenigen des Würfels gegenüber eingetreten ist“, und sagt dann weiterhin: „Ob auch schon die Würfelform beim Holz den Einfluss der Länge in sich schliesst, wage ich nicht zu entscheiden. Eine diesbezügliche Untersuchung erscheint mir indessen schon insofern von Interesse, als durch dieselbe eine Bestätigung des eben für den Verlauf des Bruches beim Druckversuch Gesagten würde herbeigeführt sein, wenn thatsächlich scheibenförmige Proben eine wesentlich höhere Druckfestigkeit ergeben würden als Würfel.“ Diese Frage ist nach den vorliegenden Untersuchungen zu bejahen; auch haben, wie schon erwähnt wurde, die Untersuchungen der Amerikaner diese Resultate bestätigt.

Was nun die Frage der Form der Probekörper für die Druckversuche betrifft, so wurden von den verschiedenen Forschern verschieden geformte und auch in Bezug auf die Entnahme aus dem Stamme nicht gleichwerthige Druckproben verwendet; ein einheitlicher Vorgang in dieser Hinsicht wurde bisher noch nicht erzielt. So verwendete Prof. W. F. Exner ***) (1875) zu seinen Druckversuchen Cylinder von 4 cm Durchmesser und 8 cm Höhe; Prof. K. Mikolaschek ***) (1879) und Prof. H. Gollner ***) (1881) Würfel von verschiedener Grösse, Prof. J. Bauschinger ***) (1883) benützte Parallelepiped von 10 × 10 cm Querschnitt und 15 cm Höhe, welche aber an zwei gegenüberliegenden Seitenflächen etwas eingeschweift waren und gleichzeitig Druck-Elasticitätsversuchen dienten; die Prismenform mit den angegebenen Dimensionen wurde auch in den „Verhandlungen der Münchener Conferenz und der von ihr gewählten ständigen Commission zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Constructions-Materialien“ im Jahre 1885 als Normal-Probekörper für Druckversuche aufgestellt, und zwar sollten „bei Untersuchung ganzer Stämme, deren einzelne Schichten abweichende Beschaffenheit zeigen, behufs Berechnung des richtigen Mittels für das ganze Stück, wenigstens 2 Stücke aus der Mitte, und 2 Stück in der Art aus dem äusseren Holze entnommen werden, dass deren äussere Kanten in den Umfang des Stammes fallen“. Prof. L. Tetmajer *) verwendete (1884) Würfel von circa 10 cm Kantenlänge, und zwar 1 Stück aus der Stammmitte, 2 Stück vom reifen Holze zu beiden Seiten des Markes.

In einer weiteren Abhandlung (XVI. Heft der Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der kgl. Hochschule in München, 1887) benützte Prof. Bauschinger wiederum Prismen, deren Höhe das 1½fache der Querschnittsabmessung betrug, deren Entnahme aus dem Stamme aber dem Tetmajer'schen Vorgange entsprach; er empfiehlt diese Probekörperform für Druckversuche auch allgemein; dieselben sollen jedoch aus den dem Stamme entnommenen Scheiben derart herausgearbeitet werden, dass letztere nach dem Abschnitte zur Verhütung des Reissens durch zwei aufeinander senkrecht stehende, durch die Mitte gehende Schnitte in 4 Sectoren zerlegt werden, aus deren jedem ein parallelepipedisches Probestück mit womöglich quadratischem Querschnitte erzeugt wird.

*) Literatur-Verzeichnis: Nr. 10.

**) Literatur-Verzeichnis: Nr. 9, Seite 34.

***) Siehe Literatur-Verzeichnis.

Prof. M. Rudeloff*) (1889) hatte bei seinen Orientirungszwecken dienenden Versuchen die Würfelform als Druckprobe gewählt, schlug aber für die Durchführung der anzustellenden Hauptversuche prismatische Körper von 10×10 cm Querschnitt und 15 cm Höhe vor.

Prof. Dr. H. Nördlinger*) (1890) benützte zu seinen Druckversuchen Säulchen von 2×2 cm Querschnitt und 10 cm Länge.

Prof. J. B. Johnson in St. Louis, N.-Amerika**) (1892/98) arbeitete mit prismatischen Druckproben von 10×10 cm Querschnitt und 20 cm Länge bei Druckversuchen parallel zur Faser und solchen von 10×10 cm Querschnitt und 15 cm Länge bei Druckversuchen senkrecht zur Faser, wobei sich die einzelnen Probekörper in grösserer Zahl und in verschiedener Weise über die ganze Querfläche des Stammes vertheilten.

Prof. Dr. A. Schwappach*) im Vereine mit Prof. Martens und Rudeloff endlich benützte zur Durchführung der Druckversuche nach dem Vorschlage von Prof. Martens Würfel, welche auf die in dieser Abhandlung (Seite 15) schon beschriebene Art aus der Stammscheibe entnommen wurden.

In Anlehnung an das letztgenannte bei der Preussischen Hauptstation des forstlichen Versuchswesens in Eberswalde und der mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Charlottenburg in Verwendung stehende Verfahren, wurde für die gegenständlichen Untersuchungen sowohl die Probeentnahme aus dem Stammquerschnitte nach der geschilderten Methode angewendet, als auch die Würfelform für die Probekörper der Druckversuche gewählt. Es zeigten sich jedoch im Laufe der Untersuchungen mancherlei durch die Form der Probekörper bedingte Uebelstände: vor Allem der, dass an dem Würfel der Feuchtigkeitsgehalt nach der schon früher geschilderten Methode direct nicht bestimmt werden kann. Die vollständige Austrocknung eines etwas grösseren Holzwürfels im Trockenkasten dürfte entweder gar nicht oder nur mit einem unverhältnismässigen Aufwande an Zeit und Wärmeverbrauch gelingen; ein Zerspalten in kleinere Stücke könnte diesem Uebelstande zwar abhelfen, macht aber wiederum die Bestimmung des Trockengewichtes auf stereometrischem Wege unmöglich. Dem beugt nun die Verwendung von plattenförmigen Holzproben bei Druckversuchen vor, an welchen durch Austrocknung ohne vorherige Zerkleinerung der Wassergehalt und das specifische Trockengewicht direct bestimmt werden kann, während der Rückschluss von der Platte auf den Würfel in Bezug auf die beiden genannten Eigenschaften umso unsicherer sein wird, je ungleichmässiger das Holzmaterial gebaut ist. Man sieht diese Unsicherheit z. B. deutlich in der Berechnung der Tabellen *D* und *E*: „Ermittlung des Variationscoëfficienten etc. . . .“ auf Seite 54 und 58 dieser Abhandlung aus der Abweichung der aus Würfeln und Platten gebildeten Werthe und darin, dass bei einer graphischen Darstellung der specifischen Gewichte und Druckfestigkeiten die aus Würfeln und Platten zusammengesetzten Zahlenwerthe den regelmässigen Verlauf der Linie stören; im nächsten Abschnitte wird auf diesen Umstand näher eingegangen werden.

Die Holzplatte eignet sich zur Bestimmung der Druckfestigkeit ebensogut als der Würfel; wenn sie höhere Festigkeitswerthe gibt als letzterer, so ist daran zu erinnern, dass auch die Festigkeitszahlen des Würfels mit Hilfe eines „Abminderungs-Coëfficienten“ für den

*) Siehe Literatur-Verzeichnis.

**) Timber Physics Part I und II, Southern Pines, Progress in timber physics etc. (U. St. Department of Agriculture, Division of Forestry. — Herausgegeben von B. E. Fernow.)

Gebrauch in der Praxis erst tauglich gemacht, d. h. reducirt werden müssen. Die Platte hat ferner den Vortheil eines geringeren Materialbedarfes, lässt sich leichter ast- und fehlerfrei herstellen und bietet die Gewähr für gleichmässige Versuchsergebnisse. Hiezu kommt noch, wie oben auseinandergesetzt wurde, der Vortheil einer directen Feuchtigkeitsbestimmung, der directen Ermittlung des specifischen Gewichtes und der Druckfestigkeit im absolut trockenen Zustande, welcher letzterer Umstand, wie wir später sehen werden, einen schätzenswerthen Anhaltspunkt für die Berechnung der mehrgenannten Reduktionsformeln bietet, so dass wir nicht anstehen, plattenförmige Holzkörper mit einer Höhe von circa $\frac{1}{4}$ der Kantenlänge, also mit 2.5 bis 3 cm Stärke (Höhe) als Probekörper für Druckversuche zu empfehlen.

Was die Art und Weise der Entnahme der Druckproben aus der Querscheibe des Stammes betrifft, so hat sich das eingehaltene Verfahren bei den gegenständlichen Untersuchungen als zweckentsprechend bewährt. Für die Bestimmung des specifischen Gewichtes der Holzproben auf stereometrischem Wege ist es ein absolutes Erfordernis, dass dieselben kernfrei, d. h. ohne die Markpartie erzeugt werden, da sonst bei der Trocknung im Trockenofen Kern-(Schwind-)Risse unausbleiblich entstehen müssten, welche ein Cubiren durch Messung ausschliessen würden.

Dass der auf die gedachte Weise entnommene Probekörper von dem Kern- und Splintholze des Stammes einen verhältnismässig geringen Antheil besitzt, ist, wenigstens bei der Fichte, irrelevant, weil das letztere, wenigstens das gut getrocknete Splintholz, nicht ohneweiters als minderwerthig bezeichnet werden kann und bald das Kernholz, bald das Splintholz eine grössere Druckfestigkeit aufweist.

Es handelt sich eben in dieser Frage hauptsächlich nur um die Feststellung eines gleichmässigen Vorganges, um die Vergleichbarkeit der Resultate verschiedener Forscher zu ermöglichen. Hiezu scheint das gewählte Verfahren umsomehr geeignet, als es die Probeentnahme in präciser, unzweideutiger Weise ausdrückt und das Probestück doch den vollen Querschnitt vom Mark bis zur Rinde, vom Kern bis zum Splinte umfasst.

Dass diese Art der Probeentnahme sich im Allgemeinen nicht mit der in der Praxis üblichen Ausformung der Constructionshölzer aus dem Baumstamme, wobei dieselben meist den Kern in ihrer Mitte enthalten, deckt, ist wohl richtig und einerseits durch die unzulänglichen Dimensionen der Bauholzstämmen, andererseits durch die übliche Bearbeitungsweise mit dem Zimmerbeile bedingt. Jedenfalls haben die aus seitlichem Holze entnommenen Balken, wie vielfache Versuche bewiesen haben, eine viel grössere Festigkeit als solche, welche den Kern in sich enthalten, abgesehen davon, dass Hölzer letzterer Art durch die bei der Trocknung entstehenden Kernrisse eher der Infection durch Fäulnispilze ausgesetzt sind und daher eine geringere Dauer besitzen.

Für den Fall, als Stammscheiben stärkerer Stämme auf ihre Druckfestigkeit untersucht werden müssten, welche also nach dem gegenständlichen Verfahren der Probeentnahme Probestücke von solchen Dimensionen liefern würden, dass zu ihrer Zertrümmerung die Druckkraft einer gewöhnlichen Materialprüfungsmaschine nicht ausreichen würde, müssten, um die Vergleichbarkeit mit den in normaler Weise gewonnenen Druckproben zu wahren, die nach dem gewöhnlichen Verfahren entnommenen Probekörper durch weitere Schnitte parallel zu den Seiten in vier, eventuell in neun gleich grosse Theilstücke von quadratischem Querschnitte zerlegt werden, welche einzeln auf ihre physikalischen und mechanischen Eigenschaften zu prüfen wären.

d) Einfluss der Feuchtigkeit auf das specifische Gewicht und die Druckfestigkeit.

Der Einfluss der Feuchtigkeit auf das specifische Gewicht und die Festigkeit des Holzkörpers ist eine allgemein bekannte, von allen Forschern, welche sich bisher mit Holzuntersuchungen befassten, experimentell constatirte und namentlich in den neueren Untersuchungen entsprechend gewürdigte Thatsache. *)

Es handelt sich also nur mehr um die Grösse dieses Einflusses und die ziffermässige Feststellung desselben.

Aus dem erwähnten Umstande der Beeinflussung der physikalischen und mechanischen Eigenschaften des Holzes durch den Wassergehalt folgt aber weiter, dass es für wissenschaftliche Versuche unerlässlich ist, den Feuchtigkeitsgehalt festzustellen, in welchem ein Holzkörper auf die genannten Eigenschaften geprüft wurde. Die Angabe: „im lufttrockenen Zustande“ untersucht, ist hiezu unzureichend; dieser Zustand wechselt zu sehr mit der Grösse und Gestalt**), der Art und Zeitdauer der Aufbewahrung der Probekörper und ändert sich stetig mit der Feuchtigkeit der umgebenden Luft. Ziffermässig ergaben sich z. B. im Laufe der gegenständlichen Untersuchungen folgende Procentsätze des Wassergehaltes für den lufttrockenen Zustand:

an 2·5 cm starken Platten	12·5%
an Würfeln .	16·0%
an 50 cm langen Prismen	17·0%
an 1·7 m langen Biegebalken	19·3%

im Mittel: 15% vom Gewichte

im absolut trockenen Zustande, wobei sämmtliche Probekörper in gleicher Weise in dem gleichmässig trockenen Raume des Laboratoriums aufbewahrt waren und in der Zeit von vier Monaten (vom August bis November 1896) zuerst die Würfel, dann die Prismen, sodann die Platten und zuletzt die Biegestäbe der Untersuchung unterzogen wurden.

Zu Vergleichszwecken ist es nun, wie schon früher betont wurde, unerlässlich, alle auf das specifische Gewicht und die Festigkeit sich beziehenden Zahlenwerthe auf einen bestimmten Feuchtigkeitsgrad zurückzuführen. Als solchen schlug Bauschinger***) denjenigen von 15% vor, „weil derselbe durch Austrocknen in offenen Räumen (Schuppen) am leichtesten nahezu erhalten wird“. Auch bei unseren Untersuchungen wurde dieser Feuchtigkeitsgehalt von 15% zu Grunde gelegt, und zwar bezogen auf das absolute Trockengewicht (analog mit dem bezüglichen Vorgange der amerikanischen Forscher), nicht auf das Gewicht des feuchten Stückes bei der Materialprüfung, weil das absolute Trockengewicht eine sichere, constante Basis ist, letzteres aber mit der Luftfeuchtigkeit vielfach schwankt.

Um nun diese Reductionen des specifischen Gewichtes und der Druckfestigkeit auf den „Normalfeuchtigkeitsgehalt“ von 15% in bequemer Weise rechnerisch vornehmen zu können, wurden hiefür die schon in den vorhergehenden Capiteln mehrfach citirten Formeln aufgestellt.

*) So räumen die amerikanischen Forscher in ihrer jüngsten Publication (Circular 18, Progress in timber physics. U. St. Dep. of Agriculture. Division of Forestry, Washington 1898) ein: „Der Einfluss des Wassergehaltes ist grösser, als nach den bisherigen Untersuchungen anzunehmen war.“

**) Vergleiche Seite 40 dieser Abhandlung.

***) Literatur-Verzeichnis Nr. 8 (16. Heft, 1887).

Der Vorgang hiebei war folgender:

Für das specifische Gewicht.

Wenn man sich aus jeder der einzelnen, je einen Probestamm umfassenden Tabellen 2 bis 13 des Gesamtmateriales die mittleren Zahlenwerthe für das specifische Gewicht bei der Materialprüfung und desjenigen im absolut trockenen Zustande, also die specifischen Gewichte:

s_0 (Platten), s_{φ_1} (Platten) und s_{φ_2} (Würfel) in den drei Trockenstufen von $\varphi_0 = 0\%$ (Platten), $\varphi_1 = \text{circa } 12\%$ (Platten) und $\varphi_2 = \text{circa } 16\%$ (Würfel) Wassergehalt, wie es in der nebenstehenden Zusammenstellung geschehen, herauszieht und in der Art graphisch

Stamm-Nr.	P l a t t e n			W ü r f e l	
	s_0	φ_1	s_{φ_1}	φ_2	s_{φ_2}
1	35.0	11.8	37.4	16.6	38.0
2	40.4	12.3	43.1	16.7	43.2
	37.6	11.6	40.0	15.3	41.1
4	34.3	12.0	36.8	16.2	37.9
5	38.5	11.9	40.9	15.7	42.3
6	39.9	11.8	42.5	15.4	43.4
7	36.4	11.8	38.8	15.6	40.6
8	36.1	12.4	38.5	16.2	39.3
9	38.4	12.2	41.0	16.2	41.8
10	41.7	12.5	44.4	16.1	44.8
11	36.1	12.2	38.2	15.6	39.2
12	34.1	12.4	36.5	16.5	37.3
Durchschnitt .	37.4	12.1	39.8	16.0	40.8

aufträgt, dass die specifischen Gewichte als Abscissen, die Feuchtigkeitsprocente als Ordinaten erscheinen, und die so für jeden Stamm erhaltenen Punkte durch Gerade verbindet, so erhält man ein System von Linien, welche in ihrem unteren Verlaufe zwischen s_0 und s_{φ_1} fast genau parallel laufen und nur in ihrem oberen Theile zwischen s_{φ_1} und s_{φ_2} theilweise von der parallelen Richtung etwas abweichen. Der Grund für die letztgenannte Unregelmässigkeit ist in der im vorigen Abschnitte erörterten Unsicherheit des Rückschlusses von den am Würfel gefundenen Versuchsergebnissen auf jene der Platten zu suchen; im arithmetischen Gesamtmittel gleichen sich diese Unregelmässigkeiten gegenseitig nahezu wieder aus, es entsteht eine Gerade von s_0 bis s_{16} .

Bekanntlich gelten für zwei oder mehr Punkte einer Geraden mit den Coordinaten x_1, y_1 und x_2, y_2 beziehungsweise x_3, y_3 und dem Neigungswinkel zur Abscissenaxe $= \beta$ die Gleichungen $\frac{x_1 - x_2}{y_1 - y_2} = \cotg \beta = C$; $\frac{x_1 - x_3}{y_1 - y_3} = C$; $\frac{x_2 - x_3}{y_2 - y_3} = C$; für jede hiezu parallele Gerade ist $\frac{x'_1 - x'_2}{y'_1 - y'_2} = C$, $\frac{x'_1 - x'_3}{y'_1 - y'_3} = C$ etc.

Da in unserem Falle die specifischen Gewichte als Abscissen, die Feuchtigkeitsgehalte als Ordinaten aufgetragen wurden, so lassen sich diese Gleichungen durch Substituierung der bezüglichen, schon bekannten Ausdrücke an Stelle der Coordinatenbezeichnungen direct hier anwenden und so schreiben: $\frac{s_{\varphi_2} - s_0}{\varphi_2 - \varphi_0} = C$; $\frac{s_{\varphi_1} - s_0}{\varphi_1 - \varphi_0} = C$; $\frac{s_{\varphi_2} - s_{\varphi_1}}{\varphi_2 - \varphi_1} = C$; für jeden

anderen Probekörper, beziehungsweise für jeden anderen Probestamm von anderem specifischen Gewichte gelten wegen des schon früher erwähnten Parallelismus der das specifische Gewicht bei verschiedener Feuchtigkeit darstellenden Linien die Gleichungen:

$$\frac{s'_{\varphi_2} - s_0'}{\varphi_2' - \varphi_0'} = C; \frac{s'_{\varphi_1} - s_0'}{\varphi_1' - \varphi_0'} = C; \frac{s'_{\varphi_2} - s'_{\varphi_1}}{\varphi_2' - \varphi_1'} = C.$$

Da s_0 und s_0' ; s_{φ_1} und s'_{φ_1} ; s_{φ_2} und s'_{φ_2} sowie die zugehörigen Feuchtigkeitszahlen φ_0 und φ_0' ; φ_1 und φ_1' ; φ_2 und φ_2' (wobei $\varphi_0 = \varphi_0' = 0$) experimentell bekannt sind, so lässt sich mit Hilfe dieser Gleichungen aus dem gesammten Untersuchungsmateriale die Constante C , das ist der Variations-Coëfficient für die Aenderung des specifischen Gewichtes mit dem Feuchtigkeitsgehalte des Holzkörpers, berechnen. Diese Berechnung enthält die nachfolgende Tabelle D auf Seite 54 und 55, und zwar für jede einzelne Scheibe der zwölf Probestämme, also für $6 \times 12 = 72$ Proben.

Die Zahlenansätze der Columnen 2 bis 7 der vorstehenden Tabelle sind den in den Tabellen 2 bis 13 niedergelegten Untersuchungsergebnissen des Gesamtmateriales entnommen, und zwar entsprechen die Zahlen der Columnen 2 und 3 der Tabelle D jenen in Colonne 13 der Einzeltabellen für die Druckversuche, die in Colonne 5 und 6 jenen der Colonne 12, und die Werthe der Colonne 7 der ersteren Tabelle jenen in Colonne 19 der letzteren.

In den Columnen 14 bis 16 der Tabelle D erscheinen nun die Quotienten aus den Differenzen zwischen specifischem Gewichte und Feuchtigkeitsgehalt, die Variations-Coëfficienten C . Man sieht, dass diese Werthe in Colonne 15, in welcher nur gleichwerthige Probekörper (Platten) miteinander in Vergleich gesetzt sind, ziemlich gut übereinstimmen und nur wenig von ihrem Mittelwerthe, 0.2, abweichen, während in Colonne 14, noch mehr aber in Colonne 16, welche die bezüglichen Werthe zwischen Würfeln und Platten enthalten, die Einzelwerthe schon mehr untereinander differiren und in vielen Fällen überhaupt, als zur Mittelbildung ungeeignet, eliminirt werden mussten. Die Ursache dieser Unregelmässigkeit ist, wie schon wiederholt angedeutet wurde, die gerade beim Holze so grosse Unsicherheit des Rückschlusses vom Theile auf das Ganze, von der Platte auf den Würfel, dem sie entnommen wurde.

Als Gesamtmittel für den gesuchten Variations-Coëfficienten C ergibt sich somit, wenn wir nur die streng vergleichbaren, an plattenförmigen Holzproben gewonnenen Zahlenwerthe berücksichtigen, der Werth von 0.2.

Wir haben also die Gleichung:

$$\begin{aligned} \frac{s_{\varphi_1} - s_0}{\varphi_1 - \varphi_0} &= 0.2, \text{ oder allgemein:} \\ \frac{s_{\varphi} - s_0}{\varphi} &= 0.2 \text{ und} \\ s_{\varphi} - s_0 &= 0.2 \cdot \varphi \text{ oder} \\ s_0 &= s_{\varphi} - 0.2 \cdot \varphi. \end{aligned} \quad 1.$$

Da für einen anderen Feuchtigkeitsgrad φ' die Gleichung $s_0 = s_{\varphi'} - 0.2 \cdot \varphi'$ gilt, so ist

$$\begin{aligned} s_{\varphi'} - s_{\varphi} &= 0.2 (\varphi' - \varphi) \text{ oder} \\ s_{\varphi'} &= s_{\varphi} - 0.2 \cdot \varphi + 0.2 \cdot \varphi'. \end{aligned}$$

Diese Gleichungen gelten vorläufig nur für Feuchtigkeitswerthe zwischen 0 und circa 17%, da der Wassergehalt der zur Berechnung des Variations-Coëfficienten verwendeten Holzproben sich innerhalb dieser Grenzen bewegte.

Setzen wir also in die letzte Gleichung für φ' den Normal-Feuchtigkeitsgehalt von 15%, so erhalten wir die Gleichung

$$\begin{aligned} s_{15} &= s_{\varphi} - 0.2 \cdot \varphi + 3 & 2; \\ \text{für } \varphi = 0 \text{ ist } s_{15} &= s_0 + 3. & 3. \end{aligned}$$

Ermittlung

des Variations-Coëfficienten für die Aenderung des specifischen Gewichtes
mit dem Feuchtigkeitsgehalte des Holzkörpers.

Tabelle D.

(Aus dem gesammten Untersuchungsmateriale.)

Bezeichnung der Scheibe	Feuchtigkeitsgehalt in Procenten des Trockengewichtes			Specifisches Gewicht, 100fach			Differenzen des Feuchtigkeitsgehaltes			Differenzen des specifischen Gewichtes			Quotient der Differenzen, Variations-Coëfficient = C		
	φ_2	φ_1	φ_0	s_{φ_2}	s_{φ_1}	s_0	$\varphi_2 - \varphi_0$	$\varphi_1 - \varphi_0$	$\varphi_2 - \varphi_1$	$s_{\varphi_2} - s_0$	$s_{\varphi_1} - s_0$	$s_{\varphi_2} - s_{\varphi_1}$	$\frac{s_{\varphi_2} - s_0}{\varphi_2 - \varphi_0}$	$\frac{s_{\varphi_1} - s_0}{\varphi_1 - \varphi_0}$	$\frac{s_{\varphi_2} - s_{\varphi_1}}{\varphi_2 - \varphi_1}$
	Würfel		Platten	Würfel		Platten	Würfel-Platte	Platte-Platte	Würfel-Platte	Würfel-Platte	Platte-Platte	Würfel-Platte	Würfel-Platte	Platte-Platte	Würfel-Platte
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1/I	16.4	12.6	0	38.0	37.7	35.1	16.4	12.6	3.8	2.9	2.6	0.3	0.177	0.206	0.079
1/II	16.5	11.4	0	37.7	36.2	34.1	16.5	11.4	5.1	3.6	2.1	1.5	0.218	0.184	0.294
1/III	17.6	12.4	0	37.8	37.0	34.5	17.6	12.4	5.2	3.3	2.5	0.8	0.187	0.202	0.154
1/IV	16.2	12.0	0	37.9	37.2	35.1	16.2	12.0	4.2	2.8	2.1	0.7	0.173	0.175	0.167
1/V	.	11.2	0	.	38.3	36.2	.	11.2	.	.	2.1	.	.	0.188	.
1/VI	16.1	11.5	0	38.6	38.0	35.8	16.1	11.5	4.6	2.8	2.2	0.6	0.174	0.191	0.130
2/I	16.6	13.0	0	43.1	42.7	40.0	16.6	13.0	3.6	3.1	2.7	0.4	0.187	0.208	0.111
2/II	17.2	12.9	0	43.2	42.8	40.1	17.2	12.9	4.3	3.1	2.7	0.4	0.180	0.209	0.093
2/III	.	12.8	0	.	44.0	41.2	.	12.8	.	.	2.8	.	.	0.219	.
2/IV	17.0	12.3	0	42.5	42.7	40.1	17.0	12.3	4.7	2.4	2.6	— 0.2	.	0.211	.
2/V	.	11.8	0	.	42.8	40.3	.	11.8	.	.	2.5	.	.	0.212	.
2/VI	16.0	11.2	0	43.9	43.8	40.9	16.0	11.2	4.8	3.0	2.9	0.1	0.187	0.259	0.021
3/I	.	13.0	0	.	41.9	38.9	.	13.0	.	.	3.0	.	.	0.231	.
3/II	.	11.6	0	.	39.9	37.6	.	11.6	.	.	2.3	.	.	0.198	.
3/III	15.2	12.5	0	40.2	39.0	36.5	15.2	12.5	2.7	3.7	2.5	1.2	0.243	0.200	0.445
3/IV	15.0	11.0	0	40.2	39.0	36.8	15.0	11.0	4.0	3.4	2.2	1.2	0.227	0.200	0.300
3/V	15.3	10.6	0	41.7	39.4	37.1	15.3	10.6	4.7	4.6	2.3	2.3	.	0.217	.
3/VI	15.6	11.0	0	42.2	40.8	38.2	15.6	11.0	4.6	4.0	2.6	1.4	0.256	0.236	0.304
4/I	16.2	12.4	0	36.8	36.3	33.9	16.2	12.4	3.8	2.9	2.4	0.5	0.179	0.194	0.132
4/II	16.0	12.3	0	39.1	37.0	34.5	16.0	12.3	3.7	4.6	2.5	2.1	.	0.203	.
4/III	.	11.6	0	.	36.7	34.3	.	11.6	.	.	2.4	.	.	0.207	.
4/IV	.	11.9	0	.	36.9	34.5	.	11.9	.	.	2.4	.	.	0.202	.
4/V	.	12.3	0	.	37.0	34.5	.	12.3	.	.	2.5	.	.	0.208	.
4/VI	16.5	11.8	0	37.8	36.9	34.6	16.5	11.8	4.7	3.2	2.3	0.9	0.194	0.195	0.191
5/I	16.0	12.8	0	42.2	41.2	38.8	16.0	12.8	3.2	3.4	2.4	1.0	0.212	0.188	0.312
5/II	14.8	11.6	0	42.2	40.5	38.3	14.8	11.6	3.2	3.9	2.2	1.7	0.263	0.190	.
5/III	16.3	12.0	0	40.1	40.1	37.8	16.3	12.0	4.3	2.3	2.3	0.0	0.141	0.192	.
5/IV	16.6	11.9	0	41.5	40.5	38.1	16.6	11.9	4.7	3.4	2.4	1.0	0.205	0.202	0.213
5/V	15.1	11.5	0	45.5	41.3	38.9	15.1	11.5	3.6	6.6	2.4	4.2	.	0.209	.
5/VI	15.7	11.5	0	42.7	41.6	39.2	15.7	11.5	4.2	3.5	2.4	1.1	0.223	0.209	0.262
6/I	14.2	11.7	0	42.6	42.2	40.0	14.2	11.7	2.5	2.6	2.2	0.4	0.183	0.188	0.160
6/II	16.2	12.4	0	41.6	41.6	39.0	16.2	12.4	3.8	2.6	2.6	0.0	0.160	0.210	.
6/III	.	11.9	0	.	41.9	39.4	.	11.9	.	.	2.5	.	.	0.210	.
6/IV	15.1	11.5	0	43.0	41.5	39.0	15.1	11.5	3.6	4.0	2.5	1.5	0.265	0.217	0.416
6/V	16.1	12.1	0	43.5	43.1	40.2	16.1	12.1	4.0	3.3	2.9	0.4	0.205	0.240	0.100
6/VI	15.6	11.4	0	46.3	44.9	42.1	15.6	11.4	4.2	4.2	2.8	1.4	.	0.245	0.333
7/I	14.8	11.4	0	39.0	37.7	35.3	14.8	11.4	3.4	3.7	2.4	1.3	0.250	0.210	0.382
7/II	16.4	13.1	0	41.8	37.9	35.0	16.4	13.1	3.3	6.8	2.9	3.9	.	0.221	.
7/III	15.7	12.7	0	38.2	37.8	35.3	15.7	12.7	3.0	2.9	2.5	0.4	0.185	0.197	0.133
7/IV	15.8	12.3	0	39.5	38.5	36.4	15.8	12.3	3.5	3.1	2.1	1.0	0.196	0.171	0.286
7/V	15.6	9.8	0	43.1	40.2	38.3	15.6	9.8	5.8	4.8	1.9	2.9	.	0.194	.
7/VI	15.5	11.7	0	42.2	40.9	38.4	15.5	11.7	3.8	3.8	2.5	1.3	0.245	0.214	0.342

Tabelle D (Fortsetzung).

Bezeichnung der Scheibe	Feuchtigkeits- gehalt in Procenten des Trockengewichtes			Specifisches Gewicht, 100fach			Differenzen des Feuchtigkeits- gehaltes			Differenzen des specifischen Gewichtes			Quotient der Differenzen, Variations- Coëfficient = <i>C</i>		
	φ_2		φ_0	s_{φ_2}	s_{φ_1}	s_0	$\varphi_2 - \varphi_0$	$\varphi_1 - \varphi_0$	$\varphi_2 - \varphi_1$	$s_{\varphi_2} - s_0$	$s_{\varphi_1} - s_0$	$s_{\varphi_2} - s_{\varphi_1}$	$\frac{s_{\varphi_2} - s_0}{\varphi_2 - \varphi_0}$	$\frac{s_{\varphi_1} - s_0}{\varphi_1 - \varphi_0}$	$\frac{s_{\varphi_2} - s_{\varphi_1}}{\varphi_2 - \varphi_1}$
	Würfel	Platten		Würfel	Platten		Würfel- Platte	Platte - Platte	Würfel- Platte	Würfel- Platte	Platte - Platte	Würfel- Platte	Würfel- Platte	Platte - Platte	Würfel- Platte
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
8/I	15.4	12.7	0	39.3	39.0	36.4	15.4	12.7	2.7	2.9	2.6	0.3	0.188	0.205	0.111
8/II	16.5	12.8	0	39.7	38.9	36.3	16.5	12.8	3.7	3.4	2.6	0.8	0.206	0.203	0.216
8/III	16.4	12.7	0	40.1	38.4	35.9	16.4	12.7	3.7	4.2	2.5	1.7	0.256	0.197	.
8/IV	16.1	12.0	0	38.8	38.2	36.1	16.1	12.0	4.1	2.7	2.1	0.6	0.168	0.175	0.146
8/V	16.6	12.5	0	38.4	38.1	35.7	16.6	12.5	4.1	2.7	2.4	0.3	0.163	0.192	0.073
8/VI	16.2	11.5	0	39.8	38.5	36.1	16.2	11.5	4.7	3.7	2.4	1.3	0.228	0.209	0.277
9/I	15.8	12.4	0	42.8	41.8	38.8	15.8	12.4	3.4	4.0	3.0	1.0	0.253	0.242	0.294
9/II	16.3	12.3	0	42.0	42.0	39.7	16.3	12.3	4.0	2.3	2.3	0.0	0.141	0.187	.
9/III	16.5	12.6	0	41.3	40.7	37.8	16.5	12.6	3.9	3.5	2.9	0.6	0.212	0.230	0.154
9/IV	16.3	12.2	0	40.4	38.7	36.4	16.3	12.2	4.1	4.0	2.3	1.7	0.245	0.189	0.414
9/V	15.9	11.9	0	41.0	40.5	38.0	15.9	11.9	4.0	3.0	2.5	0.5	0.189	0.210	0.125
9/VI	16.4	11.9	0	43.1	42.5	39.6	16.4	11.9	4.5	3.5	2.9	0.6	0.213	0.244	0.133
10/I	14.8	12.4	0	44.5	44.3	41.7	14.8	12.4	2.4	2.8	2.6	0.2	0.189	0.210	0.083
10/II	15.5	12.7	0	44.2	44.2	41.7	15.5	12.7	2.8	2.5	2.5	0.0	0.161	0.197	.
10/III	17.7	12.2	0	44.8	45.0	42.7	17.7	12.2	5.5	2.1	2.3	— 0.2	.	0.189	.
10/IV	16.0	12.6	0	44.6	43.7	41.2	16.0	12.6	3.4	3.4	2.5	0.9	0.212	0.198	0.265
10/V	16.1	12.7	0	44.4	43.8	41.3	16.1	12.7	3.4	3.1	2.5	0.6	0.192	0.197	0.176
10/VI	16.6	12.2	0	46.2	45.3	42.8	16.6	12.2	4.4	3.4	2.5	0.9	0.205	0.205	0.205
11/I	15.6	13.0	0	37.5	36.6	34.1	15.6	13.0	2.6	3.4	2.5	0.9	0.218	0.192	0.346
11/II	15.4	11.8	0	38.4	39.0	36.4	15.4	11.8	3.6	2.0	2.6	— 0.6	0.21	0.220	.
11/III	16.4	12.3	0	37.9	37.2	34.8	16.4	12.3	4.1	3.1	2.4	0.7	0.189	0.195	0.171
11/IV	15.5	11.9	0	40.2	38.9	36.9	15.5	11.9	3.6	3.3	2.0	1.3	0.213	0.168	0.361
11/V	16.5	12.2	0	40.5	39.1	36.9	16.5	12.2	4.3	3.6	2.2	1.4	0.218	0.180	0.325
11/VI	14.5		0	40.9		36.7	14.5			4.2					
12/I	17.2	13.9	0	36.7	36.4	33.5	17.2	13.9	3.3	3.2	2.9	0.3	0.186	0.209	0.091
12/II	16.3	12.4	0	36.3	35.3	33.1	16.3	12.4	3.9	3.2	2.2	1.0	0.196	0.177	0.256
12/III	16.4	12.1	0	36.7	35.9	33.8	16.4	12.1	4.3	2.9	2.1	0.8	0.177	0.174	0.186
12/IV	15.7	11.6	0	36.9	36.2	34.2	15.7	11.6	4.1	2.7	2.0	0.7	0.172	0.172	0.171
12/V	15.8	12.0	0	38.0	37.2	34.7	15.8	12.0	3.8	3.3	2.5	0.8	0.209	0.208	0.211
12/VI	17.6	12.7	0	39.2	37.8	35.1	17.6	12.7	4.9	4.1	2.7	1.4	0.233	0.213	0.286
Im Durchschnitt													0.203	0.203	0.217
Abgerundet													.	0.2	

Hiebei wird nochmals darauf aufmerksam gemacht, dass die specifischen Gewichte s_0 , s_{15} und s_{φ} im hundertfachen Werthe ausgedrückt sind, φ aber den Feuchtigkeitsgehalt in Procenten des absoluten Trockengewichtes bedeutet. Mit Hilfe der Gleichung 2 lässt sich daher bei gegebenem specifischen Gewichte und dem zugehörigen Feuchtigkeitsgehalte die Reduction des specifischen Gewichtes auf den Normal-Wassergehalt von 15% in einfacher Weise rechnerisch durchführen; natürlich ist die Anwendung dieser Formel vorläufig auf die gegenständlichen Untersuchungen, das ist also auf das Holz der Fichte Süd-Tirols, beschränkt.

Für die Druckfestigkeit.

Ganz analog wie für das specifische Gewicht erfolgt die Berechnung des Variations-Coefficienten zwischen Feuchtigkeit und Druckfestigkeit des Holzkörpers, sowie die Aufstellung der Reductionsformel für den Normal-Feuchtigkeitsgehalt.

Man kann sich auch hier überzeugen, dass die Beziehung zwischen Feuchtigkeit und Druckfestigkeit sich durch eine gerade Linie darstellen lässt, indem man sich die bezüglichen Werthe φ_1 und β_{φ_1} , φ_2 und β_{φ_2} und β_0 aus den einzelnen Tabellen 2 bis 13 stammweise herauszieht, die Druckfestigkeiten als Abscissen, die zugehörigen Feuchtigkeitsprocente als Ordinaten graphisch aufträgt, und die so gewonnenen Punkte durch gerade Linien verbindet.

Die hiezu erforderlichen Daten enthält die hier beigefügte Zusammenstellung.

Stamm-Nr.	P l a t t e n			W ü r f e l	
	β_0	φ_1	β_{φ_1}	φ_2	β_{φ_2}
1	588	12·8	410	16·6	301
2	704	12·7	466	16·7	342
3	632	12·5	409	15·3	334
4	563	12·4	352	16·2	271
5	685	12·4	445	15·7	340
6	689	11·9	444	15·4	361
7	646	12·6	422	15·6	301
8	670	13·0	399	16·2	314
9	672	12·6	446	16·2	325
10	762	12·8	481	16·1	356
11	595	12·3	392	15·6	296
12	552	12·6	380	16·5	286
Durchschnitt .	646	12·55	420·5	16·0	319

Hiezu wird bemerkt, dass φ_2 und β_{φ_2} , also die die würfelförmigen Probekörper betreffenden Werthe, direct aus dem Gesamtmittel der Colonne 13 beziehungsweise 14 der Einzeltabellen 2 bis 13 für jeden einzelnen Stamm entnommen werden können, während die Werthe von φ_1 und β_{φ_1} für die im lufttrockenen Zustande der Druckprobe unterworfenen Platten erst durch Mittelbildung aus Colonne 13 beziehungsweise 14 berechnet werden müssen. β_0 ist die aus Colonne 20 der Tabellen 2 bis 13 direct entnommene durchschnittliche Druckfestigkeit der Platten im absolut trockenen Zustande.

Durch die Auftragung der für die einzelnen Stämme geltenden mittleren Druckfestigkeiten und der zugehörigen Feuchtigkeitsgehalte als rechtwinklige Coordinaten resultirt auch hier ein System mehr oder weniger paralleler Linien, die jedoch in ihrem oberen, zwischen β_{φ_1} und β_{φ_2} liegenden Aste durchwegs von der Richtung des unteren, zwischen β_0 und β_{φ_1} liegenden Theiles dieser Linie auffallend abweichen. Die Ursache dieser Erscheinung liegt hier nicht so sehr in der Unsicherheit der Wassergehaltsbestimmung der Würfel, als hauptsächlich in dem schon im Abschnitte über den Einfluss der Höhe des Probekörpers auf die Druckfestigkeit (Seite 45 dieser Abhandlung) erörterten Umstande, dass würfelförmige Holzproben eine geringere Festigkeit aufweisen als plattenförmige; und diesem Umstande ist der erwähnte Bruch in dem Liniensysteme zuzuschreiben, da ungleichwerthige Probekörper miteinander in Vergleich gesetzt sind. Wir werden uns somit bei der Berechnung des Variations-Coëfficienten zwischen Feuchtigkeit und Druckfestigkeit ausschliesslich an die mit gleichartigen Probekörpern (Platten) gewonnenen Untersuchungsergebnisse zu halten haben, da die Untersuchung der Druckfestigkeit an Würfeln in verschiedenen Trockenstufen nicht vorgesehen war.

Vermöge der Constructionsweise der die Druckfestigkeit darstellenden Linien und wegen ihres parallelen Verlaufes resultiren für die Beziehung zwischen Druckfestigkeit und Feuchtigkeit die Gleichungen:

$$\frac{\beta_0 - \beta_{\varphi_1}}{\varphi_1 - \varphi_0} = \cotg \beta' = C'; \quad \frac{\beta'_0 - \beta'_{\varphi_1}}{\varphi'_1 - \varphi'_0} = C' \text{ etc.}$$

Die Berechnung des Variations-Coëfficienten C' aus dem gesammten Untersuchungsmateriale ist in der nachfolgenden Tabelle *E* auf Seite 58 und 59 durchgeführt.

Nach dem früher Gesagten ist für uns in dieser Frage lediglich die Colonne 15 massgebend.

Die Einzelwerthe dieser Colonne zeigen nichtsdestoweniger untereinander schon grössere Abweichungen, ein Beweis, dass die Druckfestigkeit des Holzkörpers noch viel stärkeren Schwankungen unterliegt als das specifische Gewicht und durch eine Menge Factoren, deren Vorhandensein sich weder vermuthen noch nachweisen lässt, beeinflusst wird.

Als Gesamt-Durchschnittswerth für C' ergibt sich laut Tabelle *E* rund 18.0, und es lauten daher die Gleichungen:

$$\frac{\beta_0 - \beta_{\varphi_1}}{\varphi_1 - \varphi_0} = 18, \text{ oder allgemein:}$$

$$\frac{\beta_0 - \beta_{\varphi}}{\varphi} = 18, \text{ respective}$$

$$\beta_0 = \beta_{\varphi} + 18 \cdot \varphi \quad 4.$$

Für einen anderen

Wassergehalt φ' ist

$$\beta_0 = \beta_{\varphi'} + 18 \cdot \varphi'$$

woraus .

$$\beta_{\varphi'} = \beta_{\varphi} + 18 (\varphi - \varphi') \text{ resultirt.}$$

Setzen wir wieder für $\varphi' = 15\%$, so erhalten wir die Reductionsgleichung für die Druckfestigkeit

$$\beta_{15} = \beta_{\varphi} + 18 \cdot \varphi - 270. \quad 5;$$

für $\varphi = 0$ ist

$$\beta_{15} = \beta_0 - 270 \quad 6,$$

wobei β_0 , β_{15} und β_{φ} in Kilogramm pro 1 cm^2 , φ wie immer in Procenten vom Gewichte im absolut trockenen Zustande des Holzkörpers auszudrücken ist.

e) Abhängigkeit des Quotienten aus Druckfestigkeit und specifischem Gewichte vom Wassergehalte des Holzkörpers.

Wir haben auf Seite 37 dieser Abhandlung erwähnt, dass der Quotient aus Druckfestigkeit und specifischem Gewichte, $\frac{\beta}{s}$, einen guten Qualitätszeiger für das Holz im bautechnischen Sinne und einen Vergleichsmassstab für Hölzer verschiedener Provenienz und Holzart abgibt; letzteres natürlich nur dann, wenn sowohl β als s auf eine einheitliche Basis, etwa bei 15% Wassergehalt, gestellt sind.

Um nun diesen Quotienten $\frac{\beta}{s}$ in seinem Verhalten unter wechselnder Feuchtigkeit sowohl als in deren Extremen zu erforschen, wurde der im Folgenden beschriebene Versuch ausgeführt; derselbe bietet gleichzeitig die Möglichkeit, die Grenzen des Geltungsbereiches der im vorigen Abschnitte abgeleiteten Reductionsformeln zu bestimmen.

Dieser Versuch ist in Tabelle *F* auf Seite 60 und 61 ziffermässig, in Fig. 13 auf Seite 63 graphisch dargestellt.

Ermittlung

des Variations-Coëfficienten für die Aenderung der Druckfestigkeit
mit dem Feuchtigkeitsgehalte des Holzkörpers.

Tabelle E.

(Aus dem gesammten Untersuchungsmateriale.)

Bezeichnung der Scheibe	Feuchtigkeitsgehalt in Procenten des Trockengewichtes			Druckfestigkeit kg/cm^2			Differenzen des Feuchtigkeitsgehaltes			Differenzen der Druckfestigkeit			Quotient der Differenzen, Variations-Coëfficient = C'		
	φ_2	φ_1	φ_0	β_{φ_2}	β_{φ_1}	β_0	$\varphi_2 - \varphi_0$	$\varphi_1 - \varphi_0$	$\varphi_2 - \varphi_1$	$\beta_0 - \beta_{\varphi_2}$	$\beta_0 - \beta_{\varphi_1}$	$\beta_{\varphi_1} - \beta_{\varphi_2}$	$\beta_0 - \beta_{\varphi_2}$ $\varphi_2 - \varphi_0$	$\beta_0 - \beta_{\varphi_1}$ $\varphi_1 - \varphi_0$	$\beta_{\varphi_1} - \beta_{\varphi_2}$ $\varphi_2 - \varphi_1$
	Würfel		Platten	Würfel		Platten	Würfel-Platte	Platte-Platte	Würfel-Platte	Würfel-Platte	Platte-Platte	Würfel-Platte	Würfel-Platte	Platte-Platte	Würfel-Platte
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1/I	16.4	13.5	0	300	407	592	16.4	13.5	2.9	292	185	107	17.8	13.7	36.9
1/II	16.5	12.4	0	302	414	606	16.5	12.4	4.1	304	192	112	18.4	15.5	27.3
1/III	17.6	14.0	0	291	394	599	17.6	14.0	3.6	308	205	103	17.5	14.6	28.6
1/IV	16.2	12.7	0	302	406	514	16.2	12.7	3.5	212	108	104	13.1	8.5	29.7
1/V	.	11.5	0	.	430	616	.	11.5	.	.	186	.	.	16.2	.
1/VI	16.1	.	0	311	.	600	16.1	.	.	289	.	.	17.9	.	.
2/I	16.6	13.6	0	331	421	774	16.6	13.6	3.0	443	353	90	27.0	26.0	30.0
2/II	17.2	13.2	0	338	474	681	17.2	13.2	4.0	343	207	136	19.9	15.7	34.0
2/III	.	13.0	0	.	471	737	.	13.0	.	.	266	.	.	20.5	.
2/IV	17.0	13.2	0	338	458	688	17.0	13.2	3.8	350	230	120	20.6	17.4	31.6
2/V	.	12.2	0	.	480	639	.	12.2	.	.	159	.	.	13.0	.
2/VI	16.0	11.2	0	360	489	703	16.0	11.2	4.8	343	214	129	21.4	19.1	26.9
3/I	.	13.3	0	.	411	660	.	13.3	.	.	249	.	.	18.7	.
3/II	.	12.2	0	.	405	594	.	12.2	.	.	189	.	.	15.5	.
3/III	15.2	12.9	0	316	374	661	15.2	12.9	2.3	345	287	58	22.7	22.2	25.2
3/IV	15.0	.	0	305	.	639	15.0	.	.	334	.	.	22.2	.	.
3/V	15.3	.	0	319	.	601	15.3	.	.	282	.	.	18.4	.	.
3/VI	15.6	11.5	0	395	446	635	15.6	11.5	4.1	240	189	51	15.4	16.4	12.4
4/I	16.2	13.2	0	254	328	596	16.2	13.2	3.0	342	268	74	21.1	20.3	24.7
4/II	16.0	.	0	280	.	525	16.0	.	.	245	.	.	15.3	.	.
4/III	.	12.0	0	.	322	529	.	12.0	.	.	207	.	.	17.2	.
4/IV	.	11.9	0	.	388	596	.	11.9	.	.	208	.	.	17.5	.
4/V	.	12.6	0	.	372	546	.	12.6	.	.	174	.	.	13.8	.
4/VI	16.5	.	0	280	.	584	16.5	.	.	304	.	.	18.4	.	.
5/I	16.0	.	0	343	.	673	16.0	.	.	330	.	.	20.6	.	.
5/II	14.8	.	0	332	.	696	14.8	.	.	364	.	.	24.6	.	.
5/III	16.3	12.5	0	351	443	612	16.3	12.5	3.8	261	169	92	16.0	13.5	24.2
5/IV	16.6	12.3	0	360	447	721	16.6	12.3	4.3	361	274	87	21.7	22.3	20.2
5/V	15.1	.	0	278	.	691	15.1	.	.	413	.	.	27.3	.	.
5/VI	15.7	.	0	378	.	716	15.7	.	.	338	.	.	21.5	.	.
6/I	14.2	10.3	0	322	399	666	14.2	10.3	3.9	344	267	77	24.2	25.9	19.7
6/II	16.2	12.8	0	338	411	669	16.2	12.8	3.4	331	258	73	20.4	20.2	21.5
6/III	.	12.4	0	.	439	669	.	12.4	.	.	230	.	.	18.5	.
6/IV	15.1	.	0	332	.	690	15.1	.	.	358	.	.	23.7	.	.
6/V	16.1	12.6	0	332	462	698	16.1	12.6	3.5	366	236	130	22.7	18.7	37.1
6/VI	15.6	11.4	0	482	507	744	15.6	11.4	4.2	262	237	25	16.8	20.8	5.9
7/I	14.8	.	0	284	.	552	14.8	.	.	268	.	.	18.1	.	.
7/II	16.4	13.0	0	269	358	620	16.4	13.0	3.4	351	262	89	21.4	20.1	26.2
7/III	15.7	13.2	0	310	393	648	15.7	13.2	2.5	338	255	83	21.5	19.3	33.2
7/IV	15.8	12.7	0	321	432	693	15.8	12.7	3.1	372	261	111	23.5	20.5	35.8
7/V	15.6	11.9	0	295	440	682	15.6	11.9	3.7	387	242	145	24.8	20.3	39.2
7/VI	15.5	12.3	0	326	487	679	15.5	12.3	3.2	353	192	161	22.8	15.6	50.3

Tabelle E (Fortsetzung).

Bezeichnung der Scheibe	Feuchtigkeits- gehalt in Procenten des Trockengewichtes			Druckfestigkeit <i>kg/cm²</i>			Differenzen des Feuchtigkeits- gehaltes			Differenzen der Druckfestigkeit			Quotient der Differenzen, Variations- Coefficient = <i>C'</i>		
	φ_2	φ_1	φ_0	β_{φ_2}	β_{φ_1}	β_0	$\varphi_2 - \varphi_0$	$\varphi_1 - \varphi_0$	$\varphi_2 - \varphi_1$	$\beta_0 - \beta_{\varphi_2}$	$\beta_0 - \beta_{\varphi_1}$	$\beta_{\varphi_1} - \beta_{\varphi_2}$	$\beta_0 - \beta_{\varphi_2}$ $\varphi_2 - \varphi_0$	$\beta_0 - \beta_{\varphi_1}$ $\varphi_1 - \varphi_0$	$\beta_{\varphi_1} - \beta_{\varphi_2}$ $\varphi_2 - \varphi_1$
	Würfel	Platten		Würfel	Platten		Würfel - Platte	Platte - Platte	Würfel - Platte	Würfel - Platte	Platte - Platte	Würfel - Platte	Würfel - Platte	Platte - Platte	Würfel - Platte
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
8/I	15.4	13.3	0	313	392	669	15.4	13.3	2.1	356	277	79	23.1	20.8	37.6
8/II	16.5	13.4	0	313	375	717	16.5	13.4	3.1	404	342	62	24.5	25.5	20.0
8/III	16.4		0	313		635	16.4			322			19.6		
8/IV	16.1	13.0	0	317	396	687	16.1	13.0	3.1	370	291	79	23.0	22.4	25.5
8/V	16.6	13.7	0	311	411	639	16.6	13.7	2.9	328	228	100	19.7	16.6	34.5
8/VI	16.2	11.5	0	316	422	672	16.2	11.5	4.7	356	250	106	22.0	21.7	22.5
9/I	15.8	13.4	0	320	453	659	15.8	13.4	2.4	339	206	133	21.4	15.4	55.4
9/II	16.3	12.3	0	340	464	743	16.3	12.3	4.0	403	279	124	24.7	22.7	31.0
9/III	16.5	13.1	0	327	459	603	16.5	13.1	3.4	276	144	132	16.7	11.0	38.8
9/IV	16.3	12.4	0	322	454	662	16.3	12.4	3.9	340	208	132	20.8	16.8	33.8
9/V	15.9	12.1	0	315	427	674	15.9	12.1	3.8	359	247	112	22.5	20.4	29.5
9/VI	16.4	12.3	0	328	420	692	16.4	12.3	4.1	364	272	92	22.2	22.1	22.4
10/I	14.8	12.8	0	374	462	746	14.8	12.8	2.0	399	284	115	26.9	22.2	57.5
10/II	15.5	13.5	0	359	465	766	15.5	13.5	2.0	407	301	106	26.3	22.3	53.0
10/III	17.7	12.8	0	336	459	781	17.7	12.8	4.9	445	322	123	25.1	25.1	25.1
10/IV	16.0	13.2	0	351	466	682	16.0	13.2	2.8	331	216	115	20.7	16.4	41.1
10/V	16.1	12.6	0	360	496	757	16.1	12.6	3.5	397	261	136	24.6	20.7	38.9
10/VI	16.6	12.0	0	383	536	841	16.6	12.0	4.6	458	305	153	27.6	25.4	33.2
11/I	15.6	13.2	0	273	352	569	15.6	13.2	2.4	296	217	79	19.0	16.4	32.9
11/II	15.4	11.2	0	275	392	525	15.4	11.2	4.2	250	133	117	16.2	11.9	27.8
11/III	16.4	12.7	0	288	388	580	16.4	12.7	3.7	292	192	100	17.8	15.1	27.0
11/IV	15.5	12.0	0	302	397	586	15.5	12.0	3.5	284	189	95	18.3	15.7	27.1
11/V	16.5	12.4	0	320	432	683	16.5	12.4	4.1	363	251	112	22.0	20.2	27.3
11/VI	14.5		0	319		630	14.5			311			21.4		
12/I	17.2	12.8	0	270	345	505	17.2	12.8	4.4	235	160	75	13.7	12.5	17.0
12/II	16.3	12.7	0	284	379	538	16.3	12.7	3.6	254	159	95	15.6	12.5	26.4
12/III	16.4	12.8	0	289	374	523	16.4	12.8	3.6	234	149	85	14.3	11.6	23.6
12/IV	15.7	12.4	0	283	386	567	15.7	12.4	3.3	284	181	103	18.1	14.6	31.2
12/V	15.8	12.3	0	300	401	577	15.8	12.3	3.5	277	176	101	17.5	14.3	28.8
12/VI	17.6	12.6	0	293	394	599	17.6	12.6	5.0	306	205	101	17.4	16.3	20.2
Im Durchschnitt													20.66	18.06	30.19
Abgerundet														18.0	

Unter-

über die Abhängigkeit der Druckfestigkeit vom spezifischen

durchgeführt an Holzplatten

(Vide Graphikon

Tabelle F.

Bezeichnung des Probekörpers, aus welchem die Platten entnommen wurden			Bezeichnung der Platte	Nummer der Trockenstufen	Dimensionen der Platten			Absolutes Gewicht	Wassergehalt in Procenten des absoluten Trocken- gewichtes = $\varphi\%$	Specifisches Gewicht		Rohe Werthe					
					unmittelbar vor der Druckprobe: s_p resp. s_0	umgerechnet auf den Feuchtigkeitsgehalt von $\varphi = 15\% = s_{15}$	aus direct ermittelten										
Länge							Breite			Höhe							
Millimeter																	
g			%			100fach			t			Kil o-					
1			2			3			4			5			6		
Platten aus dem Trumm 2b	P $_{\alpha}$	1	101.1	102.1	30.3	133.1	9.8	42.6	43.6	55.7	540	446					
		2	98.5	100.0	"	121.2	0.0	40.6	43.6	69.8	709	439					
	P $_{\beta}$	1	101.5	102.5	30.5	133.2	11.2	42.0	42.8	50.9	490	422					
		2	101.0	102.0	"	130.0	8.5	41.4	42.7	53.5	519	402					
		3	98.3	100.0	"	120.1	0.3	40.1	43.0	58.8	598	333					
	P $_{\gamma}$	4	98.3	99.7	"	119.8	0.0	40.0	43.0	62.4	637	367					
		1	104.3	105.8	30.4	155.4	28.7	46.3	43.6	22.5	204	451					
		2	103.2	104.6	"	144.8	20.0	44.1	43.1	36.2	335	425					
		3	101.7	102.7	"	134.4	11.4	42.3	43.0	51.5	493	428					
	P $_{\delta}$	4	101.9	103.0	"	132.4	9.7	41.5	42.6	51.7	492	397					
		5	100.4	101.5	"	125.1	3.6	40.4	42.7	60.6	599	394					
		6	99.1	99.9	"	120.7	0.0	40.0	43.0	61.5	621	351					
	P $_{\epsilon}$	1	103.8	105.0	30.5	152.9	23.9	46.0	44.2	31.6	290	450					
		2	101.9	102.9	"	137.8	11.7	43.1	43.8	48.2	459	400					
		3	100.0	101.0	"	129.6	5.0	42.1	44.1	51.5	510	330					
	P $_{\zeta}$	4	98.6	100.2	"	123.4	0.0	41.0	44.0	59.4	601	331					
		1	102.0	103.0	30.6	136.6	12.4	42.5	43.0	50.6	481	434					
		2	101.0	101.7	"	131.0	7.8	41.7	43.1	56.8	553	423					
		3	99.4	100.7	"	125.3	3.1	40.9	43.3	58.4	583	369					
	P $_{\eta}$	4	99.0	100.0	"	121.5	0.0	40.1	43.1	60.2	608	338					
		1	103.1	104.6	30.5	148.5	22.3	45.2	43.7	33.2	308	439					
		2	103.1	104.6	"	145.3	19.7	44.2	43.3	33.2	308	393					
	P $_{\theta}$	3	102.0	103.0	"	136.9	12.7	42.7	43.2	43.4	413	372					
		4	101.5	103.0	"	136.6	12.5	42.9	43.4	43.0	411	366					
		5	99.6	98.4	"	121.4	0.0	40.6	43.6	62.8	641	371					
Platten aus dem Trumm 7d	P $_{\alpha}$	1	126.5	127.0	30.3	209.1	12.1	42.9	43.5	79.8	497	445					
		2	123.5	124.0	"	188.8	1.2	40.7	43.5	95.6	624	376					
		3	122.8	123.4	"	186.5	0.0	40.6	43.6	94.0	620	350					
	P $_{\beta}$	1	130.8	131.5	30.5	259.0	40.2	49.4	44.4	34.0	202	—					
		2	126.8	127.7	"	239.0	29.3	48.4	45.5	34.8	215	472					
		3	123.0	123.9	"	189.7	2.6	40.8	43.4	89.0	584	361					
	P $_{\gamma}$	4	122.2	123.3	"	184.8	0.0	40.2	43.2	92.6	614	344					
		1	130.2	131.0	30.2	232.0	26.8	45.0	42.6	37.6	220	432					
		2	122.7	123.7	"	185.0	1.1	40.3	43.1	91.4	602	352					
		3	122.0	123.0	"	182.9	0.0	40.1	43.1	95.5	636	366					
	P $_{\delta}$	1	127.0	129.4	30.1	210.7	15.6	42.5	42.4	70.6	429	439					
		2	124.5	126.0	"	194.3	6.6	41.1	42.8	81.8	521	370					
		3	122.0	123.8	"	182.3	0.0	40.1	43.1	92.7	614	344					
	P $_{\epsilon}$	1	129.5	131.1	30.5	236.0	27.7	45.6	43.1	34.3	202	431					
		2	127.0	128.0	"	211.8	14.6	42.7	42.8	69.6	428	421					
		3	123.0	124.6	"	192.2	4.0	41.1	43.3	78.2	510	312					
		4	122.4	123.5	"	184.8	0.0	40.1	43.1	92.0	609	339					

suchung

Gewichte und dem Wassergehalte des Holzkörpers,

von 3 cm Stärke.

Fig. 13.)

Corrigirte Werthe		Nach Formel: $\beta_{\varphi} = 20 s_{\varphi} - 22 \varphi - 100$ gerechnete Druckfestigkeit	Differenz zwischen der corrigirten und nach nebenstehender Formel berechneten Druckfestigkeit		Quotient aus Druckfestigkeit und spezifischem Gewichte $= \frac{\beta}{s} \left(\frac{\text{Col. 15}}{\text{Col. 9}} \right)$	Bemerkungen
Festigkeitsdaten			+	-		
Correctionsfactor	Druckfestigkeit bei verschiedenem Wassergehalte nach erfolgter Correctur					
14	15	16	17	18	19	20
0	540	536	4		12.7	Die Werthe in Colonne 10 sind nach Formel: $s_{15} = s_{\varphi} - 0.2 \cdot \varphi + 3$, jene in Colonne 13 nach Formel: $\beta_{15} = \beta_{\varphi} + 18 \cdot \varphi - 270$ berechnet worden. Die Correctionsfactoren in Colonne 14 resultiren als Differenzwerthe aus Co- lonne 13.
7	716	712	4		17.6	
0	490	494		4	11.7	
20	539	541		2	13.0	
89	687	695		9	17.1	
55	692	700		8	17.3	
—	204	195	9		4.4	
0	335	342		7	7.6	
— 3	490	495		5	11.6	
28	520	517	3		12.5	
31	630	629	1		15.6	
74	695	700		5	17.2	
0	290	294		4	6.3	
50	509	505	4		11.8	
120	630	632		2	15.0	
119	720	720			17.6	
0	481	477	4		11.3	
11	564	562	2		13.5	
65	648	650		2	15.8	
96	704	702	2		17.5	
0	308	313		5	6.8	
46	354	351	3		8.0	
65	478	475	3		11.2	
73	484	483	1		11.3	
68	709	712		3	17.4	
0	497	492	5		11.6	
69	693	688	5		17.0	
95	715	712	3		17.6	
—	202	4			4.1	
0	215	223		8	4.4	
111	695	659	36		17.0	
128	742	704	38		18.4	
0	220	210	10		4.9	
80	682	682			16.9	
66	702	702			17.5	
0	489	407	32		10.3	
69	589	577	12		14.3	
95	709	702	7		17.7	
0	202	203		1	4.4	
10	438	433			10.2	
119	629	634		5	15.3	
92	701	702		1	17.5	

Von einem ast- und fehlerfreien prismatischen Holzstücke aus dem Trumme 2 *b* wurden 6 Stück je 3 cm starke Platten $P_\alpha, P_\beta, P_\gamma, P_\delta, P_\epsilon$ und P_ζ , von dem Trumme 7 *d*, welches nahezu das gleiche spezifische Trockengewicht besitzt, fünf gleich starke Platten P_α bis P_ϵ abgeschnitten. Der ursprüngliche Wassergehalt dieser einzelnen Platten schwankte zwischen 40·2% (7 *d* — P_β) und 9·8% (2 *b* — P_α), wobei die höheren Feuchtigkeitsgrade durch künstliche Wassertränkung herbeigeführt wurden. Jede dieser Platten wurde nun in ihrer ursprünglichen (ersten) Trockenstufe zur Ermittlung ihres spezifischen Gewichtes gemessen und gewogen und sodann der Druckprobe unterworfen. Hierbei wurde aber die Vorsicht gebraucht, die Druckwirkung knapp vor dem zu gewärtigenden Bruche abzustellen und so den Probekörper vor der ausgesprochenen Cohäsionszerstörung zu bewahren. Den Anhaltspunkt hiezu bot die gelegentlich der Brucherscheinungen Seite 32 erwähnte Eigenthümlichkeit des Holzes, den bevorstehenden Bruch durch ein momentanes Nachlassen der Spannung zu signalisiren.

Hierauf wurden die Proben einige Zeit getrocknet, wieder gemessen, gewogen und unter Beobachtung der geschilderten Vorsichtsmassregeln neuerdings der Druckprobe unterworfen. Auf diese Weise wurde jede einzelne Platte in mehreren Trockenstufen untersucht; die unter 10% liegenden Trockenheitsgrade wurden hiebei durch künstliche Austrocknung im Trockenofen herbeigeführt. Schliesslich wurde der absolut trockene Zustand erreicht und die Platte bis zum durchgreifenden Bruche belastet.

Durch diese Anordnung des Versuches ist die Gleichmässigkeit und strenge Vergleichsfähigkeit der Versuchsergebnisse gewährleistet, worauf bei dem Materiale „Holz“ wegen seiner schwankenden, dem Individuum anhaftenden Eigenthümlichkeiten das Hauptaugenmerk zu richten ist.

Die Verarbeitung der gewonnenen Versuchsergebnisse ist aus der Tabelle *F* ersichtlich. Aus den für die einzelnen Trockenstufen notirten absoluten Gewichten konnten in Colonne 8 nach Anhalt des schliesslichen Dörrgewichtes die verschiedenen Feuchtigkeitsprocente zurückgerechnet werden. Die Berechnung der spezifischen Gewichte für die einzelnen Trockenstufen ist einwandfrei, zumal bei der während der Druckprobe angewendeten Vorsicht eine Querdilatation nicht eintreten konnte und die Höhe für alle Trockenstufen einer Platte als unveränderlich angenommen wurde. Dagegen erfordert die für die jeweilige Trockenstufe berechnete Druckfestigkeit eine Correctur.

Man sieht zwar, wie in Colonne 12 bei abnehmender Feuchtigkeit der Probe die Druckfestigkeit, wie ja selbstverständlich, stetig wächst; doch lässt sich von vornherein annehmen, dass die Druckfestigkeit eines zu wiederholtenmalen gedrückten Probekörpers nicht mehr jene Höhe erreichen wird, welche demselben bei nur einmaliger Inanspruchnahme zukommen müsste. Dies lässt sich aus Colonne 13 dieser Tabelle erkennen: Hier wird die Druckfestigkeit mit Hilfe der abgeleiteten Reduktionsformel $\beta_{15} = \beta_\varphi + 18 \cdot \varphi - 270$ auf eine einheitliche Basis gestellt. Für jede einzelne Probeplatte sollte nun diese Reduktionszahl constant sein; sie ist es, wie ein Blick auf die Tabelle zeigt, nicht, sondern nimmt umsomehr ab, je öfter der Probekörper der Druckprobe unterzogen wurde. Die in Colonne 14 ersichtliche Abweichung dieser reducirten Druckfestigkeiten von der bei der erstmaligen Reduction erhaltenen gibt uns offenbar jenen Betrag an, um welchen die Druckfestigkeit der Probekörper bei den einzelnen Trockenstufen infolge der mehrmals wiederholten Druckprobe zu gering ausgefallen ist. Diese so corrigirten Ansätze enthält Colonne 15.

Trägt man sich die Zahlen für die spezifischen Gewichte (Colonne 9) und jene für die Druckfestigkeit (Colonne 15) für die verschiedenen Trockenstufen mit Hilfe eines rechtwinkligen Coordinatensystems graphisch auf und zieht die ausgleichenden Mittellinien, so erhält man für die spezifischen Gewichte eine Gerade von $s_0 = 40\cdot3$ bis etwa $s_{20} = 44\cdot3$, also mit der Neigung zur Abscissenachse $\tan \beta = 0\cdot2$, für die Druckfestigkeit eine Gerade von

$\beta_0 = 706$ bis circa $\beta_{22} = 308$, also mit der Neigung $\tan \beta = 18$. Beide Linien gehen nach oben in eine sanfte Curve und sodann (bei Feuchtigkeitsgraden von etwa 30% an) wiederum in eine Gerade über, um in dem Stadium der Wassersättigung des Holzes abzubrechen.

Bauschinger*) hat diese die Abhängigkeit der Druckfestigkeit vom Feuchtigkeitsgehalte darstellende Linie als stetig gekrümmte Curve construiert, indem er in nur drei Trockenstufen (circa 8, 15 und 40% Feuchtigkeit) die Druckfestigkeit bestimmte. Nach den Ergebnissen des eben besprochenen Versuches scheint dies insofern unrichtig zu sein, als dieses Verhältnis in den höheren Trockenheitsgraden ein constantes ist, also sich von 0 bis etwa 20% Wassergehalt durch eine Gerade darstellen lässt.

Durch das eben Gesagte ist auch schon das Verhalten des Quotienten aus Druckfestigkeit und specifischem Gewichte gegeben. Die betreffenden Zahlenwerthe enthält Colonne 19 der Tabelle F, die graphische Darstellung zeigt nebenstehende Fig. 13.

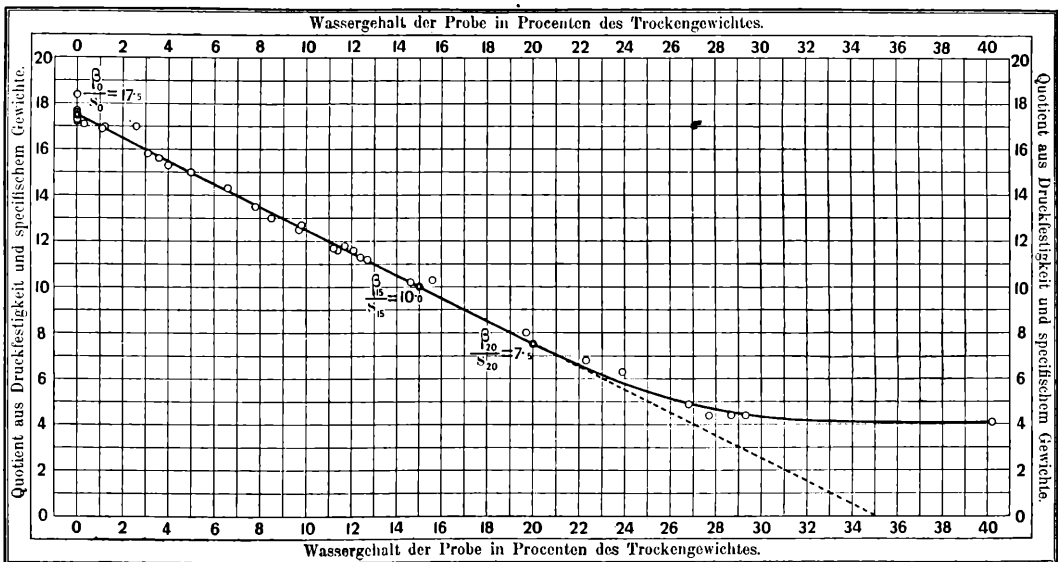


Fig. 13.

Graphische Darstellung der Abhängigkeit des Quotienten aus Druckfestigkeit und specifischem Gewichte vom Wassergehalte des Holzkörpers.

Die Auftragung der Quotienten erfolgte wieder auf Grund eines rechtwinkligen Coordinatensystems, wobei erstere als Ordinaten, die zugehörigen Wassergehalte als Abscissen erscheinen. Die so erhaltenen Punkte ordnen sich ziemlich genau in eine gerade Linie von $\frac{\beta_0}{s_0} = 17.5$ bis $\frac{\beta_{20}}{s_{20}} = 7.5$; von hier ab beginnt eine sanfte Curve, welche schliesslich wieder (bei etwa 30% überschreitendem Wassergehalte) in eine gerade, zur Abscissenaxe parallele Linie übergeht und in dem Momente des Maximums der Wasseraufsaugung mit $\frac{\beta_{40}}{s_{40}} = 4.0$ ihr Ende findet.

Hieraus folgt also, dass die Voraussetzungen, unter welchen die früher abgeleiteten Reductionsformeln Geltung haben, nur für Feuchtigkeitsgrade von 0 bis circa 20% zutreffen, d. h. wir können aus dem bekannten specifischen Gewichte und der Druckfestigkeit eines

*) Literatur-Verzeichnis Nr. 8 (16. Heft).

Fichtenholzes aus dem Wuchsgebiete Südtirol, dessen Wassergehalt den Procentsatz von 20 bis 22 nicht übersteigt, mit Hilfe der aufgestellten Formeln jenes specifische Gewicht und jene Druckfestigkeit berechnen, welche dasselbe im lufttrockenen Zustande bei einem Wassergehalte von 15% vom absoluten Trockengewichte besitzen würde.

f) Beziehungen zwischen Druckfestigkeit und specifischem Gewichte.

Der gerade Verlauf der Linie, welche, wie wir im vorigen Abschnitte gesehen haben, die Beziehungen zwischen Druckfestigkeit und specifischem Gewichte innerhalb gewisser, durch den Wassergehalt des Holzkörpers gezogener Grenzen ausdrückt, legt es nahe, diese Beziehungen nach dem Vorgange Bauschinger's durch eine allgemeine Gleichung (ersten Grades) darzustellen, in welcher die Druckfestigkeit eine einfache Function des specifischen Gewichtes darstellt.

Bekanntlich ist die allgemeine Gleichung einer Geraden $y = c + x \operatorname{tg} \beta = c + C x$, wobei β den Winkel, den die Gerade mit der Abscissenaxe bildet, bezeichnet.

Da nun, wenn wir wieder von den an plattenförmigen Proben gewonnenen Resultaten ausgehen, die Druckfestigkeit β_0 mit dem specifischen Gewichte s_0 , ebenso β_{15} mit s_{15} , wie man sich durch Auftragen der bezüglichen Werthe in Colonne 14 und 15 beziehungsweise 19 und 22 der Tabelle 15 in ein rechtwinkeliges Coordinatennetz überzeugen kann, in einer geraden Proportion stehen und die Verbindungslinie dieser Punkte eine Gerade bildet, so lässt sich die Beziehung zwischen diesen Grössen β und s durch die Gleichungen ausdrücken:

$$\beta_0 = c + C s_0 \text{ und } \beta_{15} = c' + C' s_{15}.$$

Zur Bestimmung der Constanten c und C , sowie c' und C' stehen uns je zwölf Werthe (die aus den zwölf Probestämmen gebildeten Mittelwerthe) zur Verfügung; dieselben lassen sich somit nach der Theorie der kleinsten Quadrate berechnen, und es ist

$$c = \frac{\sum s_0 \sum s_0 \beta_0 - \sum \beta_0 \sum s_0^2}{(\sum s_0)^2 - n \sum s_0^2};$$

$$C = \frac{\sum s_0 \sum \beta_0 - n \sum s_0 \beta_0}{(\sum s_0)^2 - n \sum s_0^2}.$$

Analog lauten die Bestimmungsgleichungen für c' und C' .

Die nachstehende Zusammenstellung enthält die aus der Tabelle 15 entnommenen und für plattenförmige Holzproben geltenden Werthe für s_0 und β_0 , s_{15} und β_{15} und die zur Rechnung erforderlichen Producte derselben.

Stamm-Nr.	Absolut trockener Zustand: $\varphi = 0\%$					Lufttrockener Zustand: $\varphi = 15\%$				
	s_0	β_0	$s_0 \beta_0$	s_0^2	$(\sum s_0)^2$	s_{15}	β_{15}	$s_{15} \beta_{15}$	s_{15}^2	$(\sum s_{15})^2$
1	35.0	588	20580.0	1225.00		38.0	341	12958.0	1444.00	
2	40.5	704	28512.0	1640.25		43.7	430	18791.0	1909.69	
3	37.7	632	23826.4	1421.29		40.6	360	14616.0	1648.36	
4	34.5	563	19423.5	1190.25		37.4	296	11070.4	1398.76	
5	38.3	685	26235.5	1466.89		41.5	415	17222.5	1722.25	
6	39.4	689	27146.6	1552.36		43.2	406	17539.2	1866.24	
7	36.6	646	23643.6	1339.56		39.4	369	14538.6	1552.36	
8	36.6	670	24522.0	1339.56		39.0	382	14898.0	1521.00	
9	38.8	672	26073.6	1505.44		41.5	403	16724.5	1722.25	
10	41.7	762	31775.4	1738.89		44.9	467	20968.3	2016.01	
11	36.2	595	21539.0	1310.44		38.8	331	12842.8	1505.44	
12	34.0	552	18768.0	1156.00		37.0	309	11433.0	1369.00	
Summe	449.3	7758	292045.6	16885.93	201870.49	485.0	4509	183602.3	19675.36	235225.00
	$\sum s_0$	$\sum \beta_0$	$\sum s_0 \beta_0$	$\sum s_0^2$	$(\sum s_0)^2$	$\sum s_{15}$	$\sum \beta_{15}$	$\sum s_{15} \beta_{15}$	$\sum s_{15}^2$	$(\sum s_{15})^2$

$$c = \frac{449.3 \times 292045.6 - 7758 \times 16885.93}{201870.49 - 12 \times 16885.93} = -282.70,$$

$$C = \frac{449.3 \times 7758 - 12 \times 292045.6}{201870.49 - 12 \times 16885.93} = 24.82.$$

$$\begin{array}{rcl} \text{Ebenso ist } c' & = & -376.33, \\ C' & = & 18.61. \end{array}$$

Die gesuchten Gleichungen lauten somit:

$$\beta_0 = 24.82 s_0 - 282.70 \quad 7.$$

$$\beta_{15} = 18.61 s_{15} - 376.33 \quad 8.$$

Diese beiden Gleichungen haben eine unpraktische Form, lassen sich aber leicht in die bequeme Form

$$\begin{array}{l} \beta_0 + 100 = k s_0 \dots \\ \text{und } \beta_{15} = k s_{15} + m \end{array}$$

transformieren.

Im ersteren Falle ist nach der Theorie der kleinsten Quadrate:

$$\begin{aligned} k &= \frac{\Sigma (\beta_0 + 100) s_0}{\Sigma s_0^2} = \frac{\Sigma (\beta_0 s_0) + 100 \Sigma s_0}{\Sigma s_0^2} \\ &= \frac{292045.6 + 100 \times 449.3}{16885.93} = 19.96 \text{ oder rund } = 20. \end{aligned}$$

Analog folgt aus Gleichung 8:

$$\frac{1.39 \Sigma s_{15}}{n} + 376.33 = -\frac{\Sigma m}{n}, \text{ hieraus } m = -432.5 \text{ oder rund } = -430.$$

Die Gleichungen 7 und 8 können somit durch die in ihrer Anwendung bequemerer Gleichungen

$$\beta_0 = 20 s_0 - 100. \quad 9,$$

beziehungsweise

$$\beta_{15} = 20 s_{15} - 430 \quad 10$$

ersetzt werden, wobei sich letztere auch aus der ersteren ableiten lässt; denn nach Gleichung 4 ist

$$\begin{array}{l} \beta_0 = \beta_\varphi + 18 \cdot \varphi, \text{ daher} \\ \beta_\varphi + 18 \cdot \varphi = 20 s_0 - 100; \text{ und da nach Gleichung 1} \quad s_0 = s_\varphi - 0.2 \cdot \varphi \text{ ist, so ist} \\ \beta_\varphi = 20 s_\varphi - 22 \cdot \varphi - 100 \quad 11, \end{array}$$

welche für $\varphi = 15\%$ übergeht in obige Form:

$$\beta_{15} = 20 s_{15} - 430 \dots \dots \dots 10,$$

ein Beweis, dass zwischen den Factoren Feuchtigkeit, spezifisches Gewicht und Druckfestigkeit eine überraschend streng gesetzmässige Beziehung besteht.

Gleichung 11 ist somit die allgemeine Form von Gleichung 10; hiebei ist β in kg/cm^2 , s als hundertfacher Werth des spezifischen Gewichtes zu verstehen.

Der Ableitung dieser Gleichung entsprechend gilt dieselbe nur für plattenförmige Holzproben und für die Fichte des Wachstgebietes Süd-Tirol.

Colonne 16 der Tabelle F zeigt einige mit Formel 11 berechnete Resultate, welche die Giltigkeit dieser Formel bestätigen.

Für würfelförmige Proben ergibt sich in analoger Berechnung die Gleichung:

$$\beta_{15} = 9.32 s_{15} - 41.2 \text{ oder durch Transformation} \quad \beta_{15} = 10 s_{15} - 70. \quad 12.$$

Die Gleichungen 10 und 12 stellen zwei Gerade vor, welche von einem Schnittpunkte aus ($s_{15} = 36.0$ und $\beta_{15} = 290$) mit wachsendem spezifischen Gewichte und steigender Druckfestigkeit immer mehr divergiren. Je grösser daher die Druckfestigkeit, desto grösser auch die

Differenz zwischen den Druckmoduln des Würfels und der Platte. Diese Differenz bewegt sich im Rahmen der gegenständlichen Untersuchungen von etwa 3% bei Stamm Nr. 12 bis circa 24% bei Probestamm 10, beträgt somit im Mittel 11%.

4. Vertheilung der Druckfestigkeit auf der Querfläche.

Infolge der organischen, nicht nur nach den verschiedenen Altersperioden des erzeugten Holzes, sondern auch von Jahrring zu Jahrring und sogar innerhalb desselben wechselnden Structur des Holzkörpers ist auch die Widerstandsfähigkeit der Holzfasern und der seitliche Zusammenhang zwischen den letzteren, somit auch die hiedurch bedingte Druckfestigkeit über die Querfläche eines Holzkörpers sehr ungleichmässig vertheilt, besonders wenn der Querschnitt, wie es bei unseren Druckproben der Fall ist, Kern- und Splintholz, also Holz von verschiedenem Alter, verschiedener Jahrringbreite, verschiedenem Feuchtigkeitsgehalte, verschiedener anatomischer und chemischer Constitution umfasst.

Die Druckfestigkeit, wie wir sie an unseren Probekörpern constatiren, ist also eine Resultirende aus verschiedenen Festigkeitswerthen; dasselbe gilt auch vom specifischen Gewichte.

Diese Thatsache wurde durch eine Reihe von Versuchen, welche speciell zu dem Zwecke angestellt wurden, um die Vertheilung der Druckfestigkeit auf der Querfläche und die sie bedingenden Umstände kennen zu lernen, näher untersucht.

Um nun kleinere Partien in der Querfläche eines Probekörpers auf ihre Festigkeit zu prüfen, wurde ein Eisenstempel (eiserne Würfel) von 10.2 cm^2 Querfläche auf die zu untersuchende Theilfläche aufgesetzt, und zwischen den Druckplatten der Material-Prüfungsmaschine unter Anwendung der geringen Druckreduction in die Hirnfläche eingedrückt. Hiebei dringt der Eisenstempel unter stetigem Wachsen des Widerstandes im Holze circa 1—2 mm tief ein, bis die Spannung im Probekörper ein Maximum, — entsprechend der Druckfestigkeit der durch den Stempel gedrückten Fläche, — erreicht, plötzlich nachlässt und daher das Quecksilber im Manometer sinkt. Lässt man den Druck noch länger fortwirken, so wird der Stempel immer tiefer eingedrückt, ohne dass der Widerstand im Holze die beobachtete Maximalhöhe wieder erreicht. Dies tritt erst dann wieder ein, wenn die Zusammendrückung des unter der Druckfläche liegenden Holzes eine bestimmte Grenze überschritten und das specifische Gewicht desselben die Höhe von circa 0.80 erreicht hat. (Vergl. Seite 33 dieser Abhandlung.) Es treten also alle Erscheinungen, wie wir sie bei der normalen Druckprobe beobachten können, auch hier auf, daher diese Versuche, obzwar am Umfange des eindringenden Stempels eine Abscherung stattfindet, doch den Druckversuchen zuzurechnen sein dürften.

Da es sich hier aber nicht so sehr darum handelt, die absolute Grösse der Druckfestigkeit der zu prüfenden Holzpartien zu ermitteln, als vielmehr die Festigkeit der einzelnen Theilfelder eines Probekörpers untereinander zu vergleichen, so scheint diese Versuchsanordnung umsomehr geeignet, als damit das umständliche und zeitraubende Zerlegen des zu prüfenden Holzes in zahlreiche Theilproben vermieden wird und angestellte Parallelversuche es bestätigten, dass die Druckfestigkeit der mit dem Eisenstempel geprägten Partien zwar etwas, jedoch in constantem Verhältnisse geringer ausfällt als diejenige der in gewöhnlicher Weise auf Druckfestigkeit geprägten Theilfelder.

Zum besseren Verständnisse mögen mehrere dieser Versuche hier vorgeführt werden.

1. Von einem ganz gleichmässig gebauten, fehlerfreien parallelepipedischen Holzstücke aus dem Trumme 10 wurden nebeneinander vier je 2.5 cm starke Platten (10, 10 a, 10 b und 10 c) entnommen; die Platten 10, 10 a und 10 b wurden auf die in Fig. 1 der Tafel VIII dargestellte Weise in neun Felder (1 bis 9) getheilt, von denen jedes genau der Druckfläche des Eisenstempels

(10.2 cm^2) entsprach; diese Theilfelder der genannten drei Platten wurden nun in der oben beschriebenen Weise mit dem Eisenstempel auf ihre Festigkeit geprüft, die Probe 10 c hingegen als ganze Platte in normaler Weise auf Druck beansprucht.

Die Ergebnisse zeigt untenstehende Tabelle G, in welche auch Angaben über den Jahrringbau dieser Platten aufgenommen erscheinen.

Tabelle G.

Theilfeld-Nr.	Platte 10			Platte 10 a			Platte 10 b			Platte 10 c				Mittel aus Platte 10, 10 a und 10 b		Der Jahrringe	
	Druckprobe der einzelnen Theilfelder mit dem Eisenstempel (10·2 cm ² Druckfläche)									Druckprobe der ganzen Platte							
	spezifisches Gewicht	Bruch- belastung	Druck- festigkeit	spezifisches Gewicht	Bruch- belastung	Druck- festigkeit	spezifisches Gewicht	Bruch- belastung	Druck- festigkeit	spezifisches Gewicht	Druckfläche	Bruch- belastung	Druck- festigkeit	spezifisches Gewicht	Druck- festigkeit	Zahl	Länge pro 1 cm ²
	100fach	t	kg cm ²	100fach	t	kg/cm ²	100fach	t	kg/cm ²	100fach	cm ²	t	kg/cm ²	100fach	kg cm ²		
1		4·64	455		4·28	420		4·34	426						434	37	8·157
2		4·38	429		4·21	413		4·18	410						417	28	6·078
3		4·44	435		4·22	414		4·20	412						420	21	4·970
4		4·58	449		4·32	424		4·26	418						430	26	5·970
5	43·0	4·45	436	43·2	4·21	413	43·4	4·10	402	43·2	103·4	46·0	445	43·2	417	19	4·147
6		4·22	414		3·98	390		3·98	390						398	16	3·451
7		4·50	441		4·08	400		4·05	397						413	18	4·627
8		4·54	445		4·17	409		4·11	403						419	14	3·549
9		4·20	412		3·93	385		3·82	374						390	12	2·853
Mittel	43·0		435	43·2		407	43·4		403	43·2			445	43·2	415		
Die fett gedruckten Zahlen bedeuten die zwei grössten, die mit Cursiv-Lettern gedruckten die zwei kleinsten Werthe.																	

Die fett gedruckten Zahlen bedeuten die zwei grössten, die mit Cursiv-Lettern gedruckten die zwei kleinsten Werthe.

Der Tabelle G ist zu entnehmen, dass die Druckfestigkeit der als Ganzes geprüften Platte 10 c um circa 8% grösser ist als diejenige der drei mit dem Eisenstempel felderweise geprüften Probekörper 10, 10 a und 10 b; die Festigkeit der einzelnen Felder differirt bei der einzelnen Platte vom Minimum zum Maximum um circa 10%; sie ist bei den gleichbezeichneten, congruenten Feldern der 3 Platten zwar nicht gleich, jedoch hält dieselbe bei der einzelnen Platte als auch im Vergleich der Platten untereinander vom Minimum (Theilfeld 9) zum Maximum (Theilfeld 1) immer dieselbe Reihenfolge ein. Das Sinken der Durchschnittsfestigkeit der drei Probekörper 10 (435 kg/cm^2) zu 10 a (407 kg/cm^2) zu 10 b (403 kg/cm^2) findet in dem Steigen des specifischen Gewichtes (43.0 zu 43.2 zu 43.4), hervorgerufen durch steigenden Wassergehalt, seine Erklärung.

Fragen wir uns nach der Ursache der in der Querfläche so stark differirenden Festigkeit, so scheint dieselbe in der verschiedenen Jahrringbildung der einzelnen Theilfelder gelegen zu sein: Das Minimum der Druckfestigkeit (Feld 9, im Mittel mit 390 kg/cm^2) fällt mit dem Minimum der Jahrringlänge pro 1 cm^2 (2.853 cm), das Maximum der ersteren (Feld 1 mit 434 kg/cm^2) mit dem Maximum der letzteren (8.157 cm) zusammen.

In Fig. 1 der Tafel VIII ist speciell Platte 10 mit den an deren Theilfeldern constatirten Festigkeitswerthen dargestellt.

2. Die Platten 9, 9 *a* und 9 *b* wurden wiederum in neun einander vollkommen entsprechende, die gleichen Jahrringe enthaltende Felder eingetheilt (siehe Fig. 2 der Tafel VIII, Platte 9 darstellend); hievon wurden Platte 9 und 9 *a* felderweise mit dem Eisenstempel geprüft, Platte 9 *b* dagegen in die vorbezeichneten neun Felder zerschnitten und jedes derselben separat zwischen den Druckplatten der Festigkeitsmaschine zerdrückt; die beiden ganz gleichen Platten 9 *c* und 9 *d* endlich wurden als ganze, ungetheilte Probekörper der Druckprobe in normaler Weise unterworfen.

Tabelle H enthält die bezüglichen Versuchsergebnisse.

Tabelle H.

Theilfeld-Nr.	Platte 9		Platte 9 a		Platte 9 b			Platte 9 c				Platte 9 d				Mittelwerthe aus Platte 9, 9 a und 9 b		Der Jahrringe		
	Druckprobe der einzelnen Theilfelder mit dem Eisenstempel (10·2 cm ² Druckfläche)				Druckprobe der einzelnen, aus der Platte herausgeschnittenen Theilfelder			Druckprobe der ganzen Platte												
	specifisches Gewicht	Druckfestigkeit	specifisches Gewicht	Druckfestigkeit	specifisches Gewicht	Querfläche	Bruchbelastung	Druckfestigkeit	specifisches Gewicht	Querfläche	Bruchbelastung	Druckfestigkeit	specifisches Gewicht	Querfläche	Bruchbelastung	Druckfestigkeit	specifisches Gewicht	Druckfestigkeit	Zahl	Länge pro 1 cm ²
	100fach	kg/cm ²	100fach	kg/cm ²	100fach	cm ²	t	kg/cm ²	100fach	cm ²	t	kg/cm ²	100fach	cm ²	t	kg/cm ²	100fach	kg/cm ²		
1		335		344	40·5	9·7	3·32	342									40·5	340	19	3·67
2		406		422	45·0	9·4	3·93	418									45·0	415	35	7·90
3		406		397	42·7	10·0	4·00	400									42·7	401	35	7·84
4		414		412	43·7	10·0	3·96	396									43·7	407	25	6·17
5	43·3	418	43·0	403	44·8	9·5	4·00	421	43·0	99·7	41·5	416	42·5	99·7	40·9	410	44·8	414	35	7·71
6		389		391	43·7	10·0	3·93	393									43·7	391	29	6·26
7		412		411	43·1	10·2	4·07	399									43·1	407	28	7·60
8		446		442	46·6	9·5	4·40	463									46·6	450	30	7·64
9		405		409	41·8	10·1	4·10	406									41·8	406	25	5·83
Mittel	43·3	403	43·0	403	43·5			404	43·0			416	42·5			410	43·5	403		
Die fett gedruckten Zahlen bedeuten die beiden grössten, die mit Cursiv-Lettern gedruckten die beiden kleinsten Werthe.																				

Der Vergleich zwischen 9 und 9 *a* mit 9 *b* zeigt, dass die auf den zwei verschiedenen Wegen gewonnenen Festigkeitszahlen sehr gut miteinander übereinstimmen. Ferner zeigt es sich, dass das specifische Gewicht der einzelnen Theilproben der Druckfestigkeit gerade proportionirt ist. Halten wir dieser Thatsache das aus den früheren Auseinandersetzungen resultirende Gesetz entgegen, dass die Druckfestigkeit mit dem (durch das Steigen des Feuchtigkeitsgehaltes hervorgerufenen) Wachsen des specifischen Gewichtes sinkt, so ist diese Beziehung nunmehr, wie ja schon Bauschinger*) nachgewiesen, dahin zu erweitern, dass unter sonst gleichen

*) Literatur-Verzeichnis Nr. 8, Heft 16 (1887).

Umständen die Druckfestigkeit bei gleichem Wassergehalte des Holzkörpers mit dem Steigen des specifischen Gewichtes wächst, bei gleichem specifischem Gewichte aber mit steigendem Wassergehalte abnimmt.

Was die Beziehung zwischen Druckfestigkeit, specifischem Gewichte und Jahrringdichte anbelangt, so weist wieder die weitringigste Partie (Theilfeld 1) das geringste specifische Gewicht, sowie die geringste Druckfestigkeit, die engringigste Partie (Feld 2) die zweitgrössten Werthe dieser beiden Eigenschaften auf. Während aber bei der zum vorhergehenden Versuche verwendeten Platte 10 die **Kernpartie** die geringste Druckfestigkeit besass, zeigt die Platte 9 dieses Minimum im **Splintholze**. Dieses Ergebnis, dass mit abnehmender Jahrringbreite das specifische Gewicht und die Druckfestigkeit zunimmt, kann jedoch nur für vollkommen vergleichbare Holzproben, also, wie im gegenwärtigen Falle, für verschiedene Partien eines und desselben Holzkörpers Geltung haben, da die aus dem gesammten Materiale abgeleiteten Resultate ein solches Gesetz nicht erkennen lassen.

3. Um endlich noch festzustellen, wie sich die bei dem Eindrücken eines Eisenstempels in die Hirnfläche einer Holzprobe constatirte Widerstandsfähigkeit des Holzes in ihrem absoluten Masse der reinen Druckfestigkeit gegenüber verhält, wurde von sechs nebeneinander abgeschnittenen, vollkommen gleichen und fehlerfreien Holzplatten (2 a bis 2 f) die erste, dritte und fünfte auf die ersterwähnte Art erprobt, die zweite, vierte und sechste dagegen in die congruenten neun Theilfelder zerschnitten und jede Theilprobe einzeln zwischen den Druckplatten der Festigkeitsmaschine zerdrückt.

Die bezüglichen Ergebnisse enthält untenstehende Tabelle J.

Tabelle J.

Nummer des Theilfeldes	Platte 2 a		Platte 2 c		Platte 2 e		Platte 2 b		Platte 2 d		Platte 2 f		Mittelwerthe			
	Druckprobe der einzelnen Theilfelder mit dem Eisenstempel (Druckfläche = 10·2 cm ²)						Druckprobe der einzelnen, aus der Platte herausgeschnittenen Theilfelder						aus den Platten 2 a, 2 c und 2 e		aus den Platten 2 b, 2 d und 2 f	
	specifisches Gewicht	Druckfestigkeit	specifisches Gewicht	Druckfestigkeit	specifisches Gewicht	Druckfestigkeit	specifisches Gewicht	Druckfestigkeit	specifisches Gewicht	Druckfestigkeit	specifisches Gewicht	Druckfestigkeit	specifisches Gewicht	Druckfestigkeit	specifisches Gewicht	Druckfestigkeit
	100fach	kg/cm ²	100fach	kg/cm ²	100fach	kg/cm ²	100fach	kg/cm ²	100fach	kg/cm ²	100fach	kg/cm ²	100fach	kg/cm ²	100fach	kg/cm ²
1		413		418		430	44·0	438	43·5	437	43·8	443		420	43·8	439
2		429		426		434	46·0	448	44·9	446	45·5	447		430	45·5	447
3		400		417		426	43·1	427	43·2	431	44·2	442		414	43·5	433
4		417		412		414	42·6	426	42·7	428	42·5	423		414	42·6	426
	43·1	387	42·9	390	43·2	385	42·2	398	42·7	406	43·7	410	43·0	387	42·9	405
6		379		405		409	44·8	421	45·4	426	45·4	428		398	45·2	425
7		376		378		374	40·6	392	40·7	391	40·6	380		376	40·6	388
8		384		395		387	42·0	405	42·5	408	42·8	391		389	42·4	401
9		373		388		382	42·1	392	42·7	395	42·2	380		381	42·3	389
Mittel	43·1	395	42·9	403	43·2	405	43·0	416	43·1	419	43·4	416	43·0	401	43·2	418

Die mit fetten Lettern gedruckten Zahlen bedeuten die zwei grössten, die mit Cursiv-Lettern gedruckten die zwei kleinsten Werthe.

Bildet man für die drei gleichmässig behandelten Probeplatten die Mittelwerthe, so resultirt als mittlere Druckfestigkeit für die Prüfungsmethode durch Eindringen des Eisenstempels in die Hirnfläche 401 kg/cm^2 , für die gewöhnliche Druckprobe 418 kg/cm^2 ; der Verlust an Druckfestigkeit infolge der Abscherung am Umfange des ins Holz eindringenden Eisenstempels beträgt daher circa 4% .

Die Felder der Platten 2 *a* bis 2 *f* sind in der Weise beziffert, dass Theilfeld 7 im Kerne, 3 im Splinte liegt; hiebei ist 7 das weitringigste Feld; die Breite der Jahrringe nimmt von hier regelmässig gegen die Peripherie ab und wächst erst wieder in der Mitte des Feldes 3 gegen den äussersten Splint zu. Auch bei diesen Probekörpern ist also die geringste Druckfestigkeit mit dem Minimum des specifischen Gewichtes und dem Maximum der Jahrringbreite verbunden.

β) Untersuchungen über Druckelasticität.

Zu diesen Untersuchungen dienten 500 mm lange, verschieden starke Prismen, welche in der Zahl von 4 Stück pro Stamm in der auf Seite 14 beschriebenen Weise aus den Probestämmen entnommen wurden. Diese Prismen wurden nach Erreichung des lufttrockenen Zustandes auf der Hobelbank sehr genau mit quadratischer Quersfläche appretirt und namentlich die Druckflächen vollkommen eben und senkrecht zu den Seitenflächen abgehobelt. Nach der Bestimmung des specifischen Gewichtes wurde nun der Martens'sche Spiegelapparat mit einer Entfernung der Stahlschneiden (also mit einer Messlänge *l*) von 200 mm in der Weise angebracht, dass gleichzeitig zwei Fasern, und zwar je an der vorderen und hinteren Seitenfläche, beobachtet werden konnten. Der so adjustirte Druckkörper wurde ohne Zwischenlagen zwischen die Druckplatten der Materialprüfungsmaschine gebracht; obzwar die untere Druckplatte beweglich gelagert ist, so müssen doch schon im unbelasteten Zustande die Druckflächen vollkommen genau an den Pressplatten anliegen, weil letztere, besonders bei stärkerer Belastung, fast unbeweglich sind und bei nicht genauer Anpassung die vordere und rückwärtige Faser sehr ungleichmässig deformirt werden.

Die Steigerung der Belastung erfolgte von Tonne zu Tonne, wobei von Zeit zu Zeit nach Erreichung gewisser Belastungen der Druck nachgelassen wurde, um etwaige bleibende Verkürzungen constatiren zu können. Die Beobachtung der Spiegelbewegungen in den beiden Fernrohren muss möglichst gleichzeitig erfolgen, da bei länger andauernder Spannung ein geringes Nachlassen derselben und daher eine Verschiebung der Spiegelbilder unausweichlich ist.

Um den Einfluss der Zeitdauer auf die Versuchsergebnisse möglichst zu eliminiren, erfolgte die Steigerung der Druckkräfte in bestimmten Zwischenräumen; ebenso wurde die Ablesung nach Zurücklassen des Druckes auf den Nullpunkt zur Constatirung der bleibenden Verkürzung stets nach Ablauf einer bestimmten Zeit (30 Secunden) vorgenommen.

Die Spiegelbeobachtung wurde über die Elasticitätsgrenze hinaus bis zur Flieessgrenze, das ist bis zu jenem Momente fortgesetzt, in welchem wegen der beginnenden Zerstörung des Materiales die Deformation eine continuirliche wird und daher eine Ablesung im Fernrohre wegen des scheinbaren Gleitens (Flieessens) der Scaln unmöglich wird. Hierauf wurde der Probekörper bis zum endgiltigen Bruche belastet, der Spiegelapparat abmontirt und die Feuchtigkeitsbestimmung der Probe vorgenommen.

Ein Beispiel für die Durchführung dieser Versuche, und zwar für das Prisma 10 *b* zeigt das Versuchs-Protokoll Tabelle *K* auf der nächsten Seite.

Diese Untersuchungen erheischen viel Zeit, Mühe und Geduld; bisweilen, besonders bei astigem Materiale, verstellen sich durch das Knistern der von den Aesten sich loslösenden Fasern die Spiegelchen so, dass der Versuch von neuem begonnen werden muss.

Druckelastizität.

Prismallänge: 500 Millimeter, Messlänge: 200 Millimeter.

Querschnittsfläche $J = b \times c = 105.5 \text{ mm} \times 105.5 \text{ mm} = 111.3 \text{ cm}^2$.

Volumen für die Messlänge = 2226 cm^3 .

Spezifisches Gewicht $s_p = 0.454$.

Wassergehalt $\varphi = 17.5\%$.

Tabelle K.

Versuchs-Protokoll.

Bezeichnung der Probe	Belastung in Tonnen	Spiegel links		Spiegel rechts		Summe der Spiegelbewegung = Verkürzung	Differenz	Bemerkung
		Ableseung	Differenz	Ableseung	Differenz			
		¹ / ₅₀₀ Centimeter				¹ / ₁₀₀₀ Centimeter		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10 b	0.0	14.00	.	2.00	.	.	.	Pro 1 t im Mittel 1.630.
	1.0	14.41	0.41	3.23	1.23	1.64	1.64	
	2.0	15.01	1.01	4.29	2.29	3.30	1.66	
	3.0	15.71	1.71	5.21	3.21	4.92	1.62	
	4.0	16.22	2.22	6.30	4.30	6.52	1.60	
	5.0	17.10	3.10	7.02	5.02	8.12	1.60	
	6.0	14.00	0.00	2.00	0.00	.	.	
	7.0	17.20	3.20	6.98	4.98	8.18	.	
	8.0	18.00	4.00	7.79	5.79	9.79	1.61	
	9.0	18.82	4.82	8.61	6.61	11.43	1.64	
	10.0	19.61	5.61	9.42	7.42	13.03	1.60	
	11.0	20.32	6.32	10.31	8.31	14.63	1.60	
	12.0	21.10	7.10	11.13	9.13	16.23	1.60	
	13.0	21.70	7.70	12.17	10.17	17.87	1.64	
	14.0	22.40	8.40	13.06	11.06	19.46	1.59	
	15.0	23.20	9.20	13.84	11.84	21.04	1.58	
	16.0	24.10	10.10	14.54	12.54	22.64	1.60	
	17.0	24.80	10.80	15.44	13.44	24.24	1.60	
	18.0	25.70	11.70	16.17	14.17	25.87	1.63	
	19.0	26.30	12.30	17.18	15.18	27.48	1.61	
	20.0	27.30	13.30	17.82	15.82	29.12	1.64	
	21.0	28.12	14.12	18.58	16.58	30.70	1.58	
	22.0	28.85	14.85	19.46	17.46	32.31	1.61	
	23.0	14.05	0.05	2.01	0.01	0.06	.	Pro 1 t im Mittel 1.60.
	24.0	21.00	6.95	10.98	8.97	15.92	.	
	25.0	28.80	14.75	19.08	17.07	31.82	.	
	26.0	29.60	15.55	19.88	17.87	33.42	1.60	
	27.0	30.20	16.15	20.83	18.82	34.97	1.55	
	28.0	31.20	17.15	21.47	19.46	36.61	1.64	
	29.0	32.00	17.95	22.27	20.26	38.21	1.60	Proportionalitäts-(Elasticitäts)-Grenze.
	30.0	32.84	18.79	23.03	21.02	39.81	1.60	
	31.0	33.61	19.56	23.89	21.88	41.44	1.63	
	32.0	34.52	20.47	25.38	23.37	43.84	2.40	
	33.0	35.50	21.45	26.09	24.08	45.53	1.69	
	34.0	36.31	22.26	26.91	24.90	47.16	1.63	
	35.0	37.12	23.07	27.81	25.80	48.87	1.71	Pro 1 t im Mittel 1.64.
	36.0	14.40	0.40	2.80	0.80	1.20	.	
	37.0	29.10	14.70	21.40	18.60	33.30	.	
	38.0	37.00	22.60	29.40	26.60	49.20	.	
	39.0	38.30	23.90	32.00	29.20	53.10	3.90	
	40.0	39.30	24.90	35.10	32.30	57.20	4.10	
	41.0	15.10	1.10	2.95	0.95	2.05	.	Fliessgrenze.

Bei 32 t Belastung ist eine Ableseung mit dem Spiegelapparate nicht mehr möglich, die Skala gerät in's Fließen, d. h. die Cohäsionsgrenze des Probematerials ist bereits überschritten. Eine weitere Belastung auf 35.7 t führt den Bruch des Probekörpers herbei.

Werden die Druckkräfte nicht scharf auf die gewünschte Höhe von ganzen Tonnen eingestellt, was bei dem raschen Steigen derselben oft unvermeidlich ist, und die Ablesungen in den Fernrohren nicht gleichzeitig und gleichmässig nach einem stets gleich bleibenden Zeitintervalle vorgenommen, so variiren die Differenzen zwischen den einzelnen Verkürzungen (Colonne 8 der Tabelle *K*) in solcher Weise, dass die Bestimmung der Elasticitätsgrenze, die hier überhaupt nicht scharf ausgeprägt ist, oft schwierig wird. Diese Grenze wurde nach dem Momente des beginnenden Steigens der Differenzen in den Verkürzungen, nicht nach dem Eintritte einer bestimmten bleibenden Deformation, angenommen. Noch weniger scharf lässt sich der Moment der erreichten Fließgrenze angeben; bisweilen hat die Faser auf der einen Seite des Probekörpers diese Grenze schon überschritten, während jene der anderen Seite sie noch nicht erreicht hat.

Bei der Berechnung der Verkürzung der Faser in Colonne 7 der Tabelle *K* wurde principiell die schon constatirte bleibende Verkürzung in Abzug gebracht, indem man von der Voraussetzung ausgieng, dass der Probekörper infolge seiner schon erlittenen Formänderungen nicht mehr derselbe ist wie der ursprüngliche, und daher auch seine weiteren Verkürzungen nicht mehr auf Grundlage der ursprünglichen, vor der Belastung constatirten Länge berechnet werden dürfen.

Aus den so direct gewonnenen Daten: Belastung an der Elasticitäts-, an der Fließgrenze und beim Bruche (Colonne 2, Tabelle *K*), sowie aus der Verkürzung bei der Elasticitäts- und Fließgrenze (Colonne 7) wurden die in der Tabelle 16 des Gesamtmateriales aufscheinenden Coëfficienten der Elasticitäts-, Fließ- und Cohäsionsgrenze berechnet, und zwar:

1. Die elastische Verkürzung pro 1 *t* (Colonne 15 der Tabelle 16) $\lambda = \frac{f}{p}$ *cm*, wobei *p* die Belastung in Tonnen und *f* die Verkürzung in Centimetern an der Elasticitätsgrenze bedeutet.

2. Der Elasticitätsmodul (Colonne 16) $\epsilon = \frac{p \cdot l}{f \cdot b \cdot h}$ in *t/cm*², unter *l* die Messlänge, auf welche sich die Beobachtungen beziehen (200 *mm*), und unter *b h* die Querschnittsabmessungen des Probe-Prismas verstanden.

3. Der Grenzmodul (Colonne 17) $\gamma = \frac{p}{b \cdot h}$ in *t/cm*².

4. Die specifische Arbeit an der Elasticitätsgrenze (Colonne 18), das ist jene Arbeit, welche die Volumseinheit innerhalb der Beobachtungszone aufgenommen, $a = \frac{1/2 p \cdot f}{l \cdot b \cdot h} = \frac{p \cdot f}{40 b \cdot h}$ in *t/cm*.

5. Die Verkürzung pro 1 *t* an der Fließgrenze (Colonne 21) $= \frac{\lambda_1}{p_1}$ in Centimetern, wobei λ_1 die absolute Verkürzung an der Fließgrenze, p_1 die diese Verkürzung hervorrufoende Last ist.

6. Der Fließmodul (Colonne 22) $\gamma_1 = \frac{p_1}{b \cdot h}$ in *t/cm*².

7. Die specifische Arbeit an der Fließgrenze (Colonne 23) $a_1 = \frac{1/2 p_1 \cdot \lambda_1}{l \cdot b \cdot h} = \frac{p_1 \cdot \lambda_1}{40 b \cdot h}$ in *t/cm*.

8. Die Druckfestigkeit (Colonne 25) $\beta = \frac{P}{bh}$ in t/cm^2 , wobei mit P die Bruchbelastung bezeichnet wird.

Die Reduction der Druckfestigkeit β_p , sowie diejenige des specifischen Gewichtes bei der Materialprüfung s_p (Colonne 11) auf den Normalwassergehalt von 15%, wurde in Colonne 26, beziehungsweise Colonne 12 nach den schon bekannten Formeln vorgenommen.

B. Biegeversuche.

1. Versuchsanordnung.

Zur Untersuchung der Biegeelasticität und gleichzeitig auch der Biegezugfestigkeit wurden Balken von 1·7 m Länge mit quadratischem, verschieden grossem Querschnitte verwendet; dieselben wurden nach der auf Seite 13 dargestellten Methode, je 4 Stück pro Stamm, aus seitlichem Holze entnommen.

Bei der Biegeprobe lagen diese Balken in einer Entfernung von 1·5 m frei auf und wurden durch eine in der Mitte concentrirte Einzellast auf Biegung beansprucht; hiebei befand sich die dem Kerne benachbarte Partie abwechselnd oben und unten, so dass die Fasern des Kerntheiles bei einzelnen Proben der Zug-, bei anderen der Druckseite angehörten. (Siehe Colonne 26 der Tabelle 18.) Vor der Probe wurde durch stereometrische Messung und Wägung das specifische Gewicht des Biegestabes im lufttrockenen Zustande, welcher dem Feuchtigkeitsgehalte von durchschnittlich 19%, des absoluten Trockengewichtes entsprach, bestimmt.

Die Steigerung der Belastungen erfolgte in Zwischenräumen von je 1 Minute (Zeitbestimmung mittelst Chronograph) von 200 zu 200 kg, wobei von Zeit zu Zeit nach Erreichung gewisser Spannungen behufs Constatirung der etwaigen bleibenden Durchbiegung auf den Anfangspunkt (Belastung = Null) zurückgegangen wurde. Die Beobachtung der Durchbiegungen (Biegepeile) wurde an zwei gegenüberliegenden Fasern der Balkenmitte vorgenommen. Nachdem die Elasticitätsgrenze erreicht war, was sich aus dem Steigen der bis dahin constanten Differenzen in den Durchbiegungen der einzelnen Belastungsstufen beurtheilen lässt, wurde der Balken entlastet, zur automatischen Aufnahme des Biegediagrammes der Registrirapparat eingeschaltet und der Probekörper nunmehr unter Einhaltung der bestimmten Belastungssteigerung von 0·2 Tonnen durchgebogen und schliesslich zum Bruche gebracht.

Gleichzeitig mit dem Registrirapparate wurde aber auch zur genauen Erhebung der zur Berechnung des Arbeitsdiagrammes benöthigten Durchbiegungsgrössen die Beobachtung an der Mikrometerschraube des Biege-Messapparates fortgesetzt, so dass also das automatisch aufgezeichnete Diagramm nur als Controle der Ablesungen diene und nur für die Ermittlung des Biegepfeiles beim Bruche herangezogen wurde. Letzteres ist dann nothwendig, wenn nur ein Beobachter zur Verfügung steht und daher die Durchbiegung des Balkens im Augenblicke des Bruches auf nur einer Seite an der Mikrometerschraube abgenommen werden kann.

Untenstehendes Versuchs-Protokoll (Tabelle L) gibt ein Beispiel für die Durchführung einer Biegeprobe, und zwar für den Probestab 10 b.

Die Durchbiegung des Biegebalkens nach Eintritt einer bleibenden Deformation wurde, analog wie die Verkürzung des Druckprismas bei der Bestimmung der Druckelasticität, nicht auf den Anfangspunkt vor der Prüfung, sondern auf den durch die Verbiegung etwas veränderten Nullpunkt zurückgerechnet.

Biegungselasticität.

Die Belastung ist in der Balkenmitte concentrirt.

Prüfungsobject: Prisma, totale Länge = 1·712 m; Stützweite = 1·500 m.

Inhalt des bruchgefährlichen Querschnittes $F_m = b \times c = 10·260 \text{ cm} \times 10·885 \text{ cm} = 111·68 \text{ cm}^2$.

Inhalt der beiden Endflächen = 110·25 + 109·00 cm^2 .

Volumen $V = (110·25 + 109·00 + 2 \times 111·68) \frac{1·712}{4} = 18943 \text{ cm}^3$.

Specifisches Gewicht $s_p = \frac{G}{V} = \frac{8788}{18943} = 0·464$.

Wassergehalt in Procenten des Trockengewichtes = $\varphi\% = 19·3\%$

Tabelle L.

Versuchs-Protokoll.

Bezeichnung des Probekörpers	Zeit	Belastung	Mikrometer- Schraube		Differenz zwischen der Ablesung links und rechts	Summe der Ablesungen links und rechts	$\frac{1}{2}$ Summe der Ablesungen links und rechts	Durchbiegung f	Differenz Δf	B e m e r k u n g	
			links	rechts							
			Ablesung in der Balkenmitte								
		t	$\frac{1}{10}$ C e n t i m e t e r								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
10 b	0'	0·0	10·04	7·94	2·10	17·98	8·99				Mittel 1·29 pro 0·2 t .
	1'	0·2	11·16	9·32	1·84	20·48	10·24	1·25	1·25		
	2'	0·4	12·44	10·60	1·84	23·04	11·52	2·53	1·28		
	3'	0·6	13·72	11·88	1·84	25·60	12·80	3·81	1·28		
	4'	0·8	14·98	13·14	1·84	28·12	14·06	5·07	1·26		
	5'	0·0	10·04	7·93	2·11	17·97	8·99	0·00			
	6'	0·8	15·00	13·12	1·88	28·12	14·06	5·07			
	7'	1·0	16·32	14·44	1·88	30·76	15·38	6·39	1·32		
	8'	1·2	17·65	15·67	1·98	33·32	16·66	7·67	1·28		
	9'	1·4	18·94	16·96	1·98	35·90	17·95	8·96	1·29		
	10'	0·0	10·08	7·82	2·26	17·90	8·95	— 0·04		Elasticitätsgrenze: 1·28 pro 0·2 t .	
	11'	1·4	18·93	16·99	1·94	35·92	17·93	8·98			
	12'	1·6	20·11	18·17	1·94	38·28	19·14	10·19	1·21	Mittel 1·31 pro 0·2 t .	
	13'	1·8	21·52	19·58	1·94	41·10	20·55	11·60	1·41		
	14'	0·0	10·08	7·76	2·32	17·84	8·92	— 0·07		Proportionalitätsgrenze über- schritten.	
	15'	1·8	21·48	19·48	2·00	40·96	20·48	11·56			
	16'	2·0	22·92	21·08	1·84	44·00	22·00	13·08	1·52		
	17'	2·2	24·55	22·71	1·84	47·26	23·63	14·71	1·68		
	18'	0·0	10·35	8·03	2·32	18·38	9·19	+ 0·20		An der Oberseite des Balkens zeigt sich Druckdeformation.	
	19'	2·2	24·91	23·09	1·82	48·00	24·00	14·81			
	20'	2·4	26·54	24·74	1·80	51·28	25·64	16·45	1·64		
	21'	2·6	28·69	26·89	1·80	55·58	27·79	18·60	2·15		
	22'	2·8	34·19	32·39	1·80	66·58	33·29	24·10	5·50		
		23'	2·89	40·39	38·59	1·80	78·98	39·49	30·30		Bruch !

2. Biegungs- und Brucherscheinungen.

Hier möge nochmals auf den interessanten Umstand hingewiesen werden, der schon gelegentlich der Beschreibung des Biegungs-Messapparates auf Seite 26 dieser Abhandlung berührt wurde; es betrifft dies die Thatsache, dass schon eine sehr geringe Kraft im Stande ist, bei verhältnismässig stark dimensionirten Biegebalken eine wenn auch noch so geringe, aber doch schon zu constatirende Durchbiegung hervorzurufen: Bei 8 *cm* im Geviert haltenden, 1·7 *m* langen Biegebalken aus Fichtenholz wurden als Minimum der Belastung, welche, in der Mitte des Balkens angreifend, eine durch den Biegungs-Messapparat noch nachweisbare Durchbiegung hervorruft, 200 bis 100 *g* gefunden. Das Holz ist also, im populären Sinne gesprochen, sehr elastisch. (Im wissenschaftlichen Sinne müsste man diese Erscheinung als Anzeichen einer sehr geringen Elasticität bezeichnen.)

Das Zusammenschieben der Fasern vor dem Bruche an der Oberseite in der Nähe des Angriffspunktes der Mittelschneide, also an der Druckseite des Balkens, war bei den meisten Biegeproben zu beobachten.

Der Bruch selbst erfolgt durch Aufreissen der gespannten Fasern an der Zugseite unter starkem Krach, letzteres namentlich dann, wenn diese Fasern plötzlich und über die ganze Breite des Balkens in einer mehr weniger geraden Linie gleichzeitig sich trennen, also beim sogenannten glatten Bruche. Beim Bruche konnten vier typische Brucherscheinungen beobachtet werden, die auf Tafel III im Lichtdruck dargestellt sind; diese Bruchformen sind: glattsplittig (*gs*), — zackig (*z*), — splittig (*s*) und glatt (*g*). Colonne 27 der Tabelle 18 enthält die Angabe der Bruchform für jeden einzelnen Probestab.

Aststellen, in der Nähe des Angriffspunktes der Bruchlast gelegen, waren in der Regel, aber nicht immer, von sichtbarem Einflusse auf den Bruch. (Siehe die Anmerkungs-Colonne der Tabelle 18.)

Im Sinne der Beschlüsse der „Münchener Conferenz“ wurde der Bruch erst dann als durchgreifend angesehen, wenn der Biegestab das Maximum seiner Tragfähigkeit erreicht hatte. Bei manchen Proben erfolgt derselbe nicht auf einmal, sondern durch mehrere aufeinanderfolgende Theilbrüche von einzelnen Faserbündeln; dann zeigt das Diagramm, da die Spannung im Probekörper etwas abnimmt, die Durchbiegung aber stark wächst, eine mehr weniger deutliche Knickung, wie dies an den Diagrammen der Biegebalken 4 *c* und 9 *b* auf den Tafeln XVI beziehungsweise XVII ersichtlich ist. In solchen Fällen ist es allerdings oft schwierig, den Moment des eingetretenen Bruches präzise anzugeben, weil die Spannung nicht plötzlich, sondern ganz allmählich nachlässt und der Registrirstift eine horizontale Schaulinie als Arbeitsdiagramm verzeichnet, was der Wirklichkeit nicht entspricht; die directe Beobachtung am Quecksilber-Manometer, d. h. der Moment des Culminirens der Quecksilbersäule, ist hier für den Eintritt des Bruches massgebend.

3. Berechnung der Coëfficienten der Biegefestigkeit.

Aus den directen Beobachtungen, wie sie für jeden einzelnen der 48 Biegestäbe nach Analogie der Tab. *L* gewonnen wurden, wurden folgende Factoren der Biegefestigkeit berechnet und in die Tabelle 18 aufgenommen:

1. Die elastische Durchbiegung pro 0·1 *t* (Colonne 15):

$$\lambda = \frac{f}{10 p} \text{ cm, wobei } p \text{ die Belastung, } f \text{ die Durchbiegung an der Elasticitätsgrenze bedeutet.}$$

2. Der Elasticitätsmodul (Colonne 16):

$\epsilon = \frac{p l^3}{4 f b h^3}$ in t/cm^2 , unter l die Stützweite (freie Länge zwischen den Auflagern = 150 cm) und unter b und h die Querschnittsabmessungen des Biegebalkens verstanden.

3. Der Grenzmodul (Colonne 17):

$$\gamma = \frac{3 p l}{2 b h^2} \text{ in } t/cm^2.$$

4. Die Biegezugfestigkeit (Bruchmodul, Colonne 21):

$$\beta = \frac{3 P l}{2 b h^2} \text{ in } t/cm^2, \text{ wobei mit } P \text{ die Bruchbelastung bezeichnet wird.}$$

Die Arbeitscapazität, welche Tetmajer als Massstab der Leistungsfähigkeit von auf Biegung beanspruchten Balken eingeführt hat, wurde bei sämtlichen 48 Biegestäben in rechnerischer Weise ermittelt; die Arbeitsdiagramme dieser Biegestäbe sind auf den Tafeln XV bis XVIII auch graphisch dargestellt.

Trägt man sich die einzelnen Belastungen (Colonne 3 der Tabelle L) als Ordinaten und die bei diesen Belastungen beobachteten Biegungspfeile (Colonne 9 derselben Tabelle) als Abscissen auf und verbindet die so entstandenen Punkte untereinander, so erhält man in der von dieser Curve und der Abscissenaxe begrenzten Fläche die Biegezugarbeit (Deformationsarbeit) des Stabes.

In nachstehender Figur 14, welche die Resultate der Tabelle L für den Biegestab 10 b graphisch darstellt, sind $p_\epsilon, p_1, p_2, p_3 \dots p_7, p_R$ die Belastungen, $f_\epsilon, f_1 \dots f_6, f_7, f_R$ die Durchbiegungen, wobei die Strecken $p_\epsilon - p_1 = p_1 - p_2 = \dots = 0.2 t$ als Differenzen der Belastungssteigerung, $f_\epsilon, f_1, \dots f_7, f_R$ dagegen als wirkliche Abscissenlängen der damit bezeichneten Punkte (von O aus gerechnet) anzusehen sind. Die Spannungen und zugehörigen Durchbiegungen innerhalb der Elasticitätsgrenze sind in der Figur, weil einander proportional, nur durch ihre Schnittpunkte in der Schaulinie „Versuchsergebnis“ markirt. Die Fläche $O - \epsilon - f_\epsilon$ stellt die Arbeit an der Elasticitätsgrenze = a , $O - R - f_R$ die gesamte Biegezugarbeit beim Bruche = A , vor. Da die Schaulinie $O - \epsilon$ eine Gerade ist, so ist die Arbeit an der Elasticitätsgrenze:

$$5. a = \frac{p \cdot f}{2} \text{ in } t/cm.$$

Die Deformationsarbeit beim Bruche wird wegen der bequemen Rechnung als Differenz zwischen der Fläche des umschriebenen Rechteckes $O - p_R - R - f_R$ und der Fläche $O - p_R - R$ bestimmt.

Es ist daher:

6. A = Rechtecksfläche $O - p_R - R - f_R$ minus Dreiecksfläche $O - p_\epsilon - \epsilon$ minus Fläche $[(p_\epsilon - p_1 - 1 - \epsilon) + (p_1 - p_2 - 2 - 1) + \dots + (p_6 - p_7 - 7 - 6) + (p_7 - p_R - R - 7)]$; da Dreieck $O - p_\epsilon - \epsilon$ = Dreieck $O - f_\epsilon - \epsilon$ = $\frac{p f}{2} = a$, ferner $p_\epsilon - p_1 = p_1 - p_2 \dots = p_6 - p_7 = 0.2 t$, $f_R = F$ ist und $p_7 - p_R$ mit p' bezeichnet werden möge, so ist

$$A \text{ t/cm} = F \times P - \left[a + p \left(\frac{f_\epsilon}{2} + f_1 + f_2 + \dots + \frac{f_n}{2} \right) + \frac{p'}{2} (f_n + F) \right].$$

7. Der Völligkeitscoefficient nach Tetmajer (Coefficient des Biegezugdiagrammes, Colonne 23 der Tabelle 18) $\eta = \frac{P}{A} \frac{F}{P}$.

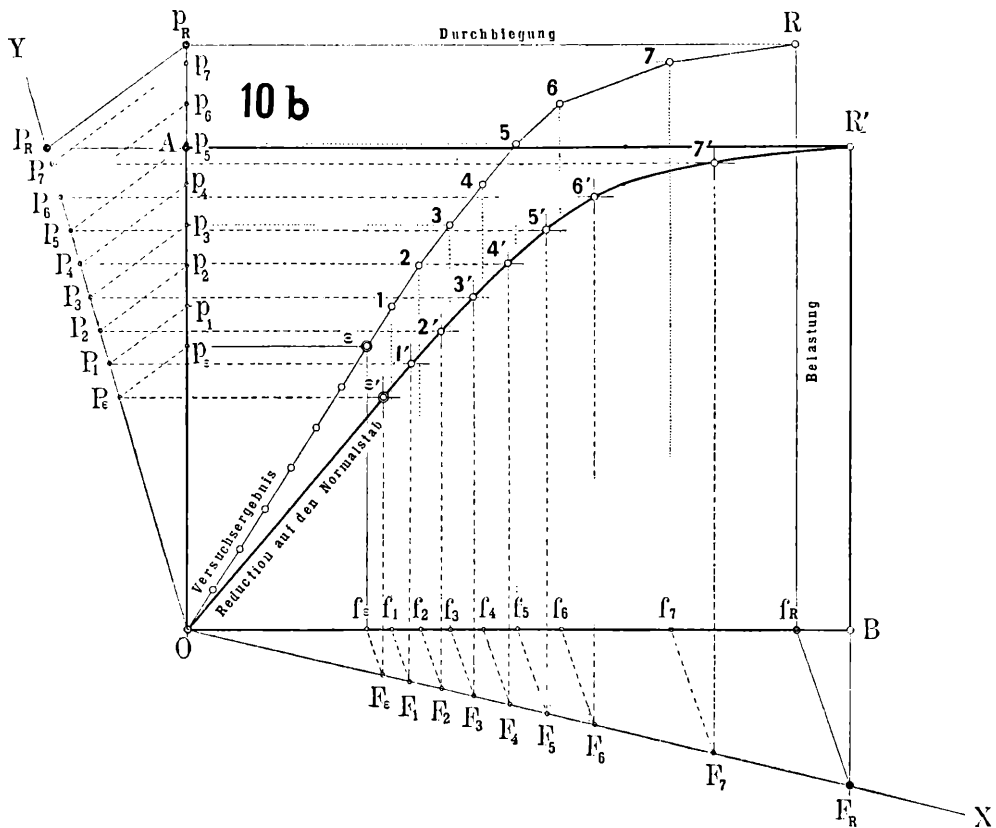


Fig. 14.

Die Reduction des specifischen Gewichtes auf den Normal-Feuchtigkeitsgehalt von 15%, erfolgte in Colonne 9 in bekannter Weise; dagegen konnte die Reduction der verschiedenen Coëfficienten der Biegungsfestigkeit auf den einheitlichen Feuchtigkeitsgehalt von 15%, wie dies zur Vergleichung der Resultate der einzelnen Biegestäbe wünschenswerth wäre, nicht vorgenommen werden, weil ein zur Formulirung dieser Beziehung vorgenommener Versuch misslang. Eine derartige Reduktionsformel könnte allenfalls für die Coëfficienten der Elasticitätsgrenze ermittelt werden, wenn man dieselben an einem und demselben Biegestabe bei verschiedenen Trockenstufen experimentell ermitteln würde; auf die Biegungsfestigkeit (Bruchgrenze) lassen sich derartige Versuche nicht ausdehnen, da die Schwankungen der an verschiedenen, wenn auch ganz gleichwerthigen Probekörpern gewonnenen Festigkeitswerthe, wie ein Blick auf die graphischen Darstellungen der Tafeln XV bis XVIII zeigt, denn doch zu gross sind, um einen verlässlichen Schluss daraus ziehen zu können.

4. Reduction auf den Normalstab.

Wie die Formeln für den Biegeelasticitätsmodul, für den Grenzmodul und die Biegungsfestigkeit darthun, sind diese Factoren vom Querschnitte bh und von der Stützweite (Länge) l des Probekalkens nicht mehr unabhängig, wie dies, wenigstens theoretisch, bei der Druckfestigkeit der Fall ist; die Resultate sind daher, um sie untereinander vergleichbar zu machen, auf eine einheitliche Basis zurückzuführen, als welche in Uebereinstimmung mit den Beschlüssen der „Münchener Conferenz“ der Biegestab von 10×10 cm Querschnitt und 1.5 m Stützweite gewählt wurde.

Von der selbstverständlichen Voraussetzung ausgehend, dass der Elasticitätsmodul, der Grenzmodul, der Bruchmodul und der Völligkeitscoefficient für Probe- und Normalstab gemeinschaftlich sein müssen, berechnen sich die einzelnen Factoren der Biegeelasticität und -Festigkeit für den Normalstab, wie folgt:

1. $\gamma = \gamma'$, daher auch $\frac{3 p l}{2 b h^2} = \frac{3 p' l'}{2 b' h'^2}$, wobei unter p' die Spannung an der Elasticitätsgrenze, unter l' die Stützweite $= l$ (150 cm), unter b' und h' die Querschnittsabmessungen des Normalstabes $= 10$ cm zu verstehen sind.

Aus obiger Gleichung folgt daher $p' = \frac{1000}{b h^2} \times p$.

2. $\varepsilon = \varepsilon'$, daher auch $\frac{p l^3}{4 f b h^3} = \frac{p' l'^3}{4 f' b' h'^3}$, wobei f' den Biegungspfeil des Normalstabes an der Elasticitätsgrenze bedeutet.

$$f' = \frac{p' \cdot f b h^3}{10 \times 1000 p} = \frac{p' f h}{10} \times \frac{b h^2}{1000 p} = \frac{p' f h}{10 p'} = \frac{h}{10} \times f.$$

3. Da $\beta = \beta'$, so ist $\frac{3 P l}{2 b h^2} = \frac{3 P' l'}{2 b' h'^2}$, wobei P' die Bruchlast des Normalstabes vorstellt.

Es ist daher $P' = \frac{1000}{b h^2} \times P$.

4. Die Deformationsarbeit beim Bruche ist nach Bauschinger:

$$A' = A \times \frac{b' h'}{b h} = \frac{100 A}{b h}.$$

5. Analog ist $a' = \frac{100 a}{b h}$.

6. Da endlich $\eta = \eta'$ ist, also $\frac{P F}{A} = \frac{P' F'}{A'}$, so ist

$$F' = \frac{A' \times P F}{A \times P'} = \frac{\frac{100 A}{b h} \times P F}{A \times \frac{1000 P}{b h^2}} = \frac{h}{10} \times F.$$

In den auf den Tafeln XV bis XVIII reproducirten graphischen Darstellungen der Arbeitsdiagramme sämmtlicher 48 Biegebalken bezeichnet die mit dünnerem Strich gezogene Linie das directe Versuchsergebnis, die stark ausgezogene Curve aber die Reduction auf den Normalstab. Diese Reduction erfolgte für die Curvenpunkte ε' und R' auf rechnerischem Wege unter Benützung der obigen Formeln 1, 2, 3 und 6, für die Zwischenpunkte auf graphischem Wege in der durch Fig. 14 (Seite 77) dargestellten Weise: In der Richtung der (allenfalls verlängerten) Abscissen- und Ordinatenaxe werden vorher die rechnerisch ermittelten Werthe des Biegungspfeiles beim Bruche ($O B$) beziehungsweise der Bruchsspannung ($O A$) aufgetragen und mit diesen Seiten ein Rechteck construiert, ($O - A - R' - B$, mit starken Linien ausgezogen), welches daher das Product $P' \times F'$ vorstellt. In dieses Rechteck ist also das zu construirende Diagramm $O - R'$ nach dem Aehnlichkeitsgesetze, so dass es dem Diagramme des Versuchsergebnisses $O - R$ entspricht, einzulegen. Es werden zu diesem Zwecke von O aus die beiden Hilfslinien $O X$ und $O Y$ unter einem beliebigen spitzen Winkel gezogen und der Schnittpunkt der verlängerten Rechtecksseite $R' - B$, d. i. F_R mit dem Punkte f_R verbunden; ebenso wird P_R ermittelt und P_R mit p_R verbunden. Von den Endpunkten der Abscissen (Biegungspfeile) $f_\varepsilon, f_1, f_2 \dots f_7$ zieht man Parallele zu $f_R - F_R$ und erhält die Schnittpunkte mit $O - X$ in

$F_3, F_1 \dots F_7$; auf gleiche Weise werden die Punkte $P_3, P_1 \dots P_7$ erhalten. Zieht man nun von diesen Fusspunkten $F_3, F_1 \dots F_7$ wieder Parallele zur Ordinatenaxe, von $P_3, P_1 \dots P_7$ Parallele zur Abscissenaxe, so sind die hiedurch entstehenden Schnittpunkte $\epsilon', 1', 2' \dots 6', 7'$ die den Diagrammpunkten $\epsilon, 1, \dots 6, 7$ entsprechenden gesuchten Punkte des reducirten Arbeitsdiagrammes, welche man nunmehr nur durch eine stetig gekrümmte der ursprünglichen Schaulinie ähnliche Curve zu verbinden hat.

5. Qualitätsbestimmung auf Grundlage der Biegezugfestigkeit.

Welcher von den zahlreichen, bei der Untersuchung der Biegezugfestigkeit ermittelten Factoren ist nun zur Qualitätsbestimmung der auf Biegung beanspruchten Bau- und Constructionshölzer am geeignetsten?

Vor Allem kommen hiebei in Betracht der Elasticitätsmodul, die Arbeit an der Elasticitätsgrenze, sowie die Arbeitscapacität beim Bruche.

Wenn ein Bauholz wirklich nur innerhalb der Elasticitätsgrenze in Anspruch genommen werden darf (wie dies ja bei Neuanlagen auch stets der Fall ist), dann würde die Arbeit an der Elasticitätsgrenze einen entsprechenden Qualitätszeiger darstellen; wenn man aber berücksichtigt, dass die Festigkeit des Holzmaterialies nach einer Reihe von Jahren abnimmt*) und daher der Fall eintreten könnte, dass dasselbe wirklich einmal über die Elasticitätsgrenze hinaus in Anspruch genommen würde, dann wäre jedenfalls jenem Materiale der Vorzug zu geben, welches auch jenseits der Elasticitätsgrenze noch eine grosse Leistungsfähigkeit, also eine grosse Arbeitscapacität beim Bruche besitzt. Von den beiden Biegebalken 1 d und 6 d mit gleichem Arbeitswerthe an der Elasticitätsgrenze ($\alpha = 0.846$ beziehungsweise 0.851 t/cm) verdient jedenfalls das Material 6 d ($A = 7.63$) vor 1 d ($A = 2.28 \text{ t/cm}$) bei Weitem den Vorzug; wegen seiner grösseren Zähigkeit (und diese drückt sich eben durch den grossen Arbeitswerth an der Bruchgrenze aus) vermag der Biegebalken 6 d grössere Belastungen und stärkere Durchbiegungen ohne Gefahr des Bruches zu ertragen, während die Tragfähigkeit eines Holzes mit geringer Arbeitscapacität schon bald nach Ueberschreitung seiner Elasticitätsgrenze erreicht wird. Doch stehen diese beiden Arbeitswerthe an der Elasticitäts- und Bruchgrenze nicht in constantem Verhältnisse zu einander; während z. B. Biegebalken 11 a einen Arbeitswerth an der Elasticitätsgrenze von 0.352 und an der Bruchgrenze von 6.53 t/cm repräsentirt, besitzt der Biegebalken 11 c bei gleichem Elasticitätsmodul ein grösseres α (0.611), dagegen ein kleineres A (4.20 t/cm).

Ob die Biegezugelasticität nach Ansicht Bauschinger's zur Beurtheilung der Qualität eines Holzmaterialies mehr geeignet ist als die Tetmajer'sche Arbeitscapacität, lässt sich aus den vorliegenden Untersuchungen nicht entscheiden. Allerdings ist die Biegezugelasticität des Holzes eine Eigenschaft, welche dem ganzen Holzkörper zukommt, während die Arbeitscapacität von etwaigen Fehlerstellen, von der grösseren oder geringeren Zugfestigkeit der zufällig an der Bruchstelle gelegenen Fasern und von dem Verhältnisse der Zugfestigkeit zur Druckfestigkeit derselben abhängig ist; jedoch lässt sich nicht leugnen, dass für eine dauernde Beanspruchung, bei welcher also nach den früheren Ausführungen die Gefahr einer Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze zu befürchten steht, jenes Material unstreitig das günstigere ist, welches bei gleicher Elasticität die grössere Arbeitscapacität besitzt. Dagegen gebührt bei Constructionstheilen, welche öfter ausgewechselt werden, welche also voraus-

*) Nach Gottgetreu (Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien, Berlin 1880) vermindert das Gefüge des Holzes seinen Zusammenhang mit der Dauer; Nadelhölzer sollen im ersten Jahre nur die Hälfte der durch Versuche gefundenen Tragbarkeit, im 15. Jahre nur ein Viertel, im 30. Jahre nur ein Fünftel und im 45. Jahre nur ein Sechstel besitzen.

sichtlich nie über die Elasticitätsgrenze hinaus beansprucht werden, dem elastischeren Material der Vorzug. (Vergleiche in Tabelle 19 das Holz des Stammes 12, dessen durchschnittliches $\varepsilon = 85.5 \text{ t/cm}^2$ und dessen $A = 4.85 \text{ t/cm}$ beträgt, mit Stamm 1, mit einem ε von 86.8 und einem A von nur 2.96 t/cm).

Es wird sich demnach empfehlen, zur Qualitätsbestimmung eines Holzmaterialies sowohl den Elasticitätsmodul als auch die Arbeitscapazität heranzuziehen.

Der Coëfficient des Biegungsdiagrammes η ist, wie die colossale Verschiedenheit der Arbeitsdiagramme der vier Biegestäbe eines und desselben Trummes auf den Tafeln XV bis XVIII zeigt, nicht geeignet, auf die Grösse der Arbeitscapazität A und damit auf die Güte eines Holzmaterialies einen Schluss zu gestatten. So haben z. B. die beiden Biegestäbe 2 *b* und 11 *d* fast gleiche Völligkeitscoëfficienten (0.68 beziehungsweise 0.69); aber wie verschieden sind trotz gleicher Arbeitscapazität die Diagramme und die Elasticitätsmoduli dieser beiden Balken!

Jedenfalls müsste zur besseren Charakteristik eines Arbeitsdiagrammes mit dem Werthe A noch die Grösse des Biegungspfeiles beim Bruche F in Beziehung gebracht werden. Dies geschieht in Colonne 24 der Tabelle 18, respective in Colonne 19 der Tabelle 19 durch den Ausdruck $\frac{A}{F}$; dieser Quotient, also die Arbeit, welche im Mittel pro 1 cm Durchbiegung geleistet wurde, wächst bei gleichem A mit abnehmendem F , also mit zunehmender Elasticität (und daher zunehmender Güte); er beträgt bei den zum Vergleiche herangezogenen Balken 2 *b* = 1.72, bei 11 *d* nur 1.27, charakterisirt also die bei Weitem bessere Qualität des Holzmaterialies 2 *b*.

IV. Ergebnisse der Untersuchungen.

A. Ergebnisse der Druckversuche.

α) Festigkeits-Untersuchungen.

I. Specificisches Gewicht.

Den Zwecken und Anforderungen der Praxis entsprechend sind die specifischen Gewichte (Raumgewichte) durchgehends an den ganzen, der Festigkeitsprobe unterworfenen Probekörpern ermittelt worden, beziehen sich daher auf Holzkörper, die, vom innersten Kern bis zum äussersten Splint reichend, Holz von verschiedenen Altersperioden umfassen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in den Columnen 12 (specifisches Lufttrockengewicht im Momente der Materialprüfung) 19 (specifisches Trockengewicht), ferner 21 und 22 (specifisches Gewicht beim Normal-Feuchtigkeitsgehalte von 15%) der Tabellen 2—13 enthalten. Die Mittelbildung ist durchgehends eine arithmetische; astige Proben wurden von der allgemeinen Mittelbildung ausgeschlossen und bilden eigene Mittelwerthe für sich. Für die einzelnen Höhensectionen, aus welchen die Probescheiben I—VI stammen, erscheinen in diesen Tabellen die Mittelwerthe für lufttrockene astfreie Würfel, für lufttrocken geprüfte und für absolut trocken geprüfte astfreie Platten ausgesetzt.

Den Vergleich der specifischen Gewichte für die zwei verschiedenen Arten von Probekörpern (Würfel und Platten) im normal lufttrockenen und absolut trockenen Zustande vermittelt Tafel IX, welche diese Werthe nach der Höhenlage am Stamme, und zwar am Einzelstamme Nr. 10 darstellt. Man sieht, die bezüglichlichen Werthe des specifischen Gewichtes für Würfel und Platten fallen nicht, wie es der Natur der Sache nach der Fall sein sollte, zusammen; der Grund dieser Abweichung wurde bereits auf Seite 49 dieser Abhandlung erläutert. Dagegen zeigen die Schaulinien für s_0 und s_{15} bei den plattenförmigen Proben einen vollkommen übereinstimmenden Verlauf, dem auf Seite 53 abgeleiteten Gesetze entsprechend: $s_{15} = s_0 + 3$.

Um den Verlauf des specifischen Gewichtes an den einzelnen Probestämmen zu veranschaulichen, wurden die den Tabellen 2—13 entnommenen Werthe, und zwar sowohl für den Feuchtigkeitsgrad von 15% als auch für den absolut trockenen Zustand, auf Tafel X graphisch dargestellt. Vor Allem ist auch hier durchgehends die genaue Uebereinstimmung der beiden Schaulinien für s_{15} und s_0 zu constatiren. Dagegen fällt der oft bedeutende Unterschied im specifischen Gewichte auf, der sich zwischen den zu einer Position gehörigen Stämmen, die auf gleichem Standorte nebeneinander erwachsen sind, fast gleiches Alter und gleiche Stärke besitzen, bemerkbar macht — wie dies z. B. bei Stamm 1 und 2 der Fall ist; Stamm 1 hat ein mittleres specifisches Trockengewicht von 35.1, Stamm 2 dagegen ein solches von 40.4.

Der Verlauf des specifischen Gewichtes ist bei den einzelnen Stämmen ein so verschiedener, dass kaum zwei derselben hierin miteinander übereinstimmen. Abgesehen von dem untersten, bis etwa 2·7 m reichenden Stammstücke, welches theils steigende, theils fallende Tendenz im specifischen Gewichte aufweist, zeigen die meisten der untersuchten Stämme ein mit der Höhenlage der Probe am Stamme steigendes Raumgewicht, welches innerhalb der Krone seinen Höchstwerth erreicht. Zu dieser Kategorie gehören Stamm 1, 4, 6, 7 und 12. Bei den Probestämmen Nr. 3 und 5 beginnt das Steigen des specifischen Gewichtes erst in grösserer Höhe, — bei 5·4 m, bei Stamm 9 erst bei 9·8 m, während Stamm 8 nur ein Sinken desselben zeigt, das erst im Bereiche der Krone wieder in ein langsames Steigen übergeht. Stamm 2, 10 und 11 haben vor dem Ansteigen des specifischen Gewichtes in der Krone noch ein zweites Maximum bei 5·4 m beziehungsweise 2·7 m Stammhöhe.

R. Hartig*) schreibt diese „ungewöhnliche Erscheinung“, das Steigen des specifischen Gewichtes am Stamme nach oben, dem Lichtstande der Plenterwälder zu, welcher ein frühzeitiges Erwachen der Zuwachsthätigkeit, daher eine schlechte Ernährung des Cambiums und damit Erzeugung des leichteren Frühjahrsholzes hervorruft. Dies ist nun auch bei einigen der von uns untersuchten, aus sehr licht gestellten Plenterwäldern nahe der Vegetationsgrenze stammenden Fichten der Fall (Stamm Nr. 3, 4, 5 und 6); aber auch die meisten der anderen, aus niedriger gelegenen gut geschlossenen Beständen entnommenen Probestämme zeigen dieselbe Erscheinung eines nach oben steigenden Gewichtes; es wäre daher interessant gewesen, die Verjüngungsweise, die Jugendentwicklung und den Wachsthumsgang dieser Bestände zu eruiren, weil an der Hand dieser Daten vielleicht eine Erklärung des so verschiedenen Verhaltens dieser Stämme in Bezug auf ihr specifisches Gewicht möglich gewesen wäre; leider war die Erforschung dieser Wachsthumfactorien bei dem hohen Alter der untersuchten Bestände nicht mehr möglich; wir müssen uns daher auf eine blossе Wiedergabe der Untersuchungsergebnisse beschränken.

Bildet man behufs seinerzeitiger Vergleichung mit den Versuchsergebnissen anderer Fichten-Wuchsgebiete für die einzelnen Höhensectionen aus den zwölf Stämmen die Mittelwerthe, wie diese ziffermässig in Tabelle 14 und in graphischer Weise durch Schaulinie III der Tafel XII dargestellt werden, so ergibt sich:

für eine Höhe am Stamme von	1·1 m	2·7 m	5·4 m	9·8 m	14·2 m	18·6 m
ein specifisches Normallufttrockengewicht (für						
Platten) von	40·3	40·1	40·0	40·0	40·7	41·7
und ein specifisches Trockengewicht von	37·2	37·1	37·0	37·1	37·7	38·4.

Das specifische Trockengewicht nimmt daher im Durchschnitte aller Stämme vom Stockabschnitte nach oben bis etwa 5 m um ein Weniges ab, steigt von hier nach oben wieder an und erreicht innerhalb der Krone sein Maximum.

Das gleichfalls an Platten ermittelte specifische Lufttrockengewicht für den Normal-Wassergehalt von 15%, folgt diesem Verlaufe genau, das an Würfeln ermittelte zeigt einige, in der Methode der Ermittlung beruhende Abweichungen.

Das durchschnittliche specifische Trockengewicht ganzer Stämme schwankt zwischen den weitausliegenden Grenzen 34·1 (Stamm 12) und 41·9 (Stamm 10, siehe Colonne 14 der Tabelle 15 und Schaulinie IV der Tafel XIII) und beträgt im Gesamtmittel aller 12 Stämme 37·4, das Normal-Lufttrockengewicht (Colonne 19 der Tabelle 15) 40·4.

Zur Beurtheilung der Frage, ob eine Beziehung zwischen dem specifischen Gewichte ganzer Stämme und dem Stammalter bestehe, ist Tafel XIII geeignet. Nachdem, wie zur

*) „Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume“, Berlin 1885.

Orientirung beigelegt wird, die graphischen Darstellungen sowohl auf dieser genannten Tafel, als auch auf den Tafeln XIV, XIX und XX so angeordnet sind, dass die die gleiche Eigenschaft darstellenden Werthe stammweise nebeneinander aufgetragen und durch gerade Linien verbunden sind, die für die einzelnen Stämme geltenden Werthe aber in derselben Verticalen untereinander liegen, so können gesetzmässige Beziehungen zwischen je zwei der dargestellten Factoren daraus erkannt werden, dass diese Schaulinien einen mehr weniger parallelen oder auch einander entgegengesetzten Verlauf haben.

Da nun die Alters-Schaulinie I auf Tafel XIII eine solche Beziehung zur Schaulinie der specifischen Gewichte (IV) nicht erkennen lässt, so ist zu schliessen, dass das specifische Gewicht ganzer Stämme nicht oder wenigstens nicht unmittelbar durch das Alter derselben beeinflusst wird.

Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass bei der geringen Anzahl der untersuchten Stämme, die alle ein Alter von über 100 Jahren besaßen, und bei den grossen Differenzen in der absoluten Höhenlage, bei der Verschiedenheit der Exposition des Standortes und der standörtlichen Bonität sich diese verschiedenartigen Factoren gegenseitig abschwächen oder ganz verdecken und daher ein klares Hervortreten gesetzmässiger Beziehungen verhindern mussten. Dagegen steht das bei den meisten der untersuchten Probestämme constatirte Ansteigen des specifischen Gewichtes nach oben am Stamme wenigstens theilweise mit dem Alter des erzeugten Holzes im Zusammenhang. Nach R. Hartig ist das im höheren Alter erzeugte Holz in der Regel besser als das in der Jugend erzeugte; es muss daher auch das in grösserer Stammhöhe erzeugte Holz ein grösseres specifisches Gewicht besitzen.

Zwischen Jahrringbau und specifischem Gewichte tritt eine Beziehung nicht hervor. Allerdings fällt das Minimum der Jahrringlänge mit 4·5 cm (also die grösste Jahrringbreite) mit dem Minimum des specifischen Gewichtes 34·1 (Stamm 12) zusammen und ist sehr engringiges Holz (Stamm 5 und 6) mit hohem Gewichte verbunden; sonst aber lässt sich eine gesetzmässige Beziehung zwischen diesen beiden Factoren nicht nachweisen. Dagegen wurde auf einen Zusammenhang zwischen dem relativen Antheile des Sommerholzes im Jahrringe mit der Grösse des specifischen Gewichtes schon auf Seite 6, zwischen Jahrringbreite und specifischem Gewichte eines und desselben Probekörpers auf Seite 69 dieser Abhandlung hingewiesen.

Auch die Standortsgüte hat, den vorliegenden Untersuchungen nach zu schliessen, keinen Einfluss auf das specifische Gewicht; denn sowohl gute als auch schlechte Bonitäten erzeugen ebenso wohl gutes als auch schlechtes Holz. Bilden wir aus den untersuchten Probestämmen zwei Gruppen, von welchen die Stämme 1 und 2, dann 7 bis 12 guten, Stamm 3 bis 6 schlecht bonitirten Standorten entstammen, so ergibt sich im Durchschnitte für das specifische Gewicht dieser beiden Gruppen kein Unterschied.

Für die Entscheidung der Frage, ob die Exposition des Standortes das specifische Gewicht des Fichtenholzes beeinflusse, ist das vorliegende Material wegen zu geringer Stammzahl nicht beweiskräftig; die Frage wäre nach unseren Untersuchungsergebnissen zu verneinen.

Astiges Holz, dessen specifisches Normal-Lufttrockengewicht aus Colonne 22 der Einzeltabellen 2—13 und aus Colonne 18 der Tabelle 15 zu entnehmen ist, zeigt im grossen Durchschnitte ein um 3% höheres specifisches Gewicht als astfreies Holz. Auf Tafel XI sind die Mittelwerthe des specifischen Gewichtes für astige Würfel und zum Vergleiche auch für astfreies Material im Verhalten zur Höhenlage der Probe am Stamme dargestellt. Hiernach sind die bezüglichen Werthe für astiges und astloses Material in der Stammmitte gleich und entfernen sich sowohl nach oben als nach unten voneinander.

Auffallend ist die geringe Grösse des specifischen Gewichtes, welches die Fichte des Wuchsgebietes Südtirol aufweist.

Nach Schwappach*) ist für die Fichte:	das spezifische Trockengewicht	das spezifische Lufttrockengewicht	
Ostpreussens	41·6	44·4	} ohne nähere Feuchtigkeitsangabe.
der Sudeten	43·5	45·7	
aus dem Harze	44·1	46·1	
aus Thüringen	46·1	47·6	
aus der schlesischen Ebene	47·1	48·4	
aus dem Vorharze	50·9	51·5	
Nach Bauschinger**) für die Fichte Bayerns	—	48·5 bei einer Feuchtigkeit von 15% des Gewichtes des feuchten = 17·7% des absolut trockenen Holzes.	
Nach Tetmajer***) für die Fichte der Schweiz	—	42·0 ohne nähere Feuchtigkeitsangabe.	
Für die Fichte Südtirols (nach den vorliegenden Untersuchungen)	37·4	40·4 bei einem Feuchtigkeitsgehalte von 15% des absoluten Trocken- gewichtes.	

Es scheint daher, dass die von Schwappach in Betreff der Tanne Thüringens ausgesprochene Vermuthung mutatis mutandis auch auf die Fichte Südtirols anzuwenden sei, dass die Annäherung an die verticale und gleichzeitig an die horizontale (südliche) Verbreitungsgrenze das Raumgewicht der Fichte dieses Wuchsgebietes ungünstig beeinflusst. †)

2. Schwindeverhältnisse.

Der Vorgang des Schwindens wurde bei den gegenständlichen Untersuchungen als Flächenschwindung, und zwar, nachdem die Probekörper auf Volumen und Feuchtigkeitsverhältnisse im grünen Zustande nicht untersucht wurden, als Procentsatz, bezogen auf den absolut trockenen Zustand und für 1% Feuchtigkeitsverlust vom lufttrockenen zum absolut trockenen Zustande, an plattenförmigen Holzproben ermittelt. Da das Holz in der Richtung der Faser nur eine minimale Schwindung zeigt, so ist das Schwindungsprocent der Fläche annähernd jenem des Volums gleichzusetzen.

Dieser Procentsatz ist im Durchschnitte aller Stämme in der Höhe von etwa 10 m am Stamme ein Maximum (0·45) und nimmt von hier nach unten und oben gleichmässig ab. Er beträgt bei einer Höhe über dem Stocke von

1·1 m	2·7 m	5·4 m	9·8 m	14·2 m	18·6 m,
0·42%	0·44%	0·43%	0·45%	0·43%	0·42%,

(Siehe Schaulinie II der Tafel XII und Colonne 20 der Tabelle 14.)

Das Schwindeprocent verschiedener Stämme steht mit dem specifischen Gewichte derselben, wie die Vergleichung der Schaulinien III und IV auf Tafel XIII darthut, in Beziehung: Je grösser das specifische Gewicht, desto grösser das Schwindeprocent.

*) Literatur-Verzeichnis Nr. 16 (II. Theil).

**) Literatur-Verzeichnis Nr. 8 (16. Heft).

***) Literatur-Verzeichnis Nr. 10.

†) Siehe auch Dr. H. Mayr: „Ueber den forstlichen Werth der Qualitätsbestimmung der Hölzer“ in „Forstwissenschaftliches Centralblatt“, 1898, Seite 79.

Das Minimum der Schwindung zeigt Stamm 12 mit 0·39 und es fällt dasselbe hier mit dem Minimum des specifischen Gewichtes und der Jahrringlänge zusammen; das Maximum weist Stamm 10 auf mit 0·53, gleichzeitig mit dem Maximum des specifischen Gewichtes.

Im grossen Durchschnitte resultirt ein Flächenschwindeprocent von 0·44; hiezu wird bemerkt, dass die Platten, an welchen diese Schwindung (durch sorgfältige Kantenmessungen mittelst Messkluppe) beobachtet wurde, im lufttrockenen Zustande durchschnittlich 12·55% Wasser enthielten, die gesammte Flächenschwindung vom lufttrockenen zum absolut trockenen Zustande also 5·5% beträgt.

3. Druckfestigkeit.

Bei den Zahlenansätzen für die Druckfestigkeit haben wir, dem Umstande Rechnung tragend, dass würfelförmige Proben eine andere Druckfestigkeit ergeben als plattenförmige, die mit diesen beiden Probekörper-Kategorien erhaltenen Resultate auseinandergehalten; ferner sind die an den Platten gewonnenen Festigkeitswerthe für zwei verschiedene Stadien der Trockenheit, nämlich für den lufttrockenen Zustand mit dem Wassergehalte von $\varphi = 15\%$ und für den absolut trockenen Zustand mit $\varphi = 0\%$, in den Tabellenwerken angegeben.

Das gegenseitige Verhalten dieser drei Festigkeitswerthe, und zwar in ihrem Verlaufe nach der Höhe am Stamme, illustriert für den typischen Probestamm Nr. 10 die Tafel IX; die bezüglichen Zahlenwerthe sind der Tabelle 11 entnommen, und zwar β_0 für Platten aus Colonne 20, β_{15} für astfreie Würfel und Platten aus Colonne 23. Man sieht, die drei Schaulinien für $W - \beta_{15}$, $P - \beta_{15}$ und $P - \beta_0$ zeigen einen annähernd parallelen Verlauf, nur dass diejenige für $P - \beta_0$ gleichsam ein verzerrtes Bild der Schaulinie $P - \beta_{15}$, letztere wieder ein solches der Schaulinie $W - \beta_{15}$ darstellt.

Wie bereits in dem Abschnitte über den Einfluss der Länge (Höhe) der Probekörper auf die Druckfestigkeit (Seite 45 dieser Abhandlung) erörtert wurde, ist die Druckfestigkeit plattenförmiger Holzproben durchschnittlich um circa 11% grösser als diejenige von würfelförmigen. Diese Zahl resultirt aus dem Vergleiche der Mittelwerthe, welche für das gesammte Untersuchungsmaterial in den Columnen 20 und 22 der Tabelle 15 gebildet wurden. Wie aber auf Seite 65 dieser Abhandlung rechnungsmässig nachgewiesen wurde und die graphische Darstellung (Schaulinie V) der Tafel XIII bestätigt, ist diese Differenz in der Druckfestigkeit zwischen Würfeln und Platten für die einzelnen Stämme nicht constant; sie ist umso grösser, je grösser die Druckfestigkeit des betreffenden Probestammes ist, und schwankt zwischen 24% (Stamm 10) und circa 3% (Stamm 12).

Dieselbe Erscheinung zeigt sich auch in den Differenzen zwischen der Druckfestigkeit von Platten im absolut trockenen und im normal-lufttrockenen Zustande; auch hier wächst die Differenz mit der Grösse der Druckfestigkeit der einzelnen Stämme; sie beträgt, der auf Seite 57 dieser Abhandlung abgeleiteten Formel 6: $\beta_0 = \beta_{15} + 270$ entsprechend, im Gesamtdurchschnitte 270, wächst aber bei Stamm 10 auf 295 und sinkt bei den Stämmen mit geringer Festigkeit Nr. 1 und 12 auf 247, beziehungsweise 243.

Wenn schon der Verlauf des specifischen Gewichtes am Einzelstamme als ein sehr unregelmässiger, von Stamm zu Stamm wechselnder befunden wurde, so ist dies bei der Druckfestigkeit, die ja doch in einem linearen Verhältnisse zum Raumgewichte steht, aber gewiss noch überdies durch eine Menge von Zufälligkeiten beeinflusst wird, in erhöhtem Masse der Fall. Deutlicher als die Zahlenwerthe der Tabellen 2—13 gewährt uns Tafel X, welche die an plattenförmigen Proben ermittelten Festigkeitswerthe darstellt, einen Ueberblick über diese Verhältnisse. Es gibt Stämme mit von unten nach oben steigender und solche mit

nur fallender Druckfestigkeit, wobei Maxima und Minima in jede Stammhöhe fallen können. Gemeinsam ist nur das starke Ansteigen der Druckfestigkeit innerhalb der Kronenpartie, was wohl theilweise auf die grössere Festigkeit des im höheren Alter erzeugten Holzes zurückzuführen ist.

Im Mittel aller 12 Probestämme dieses Wuchsgebietes ergibt sich für den Verlauf der Druckfestigkeit nach der Höhe am Stamme folgende Reihe (siehe Tabelle 14 und Schaulinie IV der Tafel XII):

Einer Höhe am Stamme von .	1·1 m	2·7 m	5·4 m	9·8 m	14·2 m	18·6 m
entspricht für würfel- förmige Proben bei einem Wasser- gehalte von 15% eine Druckfestig- keit von	318 kg/cm ²	332 kg/cm ²	340 kg/cm ²	337 kg/cm ²	325 kg/cm ²	367 kg/cm ²
für plattenförmige Proben bei 15% Wassergehalt	362	368	366	378	383	401
für plattenförmige Proben im ab- solut trockenen Zustande	638	640	631	644	650	675

Die Druckfestigkeit steigt daher im Durchschnitte aller Stämme mit einer geringfügigen Unterbrechung von unten nach oben und erreicht innerhalb der Kronenpartie ihren Höchstwerth.

Die durchschnittliche Festigkeit ganzer Stämme variirt für lufttrockene Würfel bei 15% Feuchtigkeit zwischen

294 kg/cm ² (Stamm 4) und 376 kg/cm ² (Stamm 10), Mittelwerth 336 kg/cm ²						
für lufttrockene Platten bei 15% Feuchtigkeit zwischen .	296	(4)	467	(10)		376
für absolut trocken geprüfte Platten zwischen .	552	(12)	762	(10)	„	646 „

Bei plattenförmigen Holzproben beträgt daher die Steigerung der Druckfestigkeit vom lufttrockenen zum absolut trockenen Zustande 72%.

Astiges Holz hat im grossen Durchschnitte eine um 5% geringere Druckfestigkeit als astfreies Holz; der Verlauf der Druckfestigkeit astigen Materiales in verschiedenen Stammhöhen ist auf Tafel XI dargestellt und in Vergleich gesetzt mit den correspondirenden Werthen astfreien Holzes; mit Ausnahme des untersten Stammstückes ist der Verlauf der Druckfestigkeit astiger Proben mit dem des specifischen Gewichtes conform.

Zur Beurtheilung der Holzgüte des Südtiroler Fichtenholzes in Bezug auf seinen Druckmodul ziehen wir wiederum die von anderen Forschern für die Fichte verschiedener Länder gefundenen Festigkeitswerthe vergleichsweise heran.

Nach Schwappach*) beträgt die Druckfestigkeit der Fichte:

Ostpreussens	. 381 kg/cm^2	} für würfelförmige Proben im „lufttrockenen“ Zustande.
aus den Sudeten	412	
aus dem Harz	441	
aus Thüringen	. 455	
aus der schlesischen Ebene	. 457	
aus dem Vorharz	. 504	

Nach Bauschinger**) für die Fichte Bayerns	407	für prismatische Proben bei einem Wassergehalte von 15% des Lufttrockengewichtes = 17.7% des absoluten Trockengewichtes.
--	-----	--

Nach Tetmajer***) für die Fichte der Schweiz	283	für würfelförmige Proben aus seitlichem Holze im „lufttrockenen“ Zustande.
--	-----	--

Nach den gegenständlichen Untersuchungen für die Fichte Südtirols	. 336	für würfelförmige Proben beim Wassergehalte von 15% des absoluten Trockengewichtes.
---	-------	---

Die verhältnismässig geringe Druckfestigkeit des schweizerischen Fichtenholzes ist dem Umstande zuzuschreiben, dass die astigen Holzproben principiell in die Mittelbildung einbezogen wurden.

Die Fichte Südtirols dürfte somit, was ihre Druckfestigkeit anbelangt, der Fichte der Schweiz etwa gleichkommen, steht aber in dieser Beziehung der bayrischen und preussischen Fichte bedeutend nach.

4. Beziehungen zwischen Druckfestigkeit und spezifischem Gewichte.

In Betreff der Abhängigkeit der Druckfestigkeit von verschiedenen Factoren wurde bereits auf Seite 65 dieser Abhandlung nachgewiesen, dass die Beziehung zwischen Druckfestigkeit und spezifischem Gewichte durch eine Gleichung ersten Grades von der Form: $\beta_{15} = 20 s_{15} - 430$ dargestellt werden kann; der parallele Verlauf der Schaulinien IV und V auf Tafel XIII bestätigt dies.

Der Quotient aus Druckfestigkeit und spezifischem Gewichte (entweder $\frac{\beta_0}{s_0}$, $\frac{\beta_{15}}{s_{15}}$ oder auch $\frac{\beta_{15}}{s_0}$) ist, wie wir bereits Seite 37 erläutert haben, geeignet, die relative Qualität eines Holzes in bautechnischer Hinsicht zu charakterisiren; derselbe beträgt nach der Höhenlage am Stamme im Durchschnitte aller 12 Probestämme (siehe Colonne 9, 22 und 23 der Tabelle 14 und Schaulinie V der Tafel XII) in Brusthöhe ein Minimum, steigt von hier mit der Höhe am Stamme und erreicht in der obersten der untersuchten Stammscheiben, im Bereiche der Krone, sein Maximum. Das relativ beste Holz hätte also bei der Fichte Südtirols die Kronenpartie, wenn nicht die geringen Stärkendimensionen und die Astigkeit dieses Holzes die Verwendbarkeit länger dimensionirter Stücke zu Bauzwecken beeinträchtigen, beziehungsweise ganz ausschliessen würde.

*) Literatur-Verzeichnis Nr. 16 (II. Theil).

**) Literatur-Verzeichnis Nr. 8 (16. Heft).

***) Literatur-Verzeichnis Nr. 10.

Bei den einzelnen Stämmen steigt und fällt der Qualitätsquotient mit dem specifischen Gewichte und der Druckfestigkeit (siehe Schaulinie VI der Tafel XIII und die Zahlenwerthe der Columnen 16, 33 und 34 der Tabelle 15); besonders scharf tritt diese Beziehung bei den plattenförmigen Proben hervor, verschwindet dagegen nahezu ganz bei den Würfeln; erstere sind daher für eine Qualitätscharakteristik mit Hilfe des gegenständlichen Quotienten geeigneter als würfelförmige Proben.

Im Maximum beträgt der Quotient $\frac{\beta_{15}}{s_{15}}$ für Würfel	8·7 (Stamm 1 und 2).
im Minimum	7·7 (Stamm 7),
	im Mittel: 8·3;
$\frac{\beta_{15}}{s_{15}}$ für Platten im Maximum	10·4 (Stamm 10),
$\frac{\beta_{15}}{s_{15}}$ für Platten im Minimum	7·9 (Stamm 4),
	im Mittel: 9·3;
$\frac{\beta_0}{s_0}$ für Platten im Maximum	18·3 (Stamm 8 und 10),
$\frac{\beta_0}{s_0}$ für Platten im Minimum	16·2 (Stamm 12),
	im Mittel: 17·2.

Es wäre von Interesse, die Fichte anderer Wuchsgebiete nach Anhalt dieses Quotienten auf ihre Qualität zu untersuchen; da hiezu aber die specifischen Gewichte und Festigkeitswerthe für einen bestimmten, einheitlichen Feuchtigkeitsgehalt erforderlich sind, diese Bedingungen bei den Holzuntersuchungen jedoch bis jetzt noch nicht eingehalten erscheinen, so ist diese Vergleichung unthunlich.

Für die Südtiroler Fichte gehört demnach				
zu einer Druckfestig- keit β_{15} von kg/cm^2	für würfelförmige Proben		für plattenförmige Proben	
	ein specifisches Gewicht		ein specifisches Gewicht	
	s_{15}	s_0	s_{15}	s_0
300	37·0	34·0	36·5	33·5
320	39·0	36·0	37·5	34·5
340	41·0	38·0	38·5	35·5
360	43·0	40·0	39·5	36·5
380	45·0	42·0	40·5	37·5
400	—	—	41·5	38·5
420	—	—	42·5	39·5
440	—	—	43·5	40·5
460	—	—	44·5	41·5

β) Resultate der Untersuchungen über Druckelasticität.

Die Ergebnisse der Untersuchungen über Druckelasticität sind für jedes der vier Theilprismen eines Stammes in Tabelle 16 niedergelegt, die Mittelwerthe hieraus stammweise in Tabelle 17 zusammengestellt. Um einen Ueberblick über diese Zahlen zu erhalten, wurde die Tafel XIV entworfen, welche die von Stamm zu Stamm verschiedenen Zahlenwerthe der technisch wichtigen Eigenschaften in — der Reihe nach untereinandergezeichneten — Schaulinien darstellt. Hiebei wird aufmerksam gemacht, dass die Schaulinie IV dieser Tafel die specifischen Gewichte und Schaulinie XII die Druckfestigkeit für denjenigen Feuchtigkeitszustand φ darstellt, welchen die Probekörper während der Materialprüfung besaßen, wodurch also eine Vergleichung der physikalischen und mechanischen Eigenschaften strenggenommen nur an einem und demselben Stamme untereinander gewährleistet ist, nachdem an eine Reduction dieser Eigenschaften auf einen einheitlichen Feuchtigkeitsgehalt, mit Ausnahme der Druckfestigkeit und des specifischen Gewichtes derzeit noch nicht gedacht werden kann.

Es handelt sich nun neben der Ermittlung der absoluten Grösse der Coëfficienten der Druckelasticität bei den gegenständlichen Untersuchungen auch darum, ob die physikalischen Eigenschaften und welche von ihnen einerseits untereinander, andererseits mit den mechanischen technisch wichtigen Eigenschaften in Wechselbeziehung stehen.

Bei der Betrachtung der Schaulinien auf Tafel XIV ergeben sich nach dem Verlaufe derselben folgende Beziehungen:

- A. Genau im gleichen Sinne verlaufen (und stehen somit in gerader Proportion):
 1. Schaulinie I (Alter der Probestämme) und II (Jahringlänge pro Quadratcentimeter).
 2. Schaulinie IV (specifisches Gewicht bei der Materialprüfung) mit XII (Druckfestigkeit, erhoben an 50 cm langen Prismen).
 3. Schaulinie VII (Grenzmodul) und VIII (specifische Arbeit an der Elasticitätsgrenze).
 4. Schaulinie X (Fliessmodul) und XI (specifische Arbeit an der Fliessgrenze).
 5. Schaulinie X (Fliessmodul) mit XII (Druckfestigkeit).
 6. Schaulinie V (elastische Verkürzung) mit IX (Verkürzung an der Fliessgrenze).
- B. Einander entgegengesetzt bewegen sich (stehen daher in umgekehrter Proportion):
 1. Schaulinie V (elastische Verkürzung) und VI (Elasticitätsmodul).
 2. Schaulinie IX (Verkürzung an der Fliessgrenze) und X (Fliessmodul).
- C. Annähernd gleich bewegen sich:
 1. Schaulinie VI (Elasticitätsmodul) mit VII (Grenzmodul) und daher auch mit VIII (specifische Arbeit an der Elasticitätsgrenze).
 2. Schaulinie VII (Grenzmodul), VIII (specifische Arbeit an der Elasticitätsgrenze) mit X (Fliessmodul), daher auch mit XI (specifische Arbeit an der Fliessgrenze) und XII (Druckfestigkeit).
 3. Schaulinie VI (Elasticitätsmodul) und XII (Druckfestigkeit).
- D. In keiner erkennbaren Beziehung stehen Schaulinie I und II mit allen übrigen Eigenschaften.

Die sub A - 3, A - 4, B - 1 und B - 2 angeführten Beziehungen ergeben sich naturgemäss aus der mathematischen Berechnungsweise dieser Grössen; die unter A - 2 beobachtete Beziehung ist nach den früheren Ausführungen als feststehendes Gesetz zu betrachten; die unter A - 1 genannte Beobachtung erklärt sich aus dem gleichmässigen, ungestörten und durch keine wirthschaftlichen Massregeln geänderten Entwicklungsgang der Bestände, aus

welchen die Probestämme entnommen wurden, da mit zunehmendem Alter die Jahrringbreite stetig sinkt, daher die Jahrringlänge pro Quadratcentimeter steigt.

Was nun das unter C - 3 angeführte Verhalten der Druckfestigkeit zum Elasticitätsmodul anbelangt, dessen Erforschung ja einen der Hauptzwecke dieser Elasticitätsuntersuchungen bildet, so ist ein Zusammenhang zwischen beiden, und zwar das Bestehen einer geraden Proportion, nicht zu verkennen. Ordnet man nämlich, vom kleinsten zum grössten Werthe fortschreitend, die untersuchten Stämme in dieser Hinsicht, so ergibt sich als Reihenfolge: für die Druckfestigkeit β_p . . . Stamm Nr. 1, 4, 11, 3, 12, 2, 8, 7, 5, 6, 9, 10; für den Druckelasticitätsmodul ϵ . . . Stamm Nr. 11, 4, 3, 12, 6, 8, 7, 1, 5, 10, 2, 9.

In dieser Reihe zeigen die Stämme 1, 2 und 6 ein abweichendes Verhalten: Stamm 1 mit der geringsten Druckfestigkeit hat einen relativ grossen Elasticitätsmodul. Diese Erscheinung wiederholt sich jedoch, wie vorausgeschickt wird, auch im Verhalten zwischen Elasticitätsmodul und Bruchmodul für Biegung; analoge Verhältnisse weist auch diesbezüglich Stamm 2 auf.

Nur für das unregelmässige Verhalten des Probestammes 6 kann eine Erklärung nicht gefunden werden.

Der Einfluss, den der Wassergehalt der Proben auf die Coëfficienten der Druckelasticität ausübt, lässt sich bei diesen Untersuchungen nicht constatiren, da er von demjenigen des specifischen Gewichtes nicht getrennt werden kann.

Die Beobachtung der Fließsgrenze ist, da sie zu der Elasticitäts- und Bruchgrenze in constantem Verhältnisse steht, zur Qualitätsbestimmung des Holzes nicht erforderlich und wegen der Unsicherheit ihrer Bestimmung bedeutungslos.

Im Allgemeinen ist als erwiesen zu betrachten, dass die auf der Druckelasticität und Druckfestigkeit basirenden Eigenschaften und Qualitätsfactoren miteinander Hand in Hand gehen; so zeigt Stamm 9 das Maximum des Elasticitätsmoduls, des Grenzmoduls, der specifischen Arbeit an der Elasticitäts- und Fließsgrenze, des Fließmoduls und der Druckfestigkeit bei 15% Feuchtigkeit und Stamm 1 die Minima aller dieser Eigenschaften (mit Ausnahme des Elasticitätsmoduls). Es wächst somit die Druckelasticität mit der Druckfestigkeit.

Eine Beziehung der Elasticitätscoëfficienten zum Alter der Probestämme, zum Jahrringbaue, zur Bonität, Exposition und Meereshöhe des Standortes konnte auf Grund dieser Untersuchungen nicht constatirt werden.

Aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen mögen die technisch wichtigen Eigenschaften in ihren Höchst- und Mindestwerthen sowie in ihren Mittelzahlen hier angeführt werden:

Es beträgt:

	Elasticitätsmodul in t/cm^2	Grenzmodul in t/cm^2	Fließmodul in t/cm^2
im Maximum;	116.2 (Stamm 9)	0.258 (Stamm 9)	0.299 (Stamm 9)
im Minimum:	76.0 (Stamm 11)	0.144 (Stamm 1)	0.208 (Stamm 1)
im Mittel:	99.1	0.200	0.259
	Specifische Arbeit in t/cm		
	an der Elasticitätsgrenze	an der Fließsgrenze	
im Maximum:	0.000288 (Stamm 9)	0.000390 (Stamm 9)	
im Minimum:	0.000100 (Stamm 1)	0.000254 (Stamm 1)	
im Mittel:	0.000208	0.000357	
	Druckfestigkeit in t/cm^2		
im Maximum:	0.321 (Stamm 10 bei 15.8% Feuchtigkeit)		
im Minimum:	0.241 (Stamm 1 bei 17.6% Feuchtigkeit)		
im Mittel:	0.283 bei 17.0% Feuchtigkeit.		

Zur Vergleichung stellen wir wieder die an der Südtiroler Fichte gewonnenen Resultate denjenigen der bayrischen und Schweizer Fichte gegenüber.

Nach Bauschinger*) ist für die Fichte Bayerns:

	Der Elasticitäts- modul	Grenzmodul	Druckmodul	Specificsches Gewicht	Specifiche Arbeit an der Elasticitätsgrenze
nach Tetmajer**) für die Fichte der Schweiz	82.2 t/cm ²	121 kg/cm ²	200 kg/cm ²	44.4 (22% Feuchtigkeit)	—
nach den gegenständlichen Untersuchungen für die Fichte Südtirols	110.9	131	283	42.0	0.0000804 t/cm;
	99.1 „	200 „	283 „	40.1 (17% „)	0.0002080 „

Hiezu wird bemerkt, dass die Versuchsstücke bei Bauschinger Prismen von 15 cm Höhe, bei Tetmajer und den gegenständlichen Untersuchungen aber Prismen von 50 cm Höhe waren, was für die Grösse des Druckmoduls von Einfluss ist.

Hervorzuheben ist die bedeutend höhere Ziffer des Grenzmoduls der Südtiroler Fichte gegenüber der schweizerischen, deren Feuchtigkeitsgehalt wohl annähernd mit dem der ersteren als gleich betrachtet werden kann. Dagegen sind die geringen Werthe dieser Coëfficienten bei der Fichte Bayerns wohl hauptsächlich dem grösseren Feuchtigkeitsgehalte derselben zuzuschreiben.

B. Ergebnisse der Biegeversuche.

I. Gegenseitige Beziehungen der einzelnen Coëfficienten der Biegefestigkeit.

Die Resultate der Biegeversuche sind in den Tabellen 18 und 19 enthalten; erstere umfasst die Ergebnisse der Untersuchung für jeden einzelnen Biegestab, und zwar sowohl die directen Versuchsergebnisse, als auch die Reduction derselben auf den Normalstab; letztere bringt die stammweise Zusammenstellung der Mittelwerthe aus den auf den Normalstab reducirten Resultaten.

Die Arbeitsdiagramme sind ferner für jeden einzelnen Biegebalken auf den Tafeln XV bis XVIII graphisch wiedergegeben, und zwar bezeichnet die schwach gezogene Linie das directe Versuchsergebnis, die kräftig ausgezogene Diagrammcurve die Reduction auf den Normalstab. Die Elasticitätsgrenze ist bei beiden Arbeitsdiagrammen durch einen kleinen Kreis markirt; übrigens sind jedem einzelnen Diagramme noch die wichtigsten mechanischen und physikalischen Eigenschaften ziffermässig als kurze Charakteristik des betreffenden Biegebalkens beigegeben; es bedeutet dortselbst: ϵ den Elasticitätsmodul, γ den Grenzmodul und β den Bruchmodul (Biegefestigkeit) sämmtliche in Tonnen pro 1 cm² ausgedrückt; A die Deformationsarbeit beim Bruche in t/cm, reducirt auf den Normalstab; η den Völligkeitscoëfficienten (Coëfficient des Biegediagrammes); φ den Feuchtigkeitsgehalt des Biegestabes bei der

*) „Mittheilung aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der königlich-technischen Hochschule in München“, 9. Heft „Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit von Fichten- und Kiefernbauhölzern“, München 1883. Die hier angeführten Werthe sind Mittelzahlen aus dem Untertrumm (Sommerfällung) aus sechs Stämmen von Frankenhofen, Regenhütte und Schliersee in Bayern.

**) „Methoden und Resultate der Prüfung der schweizerischen Bauhölzer“, Zürich 1884. (Mittelwerthe aus elf Stämmen.)

Materialprüfung und s das spezifische Gewicht im hundertfachen Werthe für den Normalfeuchtigkeitsgehalt von 15% des absoluten Trockengewichtes.

Die gegenseitigen Beziehungen der verschiedenen Coëfficienten der Biegeelasticität und -Festigkeit untereinander und mit der Druckfestigkeit werden durch die beiden Tafeln XIX und XX dargestellt, von denen erstere die Werthe von nur je einem Biegestabe pro Stamm (und zwar von demjenigen, der unter den vier Probekörpern eines Stammes das Maximum der Biegezugfestigkeit besitzt) und letztere die Mittelwerthe aller vier Biegebalken pro Stamm darstellt; beide letztgenannten Tafeln enthalten natürlich wieder nur die auf den Normalstab reducirten Festigkeitswerthe.

Bei der Betrachtung der einzelnen Arbeitsdiagramme der zu einem Stamme gehörigen Biegestäbe fällt vor allem die verschiedene Flächengrösse derselben auf; es beträgt z. B. der Arbeitswerth des Biegestabes 10 a (14.28 t/cm) fast das Dreifache desjenigen von 10 b (5.25 t/cm); diese Variabilität ist individuell und, wie bereits Seite 79 dieser Studienarbeit erwähnt wurde, mehr oder weniger von Zufälligkeiten abhängig. Dagegen ist der Elasticitätsmodul, der sich durch die Grösse des Neigungswinkels des elastischen Astes der Diagrammlinie gegen die Abscissenaxe ausdrückt, bei den zu einem Stamme gehörigen Biegestäben ziemlich constant.

Wollte man nach Anhalt der im Abschnitte über die „Qualitätsbestimmung auf Grundlage der Biegezugfestigkeit“, (Seite 79) gegebenen Andeutungen aus der graphischen Darstellung des Biegezugdiagrammes eines Balkens auf dessen Qualität schliessen, so würde für unsere Untersuchungen als das technisch werthvollste Material Biegebalken 10 a , sodann 9 a und 9 c angesprochen werden müssen, während die Biegebalken 1 b , 12 a und 2 a als schlechtestes Bauholz zu bezeichnen wären. In der That drückt sich diese Qualitätsschätzung ziffermässig exact in dem Quotienten $\frac{A}{F}$ (siehe Colonne 24 der Tabelle 18) aus: es fallen auf die erstgenannten drei Biegebalken die Maximalwerthe des erwähnten Quotienten $\frac{A}{F}$ mit 2.06, beziehungsweise 1.97 und 1.84, auf die drei letztgenannten die Mindestwerthe von 0.87, respective 0.88 und 1.03.

Tetmajer*) hat gefunden, dass bei Inanspruchnahme von Balken auf Biegung grössere Bruchlasten erzielt werden, wenn die Balken derart gelagert werden, dass die Fasern der gespannten Balkenseite nicht der Stammmitte angehören. Die Resultate der gegenständlichen Untersuchungen bestätigen dies.

Es beträgt im Durchschnitte für Balken, welche derart geprüft wurden, dass die gespannten Fasern der Splintpartie angehören, also (nach Colonne 26 der Tabelle 18):

	Elasticitätsmodul	Grenzmodul	Biegezugfestigkeit	Biegezugarbeit
für „Kern oben“:	88.8 t/cm^2	0.274 t/cm^2	0.505 t/cm^2	6.12 t/cm .
Dagegen				
für „Kern unten“:	89.56 „	0.260 „	0.486 „	4.92 „

Es wird also der Elasticitätsmodul von der verschiedenen Lagerung der Balken bei der Inanspruchnahme auf Biegung nicht beeinflusst; dagegen erhöht sich der Grenzmodul, die Biegezugfestigkeit und vor allem die Arbeitscapazität der Biegezugfestigkeit (letztere um 25%) dann, wenn die Beanspruchung so stattfindet, dass die Kernpartie des Balkens nicht der gespannten Seite angehört; hieraus ergibt sich für den Techniker die praktische Regel, dass die auf Biegung in Anspruch genommenen Balken, sofern keine Rücksichten auf anderweitige Umstände (Aeste etc.) zu nehmen sind, derart verlegt werden sollen, dass der Kern nicht in die Zugseite zu liegen kommt.

*) Literatur-Verzeichnis Nr. 10.

Die Zusammenstellung der wichtigsten Qualitätsfactoren der Biegezugfestigkeit nach der Form des Bruches der einzelnen Biegestäbe (siehe Colonne 27 der Tabelle 18 und Tafel III) führt zu folgenden Ergebnissen:

Bruchform	Elasticitätsmodul t/cm^2			Grenzmodul t/cm^2			Biegezugfestigkeit t/cm^2			Arbeitscapacität t/cm		
	Kern oben	Kern unten	Mittel	Kern oben	Kern unten	Mittel	Kern oben	Kern unten	Mittel	Kern oben	Kern unten	Mittel
Glattsplittig*) (g_s)	81.3	100.1	90.7	0.342	0.321	0.331	0.530	0.588	0.559	5.55	5.47	5.51
Zackig (z)	86.3	85.3	85.8	0.287	0.271	0.279	0.505	0.463	0.484	6.40	4.90	5.65
Splittig (s)	96.0	95.9	96.0	0.258	0.244	0.251	0.504	0.501	0.503	5.11	5.26	5.19
Glatt (g)	85.9	86.6	86.3	0.274	0.230	0.252	0.504	0.500	0.502	6.66	4.80	5.73

Hienach würde also ein splittiger Bruch auf einen grösseren Elasticitätsmodul hinweisen als ein zackiger oder ein glatter Bruch, dagegen mit einer geringeren Arbeitscapacität verknüpft sein, als die beiden anderen Bruchformen; Biegebalken, die mit einem zackigen Bruche brechen, haben einen grossen Grenzmodul und eine geringe Biegezugfestigkeit; ein glatter Bruch weist auf einen hohen Werth der Arbeitscapacität hin.

Wenn man die Ergebnisse der Biegeversuche an der Hand der graphischen Darstellungen auf Tafel XIX und XX überblickt, so lassen sich mehr oder weniger deutlich folgende Beziehungen zwischen den einzelnen physikalischen und mechanischen Eigenschaften erkennen, beziehungsweise das Nichtvorhandensein solcher constatiren:

Die Biegezugfestigkeit (Bruchmodul) wächst mit dem Steigen des specifischen Gewichtes (Schaulinie IV und XIII).

Der Quotient aus Biegezugfestigkeit und dem (hundertfachen) specifischen Gewichte gibt nach Tabelle 19 für:

Stamm Nr.	12	4	1	11	8	7	5	3	2	9	6	10
mit dem spec. Gewichte s_{15}	37.1	37.3	37.6	38.3	38.9	39.5	40.1	40.2	41.6	41.8	42.3	44.2
den Werth von $\frac{\beta}{s_{15}}$	12.4	12.4	11.1	12.3	12.6	12.5	13.4	12.4	12.1	13.0	12.1	12.5
d. i. im Mittel $\frac{\beta}{s_{15}}$	$= 12.4$, ist also ziemlich constant.											

Biegezugfestigkeit und Biegezugelasticität stehen zu einander gleichfalls in gerader Proportion (Schaulinien VI und XIII), daher auch der Elasticitätsmodul mit dem specifischen Gewichte (Schaulinie IV und VI); letztere Beziehung ist allerdings nicht so scharf ausgesprochen wie die früher genannten.

Der Einfluss der Feuchtigkeit auf die Biegezugfestigkeit tritt nicht so scharf ausgesprochen hervor wie bei der Druckfestigkeit. Zur Würdigung dieses Einflusses ist Tafel XIX geeignet, welche die Beobachtungen an nur je einem Probekörper darstellt, daher primäre Einflüsse noch nicht durch die nivellirende Mittelbildung getrübt werden.

Das Maximum des Feuchtigkeitsgehaltes weist in Schaulinie III dieser Tafel der Biegestab 8 b, den zweitgeringsten Werth 7 b auf; während nun diesen beiden Extremen des Wasser-

*) Nur in zwei Fällen beobachtet.

gehaltes thatsächlich die entgegengesetzten Extreme der Druckfestigkeit entsprechen, äussert sich dieser Einfluss auf die Coëfficienten der Biegungselasticität gar nicht, und nur auf die Festigkeitswerthe der Cohäsionsgrenze (Deformationsarbeit, Völligkeitscoëfficient, Quotient $\frac{A}{F}$) in geringem Masse.

Bei ganzen Stämmen (Mittel aus vier Biegeproben) zeigt auf Tafel XX Probestamm Nr. 4 den höchsten Wassergehalt, den kleinsten Elasticitätsmodul und die geringste Druckfestigkeit.

Logischerweise müsste die Biegungsfestigkeit (und auch der Elasticitätsmodul) mit dem Feuchtigkeitsgehalte abnehmen, da die Biegungsfestigkeit unter sonst gleichen Umständen mit der Druckfestigkeit und diese wiederum mit dem Feuchtigkeitsgrade stark abnimmt. Der Grund, warum diese Untersuchungen keinen Einfluss der Feuchtigkeit auf Elasticität und Biegungsfestigkeit erkennen lassen, liegt wohl darin, dass die Feuchtigkeit der Biegeproben nur geringe Differenzen — der Feuchtigkeitsgehalt schwankte zwischen 20·5 und 18·2% — zeigt; innerhalb dieser engen Grenzen dürfte die Zugfestigkeit und Zugelasticität, von welchen die Biegungsfestigkeit eines Balkens ebenfalls abhängt, durch die Feuchtigkeitsänderungen nicht merkbar beeinflusst werden. Ueberdies ist auch die Feuchtigkeit zu beiden Seiten der neutralen Axe im Querschnitte unregelmässig vertheilt, wodurch ein gesetzmässiger Einfluss auf die Biegungsfestigkeit schwer erkennbar wird.

Es dürfte keinem Zweifel unterliegen, dass in hohen Trocken- und Feuchtigkeitsgraden erkennbare Unterschiede in der Elasticität und Biegungsfestigkeit resultiren werden, indem sowohl der Elasticitätsmodul als auch die Biegungsfestigkeit mit dem Grade der Holzfeuchtigkeit abnehmen werden. *)

Der Coëfficient des Biegungsdiagrammes (Völligkeitscoëfficient nach Tetmajer) wächst mit der Grösse der Deformationsarbeit beim Bruche und, wenn auch weniger deutlich ausgesprochen, mit der Biegungsfestigkeit (Schaulinien XI, X und XIII der Tafeln XIX und XX).

Der Jahrringbau hat keinen Einfluss auf die Biegungseigenschaften; ebenso ist ein Einfluss des Baumalters und der standörtlichen Factoren auf dieselben nicht nachweisbar.

Für einzelne Stämme mögen die Maximal- und Minimalwerthe, sowie die Durchschnittswerthe aus dem gesammten Materiale für die wichtigsten Eigenschaften der Biegungselasticität und -Festigkeit hier Platz finden:

	Elasticitätsmodul t/cm^2	Grenzmodul t/cm^2	Arbeit an der Elasticitätsgrenze t/cm
Maximum:	105·6 (Stamm 9)	0·302 (Stamm 7)	0·879 (Stamm 7)
Minimum:	74·1 (Stamm 4)	0·226 (Stamm 11)	0·544 (Stamm 11)
Mittel:	89·1	0 268	0·691
	Deformationsarbeit beim Bruche t/cm	Völligkeitscoëfficient	Biegungsfestigkeit t/cm^2
Maximum:	8·35 (Stamm 10)	0·75 (Stamm 4)	0·555 (Stamm 10)
Minimum:	2·96 (Stamm 1)	0·61 (Stamm 1 und 3)	0·418 (Stamm 1)
Mittel:	5·59	0·66	0·496

*) Vergleiche: Mittheilungen des k. k. Technologischen Gewerbemuseums in Wien, 1895 und 1896. „Versuche über den Einfluss hygroskopisch aufgenommenen Wassers auf die Festigkeit des Holzes“ von J. Marchet. (Siehe Fussnote auf Seite 7 dieser Abhandlung.)

	Quotient $\frac{A}{F}$	Specificsches Gewicht	
		bei der Probe s_p	bei 15% Feuchtigkeit s_{15}
Maximum:	1.79 (Stamm 10)	45.0 (Stamm 10) $\varphi = 19.3\%$	44.2 (Stamm 10)
Minimum:	1.14 (Stamm 1)	37.7 (Stamm 12) $\varphi = 18.3\%$	37.1 (Stamm 12)
Mittel:	1.46	40.7 bei $\varphi = 19.3\%$	39.9

Vergleichsweise stellen wir wiederum unsere an der Südtiroler Fichte gewonnenen Resultate denjenigen der bayerischen und Schweizer Fichte gegenüber.

Nach Bauschinger*) ist für die Fichte Bayerns:

	Elasticitäts- modul t/cm^2	Grenz- modul t/cm^2	Biegungs- festigkeit t/cm^2	Deforma- tionsarbeit t/cm	Specificsches Gewicht 100fach	Feuchtigkeit %
nach Tet- majer**) für die Fichte der Schweiz	111.5	0.204	0.510	4.59*)	49.3 bei 16.6 = 19.9% des absol. Trockengewichtes	
nach d. gegen- ständlichen Unter- suchungen für die FichteSüd- tirols	85.13	0.209	0.436	4.55*)	42.0 bei 16.0%;	
	89.1	0.268	0.496	5.59*)	40.7 bei 19.3%.	

Diese Gegenüberstellung zeigt, dass die Fichte Südtirols trotz ihres geringeren specifischen Gewichtes der Schweizer Fichte in allen mechanischen Eigenschaften der Biegung überlegen ist, dagegen der bayrischen Fichte im Elasticitätsmodul und in der Biegungsfestigkeit etwas nachsteht, im Grenzmodul dieselbe aber übertrifft. Hiebei wird jedoch auf den grossen Unterschied im specifischen Gewichte (bei annähernd gleichem Wassergehalte) zwischen der Südtiroler und der bayrischen Fichte aufmerksam gemacht, so dass also, da specifisches Gewicht und Biegungselasticität gleichen Schritt zu halten pflegen, die Elasticität der Südtiroler Fichte als eine verhältnismässig sehr hohe zu bezeichnen ist.

2. Beziehungen zwischen Biegungs- und Druckfestigkeit.

Um die Beziehungen zwischen Druck- und Biegungsfestigkeit zu erforschen, wurden die Biegeproben, d. h. Theile derselben, auch der Druckprobe unterworfen. Zu diesem Zwecke wurden aus den Resten der zertrümmerten Biegestäbe nachträglich zu beiden Seiten des Bruches mehrere Druckkörper von theils prismatischer, theils würfel- und plattenförmiger Gestalt entnommen und diese nach Ermittlung ihres specifischen Gewichtes auf ihre Druckfestigkeit und schliesslich auf ihren Wassergehalt untersucht, welch' letzterer, da zwischen der Biege- und Druckprobe ein längerer Zeitraum verstrichen war, natürlich bedeutend niedriger befunden wurde als jener der Biegeprobe. Da nun aber die Druckfestigkeit mit sinkendem Wassergehalte steigt und (bei sonst gleichen Umständen) damit das specifische Gewicht gleichzeitig sinkt, so

*) Literatur-Verzeichnis Nr. 8 (16. Heft).

**) Literatur-Verzeichnis Nr. 10. Die hier angeführten Zahlen beziehen sich nur auf seitliches Holz.

*) Reducirt auf den Normalbiegestab von 10×10 cm Querschnitt und 1.5 m Stützweite.

musste, um eine Vergleichbarkeit der beiden Festigkeitsarten herzustellen, die an den Druckkörpern ermittelte Druckfestigkeit auf den Feuchtigkeitsgehalt und das spezifische Gewicht der Biegebalken, wie diese Eigenschaften bei der Biegeprobe statthatten, reducirt werden. Diese Reduction erfolgte mit Hilfe der schon bekannten Formel:

$$\beta_{15} = \beta_{\varphi} + 18 \cdot \varphi - 270, \text{ daher}$$

$$\beta_{\varphi} = \beta_{15} - 18 \cdot \varphi + 270,$$

wobei β_{φ} die gesuchte Druckfestigkeit für den Feuchtigkeitsgehalt φ der Biegeproben bezeichnet. Für den Fall, dass die beiden auf 15% Feuchtigkeit reducirten specifischen Gewichte der Biegeprobe (s_{15}) und Druckprobe (s'_{15}) trotzdem noch nicht übereinstimmen, muss β_{15} überdies noch vom Einflusse der Verschiedenheit dieses Factors befreit werden.

Dies geschieht durch die Proportionalformel $\beta_{15} : \beta'_{15} = s_{15} : s'_{15}$, in welcher β'_{15} und s'_{15} sich auf die aus den Biegestäben gefertigten Druckproben beziehen.

$$\text{Es lautet daher obige Reductionsformel: } \beta_{\varphi} = \frac{\beta'_{15} \times s_{15}}{s'_{15}} - 18 \cdot \varphi + 270.$$

Colonne 23 bis 26 der Tabelle 19 enthalten die stammweise gebildeten Mittelwerthe der an den Druckproben direct ermittelten und auf den Normalfeuchtigkeitsgehalt reducirten Werthe, Colonne 27 und 28 die vorbeschriebene Reduction der Druckfestigkeit auf das specifische Gewicht und den Feuchtigkeitsgehalt der Biegeproben. Als Vergleichswerth wurde schliesslich das Mittel aus der Festigkeit von Prismen, Würfeln und Platten gebildet und in Colonne 29 eingetragen.

Wie die Schaulinien XIII und XIV auf Tafel XIX, noch deutlicher aber auf Tafel XX darthun, zeigen Biegungs- und Druckfestigkeit einen ziemlich übereinstimmenden Verlauf; nur Stamm 8 macht eine Ausnahme, vermuthlich wegen des hohen Feuchtigkeitsgehaltes, welcher schon an der Grenze des Geltungsbereiches der entwickelten Reductionsformeln liegt.

Das Verhältniss zwischen beiden Festigkeitsarten ist jedoch nicht constant; es schwankt, wie aus der Colonne 30 der Tabelle 19 zu ersehen ist, zwischen 2·10 (Stamm 4) und 1·55 (Stamm 5); im Mittel ist also die Biegungsfestigkeit das 1·72fache der Druckfestigkeit.*)

Vergleicht man nun noch die Druckelasticität mit der Biegungselasticität, also die Schaulinien der Tafel XIV mit denjenigen der Tafel XX, so ergibt sich eine ausgezeichnete Uebereinstimmung (d. h. ein paralleler Verlauf) zwischen den beiderseitigen Elasticitätsmoduln (Schaulinien VI beider Tafeln). Dagegen stimmen die Grenzmoduli für Druck und Biegung nicht überein.

*) Vergleiche Seite 5 dieser Abhandlung.

V. Rückblick auf die wichtigsten Ergebnisse.

Wir haben im Laufe dieser Untersuchungen gesehen, wie sich einerseits die Maximalwerthe, andererseits die Minima der bautechnischen Eigenschaften fast durchgehends auf bestimmte Probestämme vereinigen. So ist Stamm Nr. 10 derjenige, welcher das grösste spezifische Gewicht, die grösste Druckfestigkeit, den grössten Werth des Quotienten $\frac{\beta_{15}}{s_{15}}$, die höchste Biegezugfestigkeit, die grösste Arbeitscapacität für Biegung und den Höchstwerth des Quotienten $\frac{A}{F} \left(\frac{\text{Deformationsarbeit}}{\text{Durchbiegung beim Bruche}} \right)$ besitzt. Nur in den Elasticitätseigenschaften steht dieser Stamm dem Probestamme Nr. 9, der übrigens von demselben Standorte wie Nr. 10 stammt, nach. Andererseits vereinigen sich die Mindestwerthe aller dieser Eigenschaften auf die Probestämme 12, 4 und 1, welche somit das zu Bauholz am wenigsten geeignete Material darstellen. Es folgt daraus, dass die technischen Eigenschaften des Holzes untereinander in einer gewissen Beziehung stehen und Hand in Hand miteinander gehen, und dass das Holz — gleichen Wassergehalt vorausgesetzt — in seinem spezifischen Gewichte einen ziemlich verlässlichen Qualitätszeiger besitzt.

Dieser Qualitätszeiger ist jedoch nur für vergleichende Untersuchungen mit einer und derselben Holzart und innerhalb räumlich engbegrenzter Wuchsgebiete zuverlässig. Für vergleichende Untersuchungen gleicher Holzarten verschiedener Wuchsgebiete oder verschiedener Holzarten überhaupt muss der Quotient: $\frac{\text{Festigkeit (gegen Druck oder Biegung)}}{\text{spezifisches Gewicht bei 15\% Feuchtigkeit}}$ bestimmt werden, welcher alsdann als guter Qualitätsmassstab dient.

Was nun die bautechnische Qualität des untersuchten Fichtenholzes aus dem Wuchsgebiete Südtirol im Allgemeinen betrifft, so haben wir gesehen, dass dasselbe ein verhältnissmässig sehr geringes spezifisches Gewicht und dementsprechend auch nur eine geringe rückwirkende Festigkeit besitzt; dagegen zeichnet sich dasselbe durch seine elastischen Eigenschaften und seine relative Festigkeit aus, eignet sich daher mehr zu auf Biegung beanspruchten Constructionstheilen.

Seinem äusseren Ansehen nach ist dieses Holz von ausgezeichnet gleichmässigem, feiningigem Baue mit schwachen Sommerholzonen, welche letztere im höheren Lebensalter der Bäume bei sehr engringigen Stämmen (wie z. B. bei Stamm Nr. 5 und 6) nahezu ganz verschwinden.

Das Fichtenholz von Paneveggio erfreut sich eines ausgezeichneten Rufes als Resonanzholz. Diese Werthschätzung fand thatsächlich durch die Resultate der gegenständlichen Untersuchungen ihre wissenschaftliche Begründung, denn geringes Gewicht, Astreinheit, Feinheit

und Gleichmässigkeit des Jahrringbaues sowie schwache Sommerholzonen, vor allem aber grosse Elasticität sind eben die Anforderungen, die an Resonanzholz gestellt werden. Besonders geschätzt ist hiezu die sogenannte Haselfichte, die in den Staatsforsten von Paneveggio häufig vorkommt: der Probestamm Nr. 10 war eine solche.

Die Südtiroler Fichte, vor allem jene von Paneveggio, erwächst, besonders in den tieferen Lagen, ungemein schlank, langschäftig, vollholzig und bis weit hinauf am Stamme vollkommen astrein, welche Eigenschaften wiederum in Verbindung mit der Leichtigkeit und grossen Elasticität ihre specielle Eignung als Schiffsbauholz begründen (früher als Mastbaumholz, jetzt als Raaenhölzer begehrt).

Resumiren wir schliesslich an der Hand der in der Einleitung zu dieser Studienarbeit Seite 10 aufgeworfenen Fragen die wichtigsten Resultate gegenständlicher Untersuchungen, so ergeben sich folgende Sätze:

1. Zwischen Druckfestigkeit, specifischem Gewichte und Feuchtigkeitsgehalt des Fichtenholzes bestehen gesetzmässige Beziehungen, die sich durch lineare Gleichungen ausdrücken lassen, und zwar haben dieselben für die Fichte Südtirols die Form:

$$s_{15} = s_{\varphi} - 0.2.\varphi + 3 \text{ und}$$

$$\beta_{15} = \beta_{\varphi} + 18.\varphi - 270,$$

wobei s_{15} und s_{φ} das specifische Gewicht im 100fachen Werthe bei 15 beziehungsweise $\varphi\%$ Wassergehalt, β_{φ} und β_{15} die Druckfestigkeit in kg/cm^2 und φ den Feuchtigkeitsgehalt in Procenten des absoluten Trockengewichtes darstellen.

Für die Beziehung zwischen specifischem Gewichte und Druckfestigkeit gelten die Gleichungen:

$$\beta_{15} = 20 s_{15} - 430 \text{ für plattenförmige Proben,}$$

$$\beta_{15} = 10 s_{15} - 70 \text{ für würfelförmige Proben.}$$

Die von Bauschinger für die bayrischen Nadelhölzer aufgestellte Formel: $\beta_{15} = 10 s_{15} - 100$ gilt also für die Südtiroler Fichte nicht; sie liefert geringere Werthe.

2. Die Länge (Höhe) des Probekörpers hat innerhalb jener Grenzen, wo die Knickungsfestigkeit noch nicht zur Geltung kommt, einen Einfluss auf die Druckfestigkeit; es verhalten sich diesbezüglich prismatische Probekörper (von 50 cm Höhe), würfelförmige und plattenförmige Proben (von 2.5 cm Höhe) wie 85:94:100.

3. Die Grösse des Querschnittes der Probekörper übt — die Aehnlichkeit der Druckflächen vorausgesetzt — auf die Druckfestigkeit keinen erkennbaren Einfluss aus, wohl aber das Verhältniss desselben zur Höhe.

4. Die Form des Querschnittes scheint auf die Druckfestigkeit insoferne einen Einfluss zu nehmen, als die quadratische Form sich diesbezüglich günstiger verhält wie die rechteckige.

5. Der Einfluss der Feuchtigkeit auf die Druckfestigkeit ist mehr als doppelt so gross als jener des specifischen Gewichtes.

6. Astiges Holz zeigt im grossen Durchschnitte bei einer Erhöhung des specifischen Gewichtes um 3% eine Verminderung der Druckfestigkeit um 5%.

7. Die Coëfficienten der Druckfestigkeit stehen zu jenen der Biegungsfestigkeit in einer gewissen Beziehung, indem sich beide gleichsinnig ändern; diese Beziehung ist jedoch nicht constant; der Quotient aus Biegungs- und Druckfestigkeit beträgt bei der Südtiroler Fichte im Maximum 2·10 und im Minimum 1·55; im grossen Durchschnitte ist die Biegungsfestigkeit das 1·72fache der Druckfestigkeit.

8. Die Druckfestigkeit des Holzes ist in verschiedenen Stammhöhen verschieden; der Verlauf derselben am Stamme ist ein von Stamm zu Stamm wechselnder; im Allgemeinen steigt bei der Südtiroler Fichte die Druckfestigkeit mit der Höhe der Probe am Stamme.

9. Die Festigkeit einer Probe aus einer bestimmten Höhensection ändert sich mit der Lage im Stamme in regelloser Weise oft so, dass die zulässigen individuellen Schwankungen (10% nach den Ergebnissen der amerikanischen Holzuntersuchungen für Nadelholz) überschritten werden.

10. Zwischen Jahrringbau (Jahrringbreite und Jahrringlänge pro Quadratcentimeter), dem specifischen Gewichte und den Festigkeitseigenschaften des Holzes bestehen für Holzproben verschiedener Stämme und aus verschiedenen Stammhöhen keine Beziehungen.

11. Exposition, Höhenlage und Güte des Standortes üben auf die Festigkeitscoëfficienten des Holzes der Südtiroler Fichte keinen erkennbaren Einfluss aus; dagegen scheint der Einfluss des Wachstumsgebietes sich auf das specifische Gewicht und die Druckfestigkeit der Südtiroler Fichte insofern geltend zu machen, als die Annäherung an die verticale und gleichzeitig an die horizontale Verbreitungsgrenze der Fichte die genannten Eigenschaften des Südtiroler Fichtenholzes ungünstig beeinflusst.

12. Zu einem möglichst abschliessenden Urtheile über den bautechnischen Werth eines Holzes würde unseres Erachtens nöthig sein: die Angabe des specifischen Gewichtes für den Normalfeuchtigkeitsgehalt, der Quotient $\frac{\text{Druckfestigkeit}}{\text{specifisches Gewicht}} \left(\frac{\beta}{s} \right)$, ferner der Elasticitätsmodul für Biegung und die Arbeitscapacität, beziehungsweise $\frac{\text{Deformationsarbeit}}{\text{Durchbiegung beim Bruch}} \left(\frac{A}{F} \right)$.

13. Der Bautechniker wird auf Grund der vorliegenden Materialprüfung bei Verwendung von Südtiroler Fichten-Bauholz folgende Festigkeitszahlen mit vollster Beruhigung benützen können, wobei eine Feuchtigkeit des Holzes von 20% (welchen Feuchtigkeitsgrad z. B. die Constructionshölzer bei unverschalten Brücken gewöhnlich besitzen) vorausgesetzt wird:

Druckfestigkeit in kg/cm^2 277*)	Biegungsfestigkeit in kg/cm^2 476*)	Elasticitätsmodul in kg/cm^2 90000
---------------------------------------	--	---

*) Aus Tabelle 19 der Mittelwerth für die Druckfestigkeit ($\beta_{19.3} = 290 \text{ kg/cm}^2$) entnommen und auf 20% Feuchtigkeit reducirt:

$$\beta_{15} = \beta_{19} + 18 \cdot \varphi - 270 = 290 + 18 \times 19.3 - 270 = 367;$$

$$367 = \beta_{20} + 18 \times 20 - 270, \text{ hieraus Druckfestigkeit } \beta_{20} = 367 - 18 \times 20 + 270 = 277 \text{ kg/cm}^2;$$

$$\text{Biegungsfestigkeit} = 1.72 \times \text{Druckfestigkeit} = 277 \times 1.72 = 476 \text{ kg/cm}^2.$$

Für die Praxis ist bei diesen Untersuchungen die Beantwortung der Frage von Wichtigkeit: „Wie lässt sich aus sinnlich leicht wahrnehmbaren oder doch leicht zu constatirenden Eigenschaften die bautechnische Qualität der Hölzer bestimmen?“ Wenngleich an die Beantwortung dieser Frage auf Grund der vorliegenden Untersuchungen derzeit noch nicht gegangen werden kann, so ist doch dieser eminent praktische Zweck auch in der Folge bei den Qualitätsuntersuchungen der Bauhölzer stets im Auge zu behalten. Daraus wird gleichzeitig der Forstmann auch die Kenntnis der Umstände schöpfen, unter welchen bautechnisch werthvolles Holz zu erwachsen pflegt.

Tabelle 1.

Verzeichnis

der für Zwecke von Qualitäts- und Festigkeitsuntersuchungen im Reichsforste Paneveggio in Süd-Tirol zur Fällung gelangten

Probestämme

und Beschreibung der

standörtlichen Verhältnisse.

Tabelle 1.

Des Probestammes						Kronland	Forst- bezirk	Abtheilung und Unterabtheilung	D e s		
Nummer	Holzart	Alter	Brusthöhen- Durchmesser	Scheitelhöhe	Höhe des Kronenansatzes				geographische Breite und Länge	örtliche Lage und Exposition	Höhe über dem adriatischen Meere
		Jahre	cm	m	m						m
1	Fichte	156	47	27.4	14.0	S ü d - T i r o l	K. k. Forstwirtschaftsbezirk Paneveggio, Forst- und Domänen-Verwaltung Predazzo	11 o	46° 18' nördliche Breite und 29° 25' östliche Länge	Südhang	1600
2	Fichte	147	46	35.4	12.0			11 o		Südhang	1600
3	Fichte	210	43	26.4	7.0			8 f		Südhang	1900
4	Fichte	155	48	30.9	10.5			8 f		Südhang	1900
5	Fichte	312	43	28.0	11.8			28 m		Westhang	1800
6	Fichte	251	44	24.0	14.0			28 m		Westhang	1800

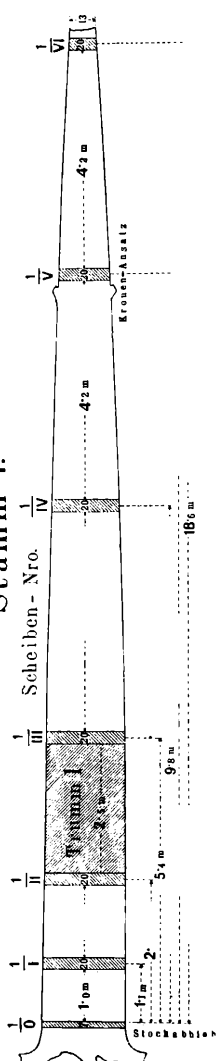
Standort es		
allgemeine geologische und specielle Bodenbeschaffenheit	Beschreibung des Bestandes und des Probestammes	Anmerkung
Den Bodenuntergrund bildet Porphyry und zum kleinen Theile Sandstein und Kalk. Im Allgemeinen ist die Gebirgsart des Reichsforstes: Quarzporphyry, Grödnersandstein, Seisser und Campiler Schichten. Specielle Standortbeschreibung: Tiefgründiger, sandiger Lehm-boden, Moos- und Nadeldecke; 15° geneigter Abhang.	Fichte, mit einigen Lärchen gemischt; 100—180jährig (Mittel 150jährig); II. Bonität (von 9 Bonitäten) mit 945 fm^3 Masse pro Hektar; Bestockung 0.9; Probestämme 1 und 2: Gesund, vollholzig, ziemlich centrisc h gewachsen, hoch angesetzte Krone, gesunder Wipfel. Beide Stämme circa 30 m von einander entfernt gestanden, dem dominirenden Bestande entnommen.	Der tiefste Punkt des Reichsforstes Paneveggio liegt 1400 m hoch; bis 1900 m ist der Wald noch vielen Orts geschlossen. Die letzten Spuren der Baumvegetation finden sich bei 2300 m Meereshöhe.
Seichter steiniger Boden; Grasnarbe, stellenweise Rhododendron. 15—20° geneigter Hang.	Fichte 0.9, Lärche 0.1, einzelne Zirben. Plenterwald an der Waldgrenze, schlechtwüchsig mit grossen Lücken. 0.1 Altholz, 0.6 Mittelholz, 0.3 Jungholz, Altersgrenzen zwischen 10 und 260 Jahren. (Mittel 80jährig). VII. Bonität, pro 1 ha 50 fm^3; Bestockung 0.3. Probestämme 3 und 4: Gesund, abholzig, astig, dem dominirenden Bestande entnommen.	
Sandiger, steiniger Lehm-boden, Gras- und Unkrautwuchs; 15—20° geneigter Hang.	Fichtenaltholz mit spärlichem, unterdrückten Jungwuchs. 0.9 Altholz. 0.1 Jungholz, 10—300jährig, im Mittel 250jährig. Plenterwaldcharakter. VII. Bonität, pro Hektar 400 fm^3, Bestockung 0.6. Probestämme 5 und 6: Abholzig, gesund, ziemlich astig; beide Stämme 40 m von einander entfernt gestanden, dem dominirenden Bestande entnommen.	Sämmtliche Stämme sind nach folgendem Schema zerlegt worden: Stamm 1.  Das Diagramm zeigt einen Stamm, der in sechs Scheiben zerlegt ist. Die Stämme sind von unten nach oben mit I bis VI markiert. Die Scheiben sind von unten nach oben mit 1 bis 6 markiert. Die Stämme sind von unten nach oben mit 1 bis 6 markiert. Die Stämme sind von unten nach oben mit 1 bis 6 markiert.

Tabelle 1 (Fortsetzung).

Des Probestammes						Kronland	Forst- bezirk	Abtheilung und Unterabtheilung	D e s		
Nummer	Holzart	Alter	Brusthöhen- Durchmesser	Scheitelhöhe	Höhe des Kronenansatzes				geographische Breite und Länge	örtliche Lage und Exposition	Höhe über dem adriatischen Meere
		Jahre	cm	m	m						m
7	Fichte	150	40	33·7	14·0	S ü d - T i r o l	K. k. Forstwirtschaftsbezirk Paneveggio, Forst- und Domänen-Verwaltung Predazzo	25 b	46° 18' nördliche Breite und 29° 25' östliche Länge	Westhang	1600
8	Fichte	176	44	34·2	14·0			25 b		Westhang	1600
9	Fichte	143	43	29·7	8·0			2 a		Osthang	1600
10	Fichte	145	43	32·9	11·0			2 a		Osthang	1600
11	Fichte	110	40	33·6	18·0			38 a		Nordhang	1450
12	Fichte	116	40	28·7	18·7			38 a		Nordhang fast eben	1450

Standortes		
allgemeine geologische und specielle Bodenbeschaffenheit	Beschreibung des Bestandes und des Probestammes	Anmerkung
Steiniger, seichter, jedoch sehr humoser Lehm Boden. Moos- und Vacciniendecke; 15° geneigter Hang.	Fichte. Starkes Mittelholz, durch Schneebrüche etwas gelichtet. Alter 110—140 (Mittel 120) Jahre; II. bis III. Bonität mit 720 f_m^3 pro Hektar. 0·9 bestockt. Probestämme 7 und 8: Gesund, centriscb gewachsen, gut entwickelte Krone. Dem dominirenden Bestande entnommen.	Die Scheibe 1/I ist in der Höhe von 1·1 m 1/II „ „ „ „ 2·7 „ 1/III „ „ „ „ 5·4 „ 1/IV „ „ „ „ 9·8 „ 1/V „ „ „ „ 14·2 „ 1/VI „ „ „ „ 18·6 „ über dem Stockabschnitte (resp. über der Grundscheibe) entnommen worden. Sämmtliche Scheiben (pro Stamm 6 Stück) und das 2·50 m lange Trumm wurden mit Vaseline an beiden Hirnflächen gut verrieben. An der stammabwärts gerichteten Seite ist mit Blaustift die Stamm- und Sectionszahl angeschrieben. Die Scheiben sind in Pergament- und Packpapier eingehüllt, mit Spagat verschnürt und in Säcken verpackt zum Transport gelangt; die Trumme sind auf offenen Wägen transportirt worden. Sämmtliche Scheiben und Trumme sind berindet gelassen.
Kräftiger, humoser, etwas sandiger Lehm Boden. Moos- und Nadeldecke, Vaccinien. 25—40° geneigte Lehne.	Fichte 0·9, Lärche 0·1. Schönwüchsiges Altholz, 100—160jährig (im Mittel 145-jährig); II. Bonität, pro Hektar 800 f_m^3 ; Bestockung 0·8. Probestämme 9 und 10: Gesund und centriscb gewachsen, gut entwickelte, ziemlich tief angesetzte Krone. Dem dominirenden Bestande entnommen; beide Stämme circa 50 m von einander entfernt.	Datum der Fällung: 15. September 1895.
Humoser, sandiger Lehm Boden. Moos- und Nadeldecke, fast eben, längs des Wildbaches Travignolo, an der Sohle des von Ost gegen West streichenden Thaies.	Fichte, gut geschlossen; 120jährig. IV. Bonität, pro Hektar 500 f_m^3 . 0·9 bestockt. Probestämme 11 und 12: Centriscb gewachsen, gesund, vollholzige, hoher Kronenansatz; dem dominirenden Bestande entnommen. Beide Stämme sind circa 30 m von einander entfernt gestanden.	

Tabellen 2—17.

Ergebnisse der Druckversuche.

Beziehungen

zwischen den einzelnen Factoren der Druckfestigkeit, ihre Abhängigkeit von den standörtlichen Verhältnissen (Seehöhe, Exposition) und dem Alter der Probestämme, sowie von dem Jahrringbaue, dem specifischen Gewichte, dem Feuchtigkeitsgehalte und von der Höhenlage des Probekörpers am Stamme.

•

Tabellen 2—13.

Versuche

über die

Druckfestigkeit

von Würfeln im lufttrockenen und von Platten im lufttrockenen
und absolut trockenen Zustande.

Probestamm

Seehöhe: 1600 m; Exposition:

Tabelle 2.

Des Probekörpers						Zustand des Probe-											
Höhe über dem Stockabschnitte	Bezeichnung	Form: $\begin{cases} W = \text{Würfel} \\ P = \text{Platte} \end{cases}$	allgemeine Beschaffenheit.			lufttrocken								absolut			
			Der Jahrringe			Länge	Breite	Höhe	Querfläche	Absolutes Gewicht	Specificisches Gewicht ρ_p	Feuchtigkeit in Procenten des absoluten Trockengewichtes = $\varphi\%$	Druckfestigkeit pro 1 cm ² = β_p	Länge	Breite	Querfläche	
			Gesamtzahl in der Diagonale	Zahl Diagonale pro 1 cm Diagonale	Länge pro 1 cm ² Druckfläche												
																	cm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1·1 m	I a	W	122	6·2	6·3	139·2	139·8	134·9	194·6	996·4	38·0	16·4	300	. . .	. . .	. . .	
	a ₁	P	122	6·2	6·3	138·1	138·2	24·5	190·9	176·1	37·7	13·5	407				
	b	W+				143·3	143·5	145·3	205·6	1142·6	38·3+	15·8+	281+				
	b ₁	P	131	7·6	6·7	142·0	142·5	24·7	202·4	188·1	37·6	11·8					
	Im Mittel		122	6·2	6·3						38·0	16·4	300				
			126	6·9	6·5						37·7	12·6					
			131	7·6	6·7						37·6	11·8					
	2·7 m	II a	W+				124·1	128·3	124·2	159·2	745·1	37·7+	15·1+	286+	. . .	. . .	. . .
		a ₁	P	122	6·8	6·5	122·3	127·5	25·7	155·9	143·0	35·7	10·5	302			
b		W	105	6·1	5·6	121·3	125·2	119·4	151·9	684·0	37·7	16·5	302				
b ₁		P	105	6·1	5·6	120·2	124·2	25·0	149·3	137·0	36·7	12·4	414				
Im Mittel			105	6·1	5·6						37·7	16·5	302				
			113	6·4	6·0						36·2	11·4					
			122	6·8	6·5						35·7	10·5					
5·4 m		III a	W	111	5·5	5·5	143·0	144·1	142·8	206·1	1112·6	37·8	17·6	291	. . .	. . .	. . .
		a ₁	P	111	5·5	5·5	142·0	143·3	24·6	203·5	185·1	36·9	14·0	394			
	b	W+				115·7	116·1	115·8	133·9	571·9	37·0+	15·5+	282+				
	b ₁	P	104	6·4	6·0	114·3	114·7	24·6	131·1	120·1	37·2	10·8					
	Im Mittel		111	5·5	5·5						37·8	17·6	291				
			107	5·9	5·7						37·0	12·4					
			104	6·4	6·0						37·2	10·8					
	9·8 m	IV a	W	103	5·5	5·7	153·0	133·3	133·2	177·3	895·7	37·9	16·2	302	. . .	. . .	. . .
		a ₁	P	103	5·5	5·7	132·8	133·5	24·7	177·3	162·2	37·0	12·7	406			
b		W+				103·6	105·7	102·5	109·5	422·8	37·6+	15·9+	299+				
b ₁		P	98	6·7	6·3	103·6	104·4	24·5	108·2	99·2	37·4	11·3					
Im Mittel			103	5·5	5·7						37·9	16·2	302				
			100	6·1	6·0						37·2	12·0					
			98	6·7	6·3						37·4	11·3					
14·2 m		V a	W+				101·6	102·6	100·2	104·2	400·7	38·4+	15·6+	295+	. . .	. . .	. . .
		a ₁	P	73	5·1	4·9	100·6	101·1	25·0	101·7	94·0	37·0	11·0				
	b	W+				99·2	99·9	98·2	99·1	407·7	41·9+	15·9+	273+				
	b ₁	P	87	6·2	6·0	98·3	98·9	23·6	97·2	91·0	39·7	11·5	430				
	Im Mittel																
			80	5·6	5·4						38·3	11·2					
			73	5·1	4·9						37·0	11·0					
	18·6 m	VI a	W	90	5·9	5·9	107·1	107·4	107·5	115·0	474·1	38·4	16·4	317	. . .	. . .	. . .
		a ₁	P	90	5·9	5·9	106·3	106·5	24·7	113·2	107·1	38·3	11·7				
b		W	85	7·2	7·2	84·3	84·8	84·9	71·5	234·9	38·7	15·8	305				
b ₁		P	85	7·2	7·2	83·4	83·8	14·6	69·9	38·5	37·8	11·3					
Im Mittel			87	6·5	6·5						38·6	16·1	311				
			87	6·5	6·5						38·0	11·5					
			87	6·5	6·5						38·0	11·5					
Gesamt-Mittel				106	6·0	5·9						38·0	16·6	301			
				102	6·3	6·0						38·5+	15·6+	286+			
			103	6·5	6·1						37·4	11·8					
											37·2	11·1					

Anmerkung. Das Zeichen + bezieht sich auf astige Proben.

Nr. I.

Südhang; Alter: 156 Jahre.

Druckversuche.

k ö r p e r s			Umwandlung auf den Feuchtigkeitsgehalt von $\varphi = 15\%$						Werth für s_0	Flächen- Schwindung		Des Probekörpers		
t r o c k e n			Absolute Zahlen				Relative Zahlen			Absolute Zahl	Relative Zahl	Form: { W = Würfel- P = Platte	Bezeichnung	Höhe über dem Stockabschnitte
Absolutes Gewicht	Specificches Trocken- gewicht s_0	Druckfestigkeit pro $1 \text{ cm}^2 = \beta_0$	Specificches Gewicht für die Feuchtigkeit von $15\% = s_{15}$		Druckfestigkeit für die Feuchtigkeit von $15\% = \beta_{15}$		Specificches Gewicht, wenn das Minimum $s_{15} = 0.35 = 100$ gesetzt wird	Druckfestigkeit, wenn das Minimum $\beta_{15} = 270 = 100$ gesetzt wird	Specificches Trocken- gewicht, wenn das Minimum $s_0 = 0.33 = 100$ gesetzt wird	Schwindungsprocent der Querfläche pro 10% Feuchtigkeitsverlust	Flächenschwindung pro 10% Feuchtigkeit, wenn das Minimum $0.30 = 100$ gesetzt wird			
			astfrei	astig	astfrei	astig								
g	100fach	kg/cm ²	100fach		kg/cm ²		Verhältniszahlen			%	Verhältnis- Zahl			
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
155.2	35.1		37.7		325					0.41		W	I a	1.1 m
	35.1		38.0		380	295						P	I a ₁	
168.2	35.2	592	38.3	38.1	322					0.39		W+	I b	
												P	I b ₁	
	35.1		37.7		325		107	120	106			Lufttrockene, astfreie W.		
	35.1		38.1		351		109	141	106	0.40	133	P.		
	35.2	592	38.3				109		106	0.39	130	Absolut trockene, astfreie P.		
129.4	33.9	606	36.6	37.7	336	288				0.47		W+	II a	2.7 m
	34.3		37.4		329							P	II a ₁	
121.9	34.3		37.2		367					0.39		W+	II b	
												P	II b ₁	
	34.3		37.4		329		107	122	104	0.43	143	Lufttrockene, astfreie W.		
	34.1		36.9		351		105	130	103	0.47	156	P.		
	33.9	606	36.6				105		103			Absolut trockene, astfreie P.		
162.4	33.9		37.3		338					0.31		W	III a	5.4 m
	33.9		37.1		376	291						P	III a ₁	
108.4	35.1	599	38.0	36.9	329					0.42		W+	III b	
												P	III b ₁	
	33.9		37.3		338		107	125	103	0.36	120	Lufttrockene, astfreie W.		
	34.5		37.5		352		107	130	105	0.42	140	P.		
	35.1	599	38.0				109		106			Absolut trockene, astfreie P.		
143.9	34.8		37.7		324					0.46		W	IV a	9.8 m
	34.8		37.5		365	315						P	IV a ₁	
89.1	35.4	514	38.1	37.4	244					0.48		W+	IV b	
												P	IV b ₁	
	34.8		37.7		324		107	120	105	0.47	156	Lufttrockene, astfreie W.		
	35.1		37.8		304		108	112	106	0.48	160	P.		
	35.4	514	38.1				109		107			Absolut trockene, astfreie P.		
84.7	34.9	616	37.8	38.3	346	306				0.43		W+	V a	14.2 m
	34.9		41.7		346	289						P	V a ₁	
81.6	37.5		40.4		367					0.46		W+	V b	
												P	V b ₁	
	36.2		39.1		356		112	132	110	0.44	146	Lufttrockene, astfreie W.		
	34.9	616	37.8				108		105	0.43	143	P.		
												Absolut trockene, astfreie P.		
95.9	35.8	545	38.1		342					0.38		W	VI a	18.6 m
	35.8		39.0		275							P	VI a ₁	
34.6	35.8	655	38.5		319					0.48		W	VI b	
					385							P	VI b ₁	
	35.8		38.3		330		109	122	108	0.43	143	Lufttrockene, astfreie W.		
	35.8		38.8		330		109	122	108	0.43	143	P.		
	35.8	600	38.8				109		108			Absolut trockene, astfreie P.		
	34.8		37.7		329		107	122	105			Lufttrockene, astfreie W.		
	35.1		38.0+		341	297+				0.42	140	astige W.		
	35.0	588	37.9				108	128	106	0.44	145	astfreie P.		
							108		106			Absolut trockene, astfreie P.		

Probestamm

Seehöhe: 1600 m; Exposition:

Tabelle 3.

Des Probekörpers						Zustand des Probe-											
Höhe über dem Stockabschnitte	Bezeichnung	Form: $\begin{cases} W = \text{Würfel} \\ P = \text{Platte} \end{cases}$	allgemeine Beschaffenheit.			lufttrocken								absolut			
			Der Jahrringe			Länge	Breite	Höhe	Querfläche	Absolutes Gewicht	Specificsches Gewicht s_g	Feuchtigkeit in Procenten des absoluten Trockengewichtes = $\varphi\%$	Druckfestigkeit pro 1 cm ² = β_φ	Länge	Breite	Querfläche	
			Gesamtzahl in der Diagonale	Zahl pro 1 cm Diagonale	Länge pro 1 cm ² Druckfläche												
																	cm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1.1 m	2/I a	W	122	5.9	6.3	146.6	148.0	147.3	217.0	1370.2	42.9	17.6	316	141.5	142.7	201.9	
	a ₁	P	122	5.9	6.3	145.6	146.8	24.7	213.7	224.3	42.5	13.6	421				
	I b	W	122	6.7	6.8	129.0	131.6	127.2	169.8	934.5	43.3	15.6	347				
	b ₁	P	122	6.7	6.8	127.5	130.4	24.9	166.3	177.8	42.9	12.3	.				
	Im Mittel	122	6.3	6.5					43.1	16.6	331						
		122	6.3	6.5					42.7	13.0							
122		6.7	6.8					42.9	12.3	.							
2.7 m	II a	W	118	6.0	6.3	138.2	141.5	136.1	195.6	1136.7	42.7	16.9	331	133.5	137.0	182.9	
	a ₁	P	118	6.0	6.3	137.2	140.4	24.3	192.6	197.1	42.1	12.6	.				
	II b	W	116	6.5	6.5	126.8	127.0	126.4	161.0	892.7	43.8	17.5	346				
	b ₁	P	116	6.5	6.5	125.6	125.6	24.7	157.8	170.1	43.6	13.2	474				
	Im Mittel	117	6.2	6.4					43.2	17.2	338						
		117	6.2	6.4					42.8	12.9							
118		6.0	6.3					42.1	12.6	.							
5.4 m	III a	W+	.	.	.	128.0	128.9	127.6	165.0	935.9	44.5+	17.3+	346+	122.8	124.0	152.3	
	a ₁	P	101	5.6	6.2	126.3	127.7	25.0	161.3	176.0	43.7	12.7	.				
	III b	W+	.	.	.	126.7	127.5	122.9	161.5	859.8	43.3+	17.2+	339+				
	b ₁	P	107	6.0	6.5	125.6	126.4	24.6	158.8	173.1	44.3	13.0	471				
	Im Mittel	104	5.8	6.3					44.0	12.8							
		101	5.6	6.2					43.7	12.7	.						
9.8 m		IV a	W+	97	6.1	6.3	112.7	114.0	113.8	128.5	656.3	44.8+	14.7+	320+	109.1	109.2	119.1
	a ₁	P	92	5.9	4.9	111.8	112.4	24.7	125.7	133.8	43.0	11.4	.				
	IV b	W	92	5.9	4.9	111.1	111.7	111.0	124.1	585.5	42.5	17.0	338				
	b ₁	P	92	5.9	4.9	110.2	109.6	24.7	120.8	126.4	42.4	13.2	458				
	Im Mittel	92	5.9	4.9					42.5	17.0	338						
		94	6.0	5.6					42.7	12.3							
97		6.1	6.3					43.0	11.4								
14.2 m	V a	W+	82	5.7	5.9	101.7	102.3	103.4	104.0	472.1	43.9+	16.2+	350+	98.1	98.5	96.6	
	a ₁	P		.	.	101.0	101.0	25.0	102.0	108.7	42.6	12.2	480				
	V b	W+		.	.	100.8	103.7	102.2	104.5	484.0	45.3+	15.8+	306+				
	b ₁	P	89	6.2	6.3	100.0	102.8	24.7	102.8	109.3	43.0	11.4	.				
	Im Mittel	85	6.0	6.1					42.8	11.8							
		89	6.2	6.3					43.0	11.4							
18.6 m		VI a	W	75	5.5	5.8	95.9	96.0	95.1	92.1	384.1	43.9	16.0	360	92.4	92.7	85.7
	a ₁	P	75	5.5	5.8												
	VI b	W+		.	.	81.1	81.3	81.3	65.9	243.5	45.4+	15.1+	334+				
	b ₁	P	74	5.1	5.1	80.5	80.3	24.9	64.4	70.3	43.8	11.2	489				
	Im Mittel	75	5.5	5.8					43.9	16.0	360						
		74	5.3	5.4					43.8	11.2							
75		5.5	5.8					.	.	.	.	.	.				
Gesamt-Mittel			101	6.0	5.9						43.2	16.7	342				
			99	5.9	6.0					44.5+	16.1+	333+					
			100	6.0	6.3					43.1	12.3						
										42.9	12.1						

Nr. 2.

Südhang; Alter: 147 Jahre.

Druckversuche.

k ö r p e r s			Umwandlung auf den Feuchtigkeitsgehalt von $\varphi = 15\%$				Werth für s_0		Flächen- Schwindung		Des Probekörpers							
t r o c k e n			Absolute Zahlen				Relative Zahlen			Absolute Zahl	Relative Zahl	Form: { W = Würfel P = Platte	Bezeichnung	Höhe über dem Stockabschnitte				
Absolutes Gewicht g	Specificches Trocken- gewicht s_0 100fach	Druckfestigkeit pro $1 \text{ cm}^2 = p_0$ kg/cm^2	Specificches Gewicht für die Feuchtigkeit von $15\% = s_{15}$		Druckfestigkeit für die Feuchtigkeit von $15\% = p_{15}$		Specificches Gewicht, wenn das Minimum $s_{15} = 0.35 = 100$ gesetzt wird	Druckfestigkeit, wenn das Minimum $p_{15} = 270 = 100$ gesetzt wird	Specificches Trocken- gewicht, wenn das Minimum $s_0 = 0.33 = 100$ gesetzt wird	Schwindungsprocent der Querfläche pro 1% Feuchtigkeitsverlust	Flächenschwindung pro 1% Feuchtigkeit, wenn das Minimum $0.30 = 100$ gesetzt wird							
			astfrei	astig	astfrei	astig									a s t f r e i			astfrei
			100fach	kg/cm^2	100fach	kg/cm^2									Verhältniszahlen			%
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32				
197.4	39.6 39.6		42.4 42.8		363 396					0.43		W	I a	1.1 m				
158.3	40.5 40.5	774	43.2 43.4		358 504					0.49		P	a ₁					
												P	b ₁					
	40.0 40.0 40.5		42.8 43.1 43.4		360 450		122 123 124	133 167	121 121 123	0.46 0.49	153 163	Lufttrockene, astfreie W. P. Absolut trockene, astfreie P.						
175.0	39.4 39.4 40.9	681	42.3 42.6 43.3		365 411 391					0.42		W	II a	2.7 m				
150.2	40.9 40.9		44.0		442					0.46		P	a ₁					
												P	b ₁					
	40.1 40.1 39.4		42.8 43.3 42.6		378 427		122 124 122	140 158	122 122 119	0.44 0.42	146 140	Lufttrockene, astfreie W. P. Absolut trockene, astfreie P.						
156.1	41.0 41.0	737	44.2 44.7	44.0 42.9	467 379	387				0.47		W+	III a	5.4 m				
153.2	41.4 41.2 41.0				435					0.44		P	a ₁					
												P	b ₁					
	41.2 41.0	737	44.4 44.2		451		127 126	167	125 124	0.45 0.47	150 156	Lufttrockene, astfreie W. P. Absolut trockene, astfreie P.						
120.1	40.8 39.5 39.5	688	43.7 42.1 42.8	44.9	418 374 426	314				0.49		W+	IV a	9.8 m				
111.7	39.5 40.1 40.8		42.1 43.3 43.7		374 422		120 123 125	138 156	120 122 124	0.42 0.46 0.49		P	a ₁					
												P	b ₁					
96.9	40.1 40.5		43.2 43.7	43.7 45.1	430 369	372 320				0.46		W+	V a	14.2 m				
98.1		639								0.43		P	a ₁					
	40.3 40.5	639	43.4 43.7		400		124 125	148	122 123	0.45 0.43	150 143	Lufttrockene, astfreie W. P. Absolut trockene, astfreie P.						
87.0	40.8 40.8 41.0	703	43.7 44.6	45.4	378 433 420	335				0.36		W	VI a	18.6 m				
63.2												P	a ₁					
	40.8 40.9 40.8	703	43.7 44.6		378 427		125 127	140 158	124 124 124	0.36	120	Lufttrockene, astfreie W. P. Absolut trockene, astfreie P.						
	40.1 40.4 40.5		42.8 43.7 43.5	44.5+	372 430	344+	122 125 124	138 159	122 122 123	0.44 0.46	145 153	Lufttrockene, astfreie W. astige W. astfreie P. Absolut trockene, astfreie P.						

Probestamm

Seehöhe: 1900 m; Exposition

Tabelle 4.

Des Probekörpers						Zustand des Probe-										
Höhe über dem Stockabschnitte	Bezeichnung	Form: { W = Würfel P = Platte	allgemeine Beschaffenheit.			lufttrocken								absolut		
			Der Jahrringe			Länge	Breite	Höhe	Querfläche	Absolutes Gewicht	Specificisches Gewicht ρ_p	Feuchtigkeit in Procenten des absoluten Trockengewichtes = $\varphi\%$	Druckfestigkeit pro 1 cm ² = β_p	Länge	Breite	Querfläche
			Gesamtzahl in der Diagonale	Zahl pro 1 cm Diagonale	Länge pro 1 cm ² Druckfläche											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1-10 m	3/I a	W+	136	7.3	6.7	132.1	132.1	133.0	174.5	973.3	41.9+	16.7+	314+	127.5	128.3	163.6
	" a ₁	P				131.3	131.7	28.7	172.9	206.2	41.6	13.3	411			
	I b	W+				113.6	114.0	114.1	129.5	640.0	43.3+	15.5+	309+			
	" b ₁	P	146	9.1	9.3	112.6	113.0	30.1	127.2	161.4	42.2	12.6	.	110.2	110.5	121.8
	Im Mittel		141	8.2	8.0						41.9	13.0				
			146	9.1	9.3	.	.	.	.	.	42.2	12.6	.	.	.	.
2-70 m	II a	W+	133	7.1	6.9	131.6	132.1	134.0	173.7	1010.0	43.4+	16.2+	273+	128.0	128.4	164.3
	" a ₁	P				130.9	131.4	30.9	172.0	211.8	39.8	12.2	405			
	II b	W+	127	7.4	8.6	122.5	122.7	121.1	150.3	740.5	40.7+	14.7+	295+	118.8	119.0	141.4
	" b ₁	P				121.7	121.8	30.3	148.2	180.2	40.1	11.1				
	Im Mittel		130	7.3	7.7						39.9	11.6				
			127	7.4	8.6	.	.	.	.	.	40.1	11.1	.	.	.	.
5-40 m	III a	W+	124	7.1	7.6	123.5	125.3	123.1	154.8	767.0	40.2+	16.6+	293+	119.4	121.5	145.1
	" a ₁	P	115	8.3	9.1	122.5	124.3	30.4	152.3	179.7	38.8	12.9	374			
	III b	W	115	8.3	9.1	99.0	99.0	99.7	98.0	392.9	40.2	15.2	316	95.6	95.7	91.5
	" b ₁	P				93.5	98.5	30.2	97.0	114.5	39.1	12.0				
	Im Mittel		115	8.3	9.1						40.2	15.2	316			
			120	7.7	8.4						39.0	12.5				
			115	8.3	9.1						39.1	12.0				
9-80 m	IV a	W	100	7.2	7.6	97.5	99.2	99.0	96.7	390.6	40.8	14.0	308	94.4	96.6	91.2
	" a ₁	P	100	7.2	7.6	96.8	98.6	30.3	95.4	112.6	38.9	10.5				
	IV b	W	101	7.9	8.1	90.8	91.2	92.2	82.8	302.9	39.7	16.1	303	87.7	88.2	77.4
	" b ₁	P	101	7.9	8.1	90.0	90.1	30.2	81.1	95.8	39.1	11.5				
	Im Mittel		100	7.6	7.9						40.2	15.0	305			
			100	7.6	7.9	.	.	.	.	.	39.0	11.0	.	.	.	.
			100	7.6	7.9	.	.	.	.	.	39.0	11.0	.	.	.	.
14-20 m	V a	W	73	6.2	7.5	82.6	82.8	84.5	68.4	240.9	41.7	15.3	319	80.7	81.3	65.6
	" a ₁	P	73	6.2	7.5	82.2	83.3	30.2	68.5	82.3	39.8	10.6				
	V b	W+	79	8.1	8.5	69.1	69.7	69.3	48.2	133.9	40.0+	15.6+	280+	67.0	68.0	45.6
	" b ₁	P				68.8	69.0	18.5	47.5	34.3	39.0	10.6				
	Im Mittel		73	6.2	7.5						41.7	15.3	319			
			76	7.3	8.0						39.4	10.6				
			76	7.3	8.0						39.4	10.6				
18-60 m	VI a	W	54	6.9	7.0	54.8	56.0	56.6	30.6	73.5	42.4	16.0	395	53.6	54.5	29.2
	" a ₁	P	54	6.9	7.0	54.6	55.5	29.7	30.3	36.8	40.9	11.5	446			
	VI b	W	55	7.6	8.0	51.3	51.6	52.3	26.5	58.4	42.1	15.2		49.7	50.0	24.9
	" b ₁	P	55	7.6	8.0	50.9	51.0	15.0	26.0	15.8	40.6	10.5				
	Im Mittel		55	7.2	7.5						42.2	15.6	395			
			55	7.2	7.5						40.8	11.0				
			55	7.6	8.0	.	.	.	.	.	40.6	10.5		.	.	.
Gesamt-Mittel			86	7.3	8.0						41.1	15.3	334			
			104	7.5	7.9						41.6+	15.9+	294+			
			103	7.9	8.5						40.0	11.6				
											40.1	11.3				

Nr. 3.

Südhang; Alter: 210 Jahre.

Druckversuche.

k ö r p e r s			Umwandlung auf den Feuchtigkeitsgehalt von $\varphi = 15\%$						Werth für s_0		Flächen- Schwindung		Des Probekörpers		
t r o c k e n			Absolute Zahlen				Relative Zahlen			Absolute Zahl	Relative Zahl	Form: $\left\{ \begin{array}{l} W = \text{Würfel} \\ P = \text{Platte} \end{array} \right.$	Bezeichnung	Höhe über dem Stockabschnitte	
Absolutes Gewicht	Specificches Trocken- gewicht s_0	Druckfestigkeit pro $1 \text{ cm}^2 = \beta_0$	Specificches Gewicht für die Feuchtigkeit von $15\% = s_{15}$		Druckfestigkeit für die Feuchtigkeit von $15\% = \beta_{15}$		Specificches Gewicht, wenn das Minimum $s_{15} = 0.35 = 100$ gesetzt wird	Druckfestigkeit, wenn das Minimum $\beta_{15} = 270 = 100$ gesetzt wird	Specificches Trocken- gewicht, wenn das Minimum $s_0 = 0.33 = 100$ gesetzt wird	Schwindungsprocent der Querfläche pro 1% Feuchtigkeitsverlust	Flächenschwindung pro 1% Feuchtigkeit, wenn das Minimum $0.30 = 100$ gesetzt wird				
			astfrei	astig	astfrei	astig									a s t f r e i
g	100fach	kg/cm^2	100fach		kg/cm^2		Verhältniszahlen			%	Verhältnis- Zahl				
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
162.0	33.6		41.9	41.7	380	345				0.43		W+	I a	1.10 m	
143.4	39.1	660	42.7	43.2	390	318				0.35		W+	I a ₁		
												P	I b ₁		
	38.9		42.3		385		121	142	118	0.39	130	Lufttrockene, astfreie W.			
	39.1	660	42.7				122		118	0.35	117	" " P.			
												Absolut trockene, astfreie P.			
188.8	37.2		40.4	43.2	355	295				0.38		W+	II a	2.70 m	
162.2	37.9	594	40.9	40.8	324	290				0.43		W+	II a ₁		
												P	II b ₁		
	37.6		40.6		340		116	126	114	0.40	133	Lufttrockene, astfreie W.			
	37.9	594	40.9				117		115	0.43	143	" " P.			
												Absolut trockene, astfreie P.			
159.2	36.1		38.8	39.9	336	322				0.38		W+	III a	5.40 m	
	37.0		40.2		320					0.50		P	III a ₁		
102.2	37.0	661	39.7		391							W	III b ₁		
												P	III b ₁	Lufttrockene, astfreie W.	
	37.0		40.2		320		115	118	112	0.44	146	" " P.			
	36.5		39.3		363		112	134	111	0.50	167	Absolut trockene, astfreie P.			
	37.0	661	39.7				113		112						
101.9	36.9	649	41.0		290					0.44		W	IV a	9.80 m	
	36.9		39.8		379					0.42		P	IV a ₁		
85.9	36.7	629	39.5		323							W	IV b ₁		
	36.7		39.8		359							P	IV b ₁	Lufttrockene, astfreie W.	
	36.8		40.2		306		115	113	111	0.43	143	" " P.			
	36.8	639	39.8		369		114	137	111	0.43	143	Absolut trockene, astfreie P.			
			39.8				114		111						
74.4	37.6	623	41.6		324	353				0.42		W	V a	14.20 m	
	37.6		40.7		353							P	V a ₁		
31.0	36.7	579	39.9	39.9	309	291				0.39		W+	V b ₁		
												P	V b ₁	Lufttrockene, astfreie W.	
	37.6		41.6		324		119	120	114	0.40	133	" " P.			
	37.1		40.3		331		115	122	112	0.40	133	Absolut trockene, astfreie P.			
	37.1	601	40.3				115		112	0.40	133				
33.0	38.1		42.2		413					0.33		W	VI a	18.60 m	
	38.1		41.6		383					0.42		P	VI a ₁		
14.3	38.2	635	42.1		365							W	VI b ₁		
			41.5									P	VI b ₁	Lufttrockene, astfreie W.	
	38.2		42.2		413		121	153	116	0.38	127	" " P.			
	38.2		41.6		374		119	138	116	0.42	140	Absolut trockene, astfreie P.			
	38.2	635	41.5				119		116						
	37.4		41.0		341	309+	117	126	113	0.41	135	Lufttrockene, astfreie W.			
	37.5		40.6	41.0+	360		116	133	114	0.41	135	" astige W.			
	37.7	632	40.8				117		114	0.42	141	" astfreie P.			
												Absolut trockene, astfreie P.			

Probestamm

Seehöhe: 1900 m; Exposition:

Tabelle 5.

Des Probekörpers						Zustand des Probe-													
Höhe über dem Stockabschnitte	Bezeichnung	Form: $\begin{cases} W = \text{Würfel} \\ P = \text{Platte} \end{cases}$	allgemeine Beschaffenheit.			lufttrocken								absolut					
			Der Jahrringe			Länge	Breite	Höhe	Querfläche	Absolutes Gewicht	Specificisches Gewicht ρ_p	Feuchtigkeit in Procenten des absoluten Trocken- gewichtes = $\varphi\%$	Druckfestigkeit pro 1 cm ² = β_p	Länge	Breite	Querfläche			
			Gesamtzahl in der Diagonale	Zahl pro 1 cm Diagonale	Länge pro 1 cm ² Druckfläche														
																	cm	Millimeter	cm ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
1-1 m	4/I a	W	123	5-8	6-0	151-8	152-1	151-4	230-9	1287-2	36-8	16-2	254	147-0	147-0	216-1			
	a ₁	P	123	5-8	6-0	150-8	151-0	30-3	227-7	249-6	36-2	13-2	328						
	I b	W+				147-7	149-5	148-6	220-8	1243-3	37-9+	15-3+	252+						
	b ₁	P	120	5-7	7-2	146-8	148-0	23-9	217-3	236-7	36-4	11-7	.				143-5	145-0	208-1
	Im Mittel		123	5-8	6-0						36-8	16-2	254						
2-70 m	II a	W+				137-1	137-6	141-0	188-7	997-5	37-6+	16-2+	254+	132-5	133-7	177-2			
	a ₁	P	115	6-0	5-4	136-0	136-5	30-0	185-6	203-2	36-5	12-7	.						
	II b	W	125	7-9	7-6	111-9	112-5	125-7	125-9	618-5	39-1	16-0	280						
	b ₁	P	125	7-9	7-6	111-8	110-9	25-1	124-0	117-0	37-6	11-9	.				108-3	109-3	118-4
	Im Mittel		125	7-9	7-6						39-1	16-0	280						
5-40 m	III a	W+				133-6	134-4	135-0	179-6	971-6	40-1+	16-0+	257+	129-9	130-3	169-3			
	a ₁	P	120	6-3	6-1	132-7	133-6	30-9	177-3	198-3	36-2	12-0	322						
	III b	W+				121-2	123-6	125-2	149-8	756-4	40-3+	15-0+	276+						
	b ₁	P	105	6-1	6-3	120-6	122-8	30-4	148-1	167-3	37-2	11-2	.				118-1	120-0	141-7
	Im Mittel		112	6-2	6-2						36-7	11-6							
9-80 m	IV a	W+				112-1	115-5	112-8	129-5	548-8	37-6+	16-0+	273+	110-9	107-0	118-7			
	a ₁	P	102	6-3	6-4	111-0	111-5	31-0	123-8	141-5	36-9	11-9	388						
	IV b	W+				92-8	93-0	96-8	86-3	323-2	38-7+	16-2+	29-7+						
	b ₁	P	99	7-5	7-6	92-4	92-7	30-4	85-7	96-1	36-9	11-9	.				90-2	90-5	81-6
	Im Mittel		100	6-9	7-0						36-9	11-9							
14-20 m	V a	W+				103-5	105-0	104-4	108-7	433-1	38-2+	16-4+	297+	100-7	101-6	102-3			
	a ₁	P	97	6-6	5-9	103-2	104-2	30-1	107-5	120-7	37-3	12-6	372						
	V b	W+				99-4	100-0	98-5	99-4	375-8	38-4+	16-1+	274+						
	b ₁	P	91	6-5	5-6	98-6	99-7	30-0	98-3	108-2	36-7	12-0	.				96-5	97-5	94-1
	Im Mittel		94	6-5	5-7						37-0	12-3							
18-60 m	VI a	W+				76-8	77-2	76-8	59-3	179-1	39-3+	15-5+	304+	74-5	74-7	55-7			
	a ₁	P	81	7-4	8-4	76-2	76-6	20-4	58-4	45-0	37-8	11-7	.						
	VI b	W	76	7-0	7-2	76-2	77-4	76-2	59-0	170-0	37-8	16-5	280						
	b ₁	P	76	7-0	7-2	74-6	77-2	30-4	57-6	63-1	36-0	11-9	.				72-8	75-7	55-1
	Im Mittel		76	7-0	7-2						37-8	16-5	280						
Gesamt-Mittel			108	6-9	6-9						37-9	16-2	271						
			104	6-6	6-6						38-7+	15-9+	276+						
			102	6-7	6-8						36-8	12-0							

Nr. 4.

Südhang; Alter: 155 Jahre.

Druckversuche.

k ö r p e r s			Umwandlung auf den Feuchtigkeitsgehalt von $\varphi = 15\%$						Werth für s_0		Flächen- Schwindung		Des Probekörpers		
t r o c k e n			Absolute Zahlen				Relative Zahlen				Absolute Zahl	Relative Zahl	Form: { W = Würfel P = Platte	Bezeichnung	Höhe über dem Stockabschnitte
Absolutes Gewicht	Specificches Trocken- gewicht s_0	Druckfestigkeit pro $1 \text{ cm}^2 = p_0$	Specificches Gewicht für die Feuchtigkeit von $15\% = s_{15}$		Druckfestigkeit für die Feuchtigkeit von $15\% = p_{15}$		Specificches Gewicht, wenn das Minimum $s_{15} = 0.35 = 100$ gesetzt wird	Druckfestigkeit, wenn das Minimum $= 270 = 100$ gesetzt wird	Specificches Trocken- gewicht, wenn das Minimum $s_0 = 0.33 = 100$ gesetzt wird	Schwindungsprocent der Querfläche pro 1% Feuchtigkeitsverlust	Flächenschwindung pro 1% Feuchtigkeit, wenn das Minimum $0.30 = 100$ gesetzt wird				
			astfrei	astig	astfrei	astig						a s t f r e i			
g	100fach	kg/cm^2	100fach		kg/cm^2		Verhältniszahlen			%	Verhältnis- Zahl				
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
220.6	33.7		36.6		276					0.40		W	I a	1.10 m	
211.9	34.1	596	37.0	37.8	296	257				0.38		P	I a ₁		
					326							W+	I b		
												P	I b ₁		
	33.7		36.6		276		105	102	102	0.39	130	Lufttrockene, astfreie W.			
	33.9		36.8		311		105	115	103	0.38	127	" " P.			
	34.1	596	37.0				106		103			Absolut trockene, astfreie P			
180.3	33.9	519	37.0	37.4	249	276				0.37		W+	II a	2.70 m	
104.6	35.2		33.9		298							P	II a ₁		
	35.2	532	38.2		262					0.40		W	II b		
												P	II b ₁		
	35.2		38.9		298		111	110	107	0.38	127	Lufttrockene, astfreie W.			
	34.5		37.6		256		107	95	104	0.38	127	" " P.			
	34.5	525	37.6				107		104			Absolut trockene, astfreie P.			
177.0	33.8		36.8	39.9	268	275				0.39		W+	III a	5.40 m	
150.4	34.9	529	38.0	40.3	259	276						P	III a ₁		
										0.40		W+	III b		
												P	III b ₁		
	34.3		37.4		264		107	98	104	0.39	130	Lufttrockene, astfreie W.			
	34.9	529	38.0				109		106	0.40	133	" " P.			
												Absolut trockene, astfreie P			
126.4	34.4		37.5	37.4	332	291				0.36		W+	IV a	9.80 m	
85.9	34.6	596	37.5	38.5	326	315						P	IV a ₁		
			37.5		326					0.42		W+	IV b		
												P	IV b ₁		
	34.5		37.5		329		107	122	104	0.39	130	Lufttrockene, astfreie W.			
	34.6	596	37.5				107		105	0.42	140	" " P.			
												Absolut trockene, astfreie P			
107.2	34.8		37.8	37.9	329	322				0.40		W+	V a	14.20 m	
96.6	34.2	546	37.3	38.6	276	294						P	V a ₁		
										0.37		W+	V b		
												P	V b ₁		
	34.5		37.5		302		107	112	104	0.39	130	Lufttrockene, astfreie W.			
	34.2	546	37.3				107		104	0.37	123	" " P.			
												Absolut trockene, astfreie P.			
40.3	35.5	592	38.5	39.2	322	313				0.41		W+	VI a	18.60 m	
56.4	33.7		37.5		307							P	VI a ₁		
	33.7	577	36.6		307					0.38		W	VI b		
					307							P	VI b ₁		
	34.6		37.5		315		107	114	102	0.40	133	Lufttrockene, astfreie W.			
	34.6	584	37.6				108	117	105	0.40	133	" " P.			
			37.6				108		105	0.40	133	Absolut trockene, astfreie P.			
	34.2		37.7		294		108	109	104			Lufttrockene, astfreie W.			
	34.4		37.4	38.4+	296	289+	107		110	0.39	130	" astige W.			
	34.5	563	37.5				107		104	0.39	131	" astfreie P.			
												Absolut trockene, astfreie P.			

Probestamm

Seehöhe: 1800 m; Exposition:

Tabelle 6.

Des Probekörpers						Zustand des Probe-											
Höhe über dem Stockabschnitte	Bezeichnung	Form: { W = Würfel P = Platte	allgemeine Beschaffenheit.			lufttrocken								absolut			
			Der Jahrringe			Länge	Breite	Höhe	Querfläche	Absolutes Gewicht	Specificisches Gewicht s_g	Feuchtigkeit in Procenten des absoluten Trocken- gewichtes = $\varphi\%$	Druckfestigkeit pro $1 \text{ cm}^2 = \beta_g$	Länge	Breite	Querfläche	
			Gesamtzahl in der Diagonale	Zahl pro 1 cm Diagonale	Länge pro 1 cm^2 Druckfläche												
																	cm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1-10 m	5,1 a	W	269	13-3	14-6	142-9	144-7	145-1	206-8	1264-6	42-1	16-2	338	137-7	139-7	192-4	
	a ₁	P	269	13-3	14-6	142-0	144-0	29-6	204-5	251-9	41-6	13-4	.	.	.	.	
	I b	W	246	16-8	17-6	102-6	104-6	104-8	107-3	477-3	42-4	15-8	348	.	.	.	
	b ₁	P	246	16-8	17-6	102-0	103-9	30-5	106-0	132-2	40-9	12-3	.	99-3	100-8	100-1	
	Im Mittel		257	15-0	16-1						42-2	15-0	343				
			257	15-0	16-1						41-2	12-8					
			257	15-0	16-1						41-2	12-8					
2-70 m	II a	W	260	13-7	14-8	134-1	135-6	137-1	181-8	1046-7	42-0	14-8	335	129-6	131-0	169-8	
	a ₁	P	260	13-7	14-8	133-1	134-7	30-0	179-3	219-3	40-8	11-6	.	.	.	.	
	II b	W	262	17-1	17-6	108-2	109-1	111-0	118-1	556-3	42-4	14-9	329	.	.	.	
	b ₁	P	262	17-1	17-6	107-5	108-4	30-3	116-5	141-8	40-2	11-6	.	104-6	105-2	110-0	
	Im Mittel		261	15-4	16-2						42-2	14-8	332				
			261	15-4	16-2						40-5	11-6					
			261	15-4	16-2						40-5	11-6					
5-40 m	III a	W	255	15-6	16-9	116-2	116-4	116-8	135-3	627-2	39-7	16-7	340	112-7	113-0	127-4	
	a ₁	P	255	15-6	16-9	115-5	115-6	24-5	133-5	127-8	39-0	11-5	.	.	.	.	
	III b	W	237	16-3	16-5	103-0	103-6	106-8	106-7	461-9	40-5	15-8	361	99-6	99-7	99-3	
	b ₁	P	237	16-3	16-5	102-4	102-8	30-2	105-3	130-9	41-2	12-5	445	.	.	.	
	Im Mittel		246	16-0	16-7						40-1	16-3	351				
			246	16-0	16-7						40-1	12-0					
			255	15-6	16-9						39-0	11-5					
9-80 m	IV a	W	225	14-2	13-9	112-1	112-2	114-6	125-8	591-8	41-0	16-3	356	108-3	108-7	117-7	
	a ₁	P	225	14-2	13-9	111-5	111-5	29-8	124-3	150-0	40-5	12-3	447	.	.	.	
	IV b	W	220	15-3	15-5	101-5	101-5	104-4	103-0	452-9	42-1	17-0	364	96-4	97-8	94-3	
	b ₁	P	220	15-3	15-5	99-2	100-0	19-8	99-2	79-7	40-6	11-6	.	.	.	.	
	Im Mittel		222	14-7	14-7						41-5	16-6	360				
			222	14-7	14-7						40-5	11-9					
			220	15-3	15-5						40-6	11-6					
14-20 m	V a	W	166	11-3	13-2	101-3	106-8	103-9	108-2	495-9	44-1	15-1	270	62-6	104-0	65-1	
	a ₁	P	166	11-3	13-2	64-7	105-9	28-7	68-5	81-5	41-5	12-0	.	.	.	.	
	V b	W	179	16-2	14-6	78-4	78-5	84-7	61-5	244-0	46-8	15-1	285	75-8	76-0	57-6	
	b ₁	P	179	16-2	14-6	77-7	77-9	30-7	60-5	76-4	41-1	11-0	.	.	.	.	
	Im Mittel		173	13-8	13-9						45-5	15-1	278				
			173	13-8	13-9						41-3	11-5					
			173	13-8	13-9						41-3	11-5					
18-60 m	VI a	W	144	15-3	12-8	66-9	67-0	70-2	44-8	134-0	42-6	15-5	348	64-9	65-2	42-3	
	a ₁	P	144	15-3	12-8	66-7	66-7	24-4	44-5	44-8	41-3	11-2	.	.	.	.	
	VI b	W	145	16-8	17-7	61-2	61-9	65-0	37-9	105-7	42-9	15-9	409	59-2	60-1	35-6	
	b ₁	P	145	16-8	17-7	60-8	61-5	25-2	37-4	39-5	41-9	11-9	.	.	.	.	
	Im Mittel		144	16-0	15-2						42-7	15-7	378				
			144	16-0	15-2						41-6	11-5					
			144	16-0	15-2						41-6	11-5					
Gesamt-Mittel			217	15-1	15-4						42-3	15-7	340				
			217	15-1	15-5						40-9	11-9					
			218	15-2	15-6						40-7	11-7					

Nr. 5.

Westhang; Alter: 312 Jahre.

Druckversuche.

k ö r p e r s			Umwandlung auf den Feuchtigkeitsgehalt von $\varphi = 15\%$				Werth für s_0		Flächen- Schwindung		Des Probekörpers			
trocken			Absolute Zahlen				Relative Zahlen			Absolute Zahl	Relative Zahl	Form: { W = Würfel P = Platte	Bezeichnung	Höhe über dem Stockabschnitte
Absolutes Gewicht	Specificches Trocken- gewicht s_0	Druckfestigkeit pro $1 \text{ cm}^2 = \beta_0$	Specificches Gewicht für die Feuchtigkeit von $15\% = s_{15}$		Druckfestigkeit für die Feuchtigkeit von $15\% = \beta_{15}$		Specificches Gewicht, wenn das Minimum $s_{15} = 0.35 = 100$ gesetzt wird	Druckfestigkeit, wenn das Minimum $\beta_{15} = 270 = 100$ gesetzt wird	Specificches Trocken- gewicht, wenn das Minimum $s_0 = 0.33 = 100$ gesetzt wird	Schwindungsprocent der Querfläche pro 1% Feuchtigkeitsverlust	Flächenschwindung pro 1% Feuchtigkeit, wenn das Minimum $0.30 = 100$ gesetzt wird			
			astfrei	astig	astfrei	astig								
g	100fach	kg/cm^2	100fach		kg/cm^2		Verhältniszahlen			%	Verhältnis- Zahl			
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
222.2	39.0	643	41.9		360					0.47		W	I a	1 10 m
	39.0		41.9		373							P	a ₁	
117.7	38.6	703	42.2		362					0.48		W	b ₁	
	38.6		41.4		433							P	b ₁	
	38.8		42.0		361		120	134	118	0.47	156	Lufttrockene, astfreie W.		
	38.8		41.6		403		119	149	118	0.47	156	" " " P.		
	33.8	673	41.6				119		118	0.47	156	Absolut trockene, astfreie P.		
196.5	38.6	692	42.0		331					0.48		W	II a	2 70 m
	38.6		41.5		422							P	a ₁	
127.1	38.1	700	42.4		327					0.51		W	b ₁	
	38.1		40.9		430							P	b ₁	
	38.3		42.2		329		121	122	116	0.49	163	Lufttrockene, astfreie W.		
	38.3		41.2		426		118	158	116	0.49	163	" " " P.		
	38.3	696	41.2				118		116	0.49	163	Absolut trockene, astfreie P.		
114.6	36.7	612	39.4		371					0.48		W	III a	5 40 m
	36.7		39.7		342							P	a ₁	
116.4	38.8		40.3		375					0.48		W	b ₁	
	38.8		41.7		398							P	b ₁	
	37.8		39.9		373		114	138	115	0.48	160	Lufttrockene, astfreie W.		
	37.8		40.7		370		116	137	115	0.48	160	" " " P.		
	36.7	612	39.7				113		111	0.48	160	Absolut trockene, astfreie P.		
133.6	38.1		40.7		379					0.46		W	IV a	9 80 m
	38.1		41.0		398							P	a ₁	
71.4	38.2	721	41.7		400					0.45		W	b ₁	
	38.2		41.3		451							P	b ₁	
	38.1		41.2		330		118	144	115	0.45	150	Lufttrockene, astfreie W.		
	38.1		41.1		424		117	157	115	0.45	150	" " " P.		
	38.2	721	41.3				118		116	0.45	150	Absolut trockene, astfreie P.		
72.8	38.9	670	44.1		272					0.44		W	V a	14 20 m
	38.9		42.1		400							P	a ₁	
63.8	38.9	712	46.8		287					0.46		W	b ₁	
	38.9		41.9		442							P	b ₁	
	38.9		45.5		280		130	104	118	0.45	150	Lufttrockene, astfreie W.		
	38.9		42.0		421		120	156	118	0.45	150	" " " P.		
	38.9	691	42.0				120		118	0.45	150	Absolut trockene, astfreie P.		
40.3	39.1	686	42.5		357					0.46		W	VI a	18 60 m
	39.1		42.1		416							P	a ₁	
35.3	39.4	747	42.7		425					0.43		W	b ₁	
	39.4		42.5		477							P	b ₁	
	39.2		42.6		391		122	145	119			Lufttrockene, astfreie W.		
	39.2		42.3		447		121	165	119	0.44	146	" " " P.		
	39.2	716	42.3				121		119	0.44	146	Absolut trockene, astfreie P.		
	38.5		42.2		354		121	131	117			Lufttrockene, astfreie W.		
	38.5		41.5		415		119	154	117	0.46	154	" astige W.		
	38.3	685	41.4				118		116	0.46	154	" astfreie P.		
												Absolut trockene, astfreie P.		

Probestamm

Seehöhe: 1800 m; Exposition:

Tabelle 7.

Des Probekörpers						Zustand des Probe-												
Höhe über dem Stockabschnitte	Bezeichnung	Form: $\left\{ \begin{array}{l} W = \text{Würfel} \\ P = \text{Platte} \end{array} \right.$	allgemeine Beschaffenheit.			lufttrocken								absolut				
			Der Jahrringe			Länge	Breite	Höhe	Querfläche	Absolutes Gewicht	Specificisches Gewicht ρ_p	Feuchtigkeit in Procenten des absoluten Trocken- gewichtes = $q\%$	Druckfestigkeit pro 1 cm ² = ρ_p	Länge	Breite	Querfläche		
			Gesamtzahl in der Diagonale	Zahl pro 1 cm Diagonale	Länge pro 1 cm ² Druckfläche													
																	cm	Millimeter
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
1-10 m	6.I a	W	231	10-9	10-8	150-8	150-8	154-4	227-4	1524-3	43-4	12-9	319	145-5	145-8	212-1		
	" a ₁	P	231	10-9	10-8	149-6	149-6	30-3	223-8	294-1	43-4	10-3	399					
	I b	W	202	13-0	13-5	110-4	110-7	110-3	122-2	562-3	41-7	15-6	325					
	" b ₁	P	202	13-0	13-5	109-8	110-5	16-2	121-3	80-8	41-1	13-0	.					
	Im Mittel	216	12-0	12-2						42-6	14-2	322						
		216	12-0	12-2						42-2	11-7							
202		13-0	13-5						41-1	13-0								
2-70 m	II a	W+	210	11-3	12-1	129-7	133-1	130-4	172-6	967-5	43-0+	15-5+	305+	125-4	128-3	160-9		
	" a ₁	P	215	14-4	13-6	128-5	132-0	30-1	169-6	212-9	41-7	12-0	.					
	II b	W	215	14-4	13-6	105-4	106-5	104-1	112-2	486-2	41-6	16-2	338					
	" b ₁	P	215	14-4	13-6	104-7	105-6	30-0	110-6	137-6	41-5	12-8	411					
	Im Mittel	215	14-4	13-6						41-6	16-2	338						
		212	12-8	12-8						41-6	12-4							
210		11-3	12-1						41-7	12-0								
5-40 m	III a	W+	184	10-7	12-0	121-1	121-6	119-5	147-3	836-5	47-5+	15-8+	312+	117-3	117-4	137-7		
	" a ₁	P	184	10-7	12-0	120-2	120-9	24-4	145-3	151-0	42-6	12-4	439					
	III b	W+	186	14-4	14-3	89-9	93-3	91-1	83-9	336-3	44-0+	14-4+	302+					
	" b ₁	P	186	14-4	14-3	89-1	93-0	11-8	82-9	40-2	41-1	11-4	.					
	Im Mittel	185	12-6	13-2						41-9	11-9							
		186	14-4	14-3						41-1	11-4							
9-80 m		IV a	W	158	11-2	12-4	98-8	100-8	102-1	99-6	427-8	42-1	15-6	333	94-3	97-7	92-1	
	" a ₁	P	158	11-2	12-4	96-7	100-0	24-7	96-7	99-0	41-5	11-7	.					
	IV b	W	168	15-4	15-4	75-8	79-0	82-9	59-9	218-7	44-0	14-7	332					
	" b ₁	P	168	15-4	15-4	75-3	78-5	24-5	59-1	60-3	41-6	11-3	.					
	Im Mittel	163	13-3	13-9						43-0	15-1	332						
		163	13-3	13-9						41-5	11-5							
163		13-3	13-9						41-5	11-5								
14-20 m	V a	W	147	13-6	14-5	75-9	78-0	77-2	59-2	201-5	44-1	16-2	346	73-8	75-5	55-7		
	" a ₁	P	147	13-6	14-5	75-3	77-6	30-2	58-4	77-9	44-2	12-6	462					
	V b	W	143	15-5	12-0	65-6	65-8	67-1	43-2	124-4	42-9	16-0	317					
	" b ₁	P	143	15-5	12-0	64-9	65-6	23-2	42-6	41-4	41-9	11-6	.					
	Im Mittel	145	14-6	13-3						43-5	16-1	332						
		145	14-6	13-3						43-1	12-1							
143		15-5	12-0						41-9	11-6								
18-60 m	VI a	W	103	13-4	15-9	54-3	54-3	56-8	29-5	77-3	46-1	14-9	492	52-5	52-8	27-7		
	" a ₁	P	103	13-4	15-9	54-0	54-0	9-8	29-2	12-6	44-1	11-5	.					
	VI b	W	98	15-0	16-0	46-8	46-9	49-1	22-0	50-3	46-6	16-3	473					
	" b ₁	P	98	15-0	16-0	46-4	46-7	24-6	21-7	24-4	45-7	11-4	507					
	Im Mittel	100	14-2	15-9						46-3	15-6	482						
		100	14-2	15-9						44-9	11-4							
103		13-4	15-4						44-1	11-5								
Gesamt-Mittel	{	168	13-7	13-8						43-4	15-4	361						
		170	13-3	13-6						44-8+	15-2+	306+						
		168	13-5	13-6						42-5	11-8							

Nr. 6.

Westhang; Alter: 251 Jahre.

Druckversuche.

k ö r p e r s			Umwandlung auf den Feuchtigkeitsgehalt von $\varphi = 15\%$				Werth für s_0		Flächen- Schwindung		Des Probekörpers				
t r o c k e n			Absolute Zahlen				Relative Zahlen			Absolute Zahl	Relative Zahl	Form: $\left\{ \begin{array}{l} W = \text{Würfel} \\ P = \text{Platte} \end{array} \right.$	Bezeichnung	Höhe über dem Stockabschnitte	
Absolutes Gewicht	Specificches Trocken- gewicht s_0	Druckfestigkeit pro $1 \text{ cm}^2 = p_0$	Specificches Gewicht für die Feuchtigkeit von $15\% = s_{15}$		Druckfestigkeit für die Feuchtigkeit von $15\% = p_{15}$		Specificches Gewicht, wenn das Minimum $s_{15} = 0.35 = 100$ gesetzt wird	Druckfestigkeit, wenn das Minimum $= 270 = 100$ gesetzt wird	Specificches Trocken- gewicht, wenn das Minimum $s_0 = 0.33 = 100$ gesetzt wird	Schwindungs-procent der Querfläche pro 1% Feuchtigkeitsverlust $0.30 = 100$ gesetzt wird	Flächenschwindung pro 1% Feuchtigkeit, wenn das Minimum $0.30 = 100$ gesetzt wird				
			astfrei	astig	astfrei	astig	a s t f r e i			astfrei					
g	100fach	kg/cm^2	100fach		kg/cm^2		Verhältniszahlen			%	Verhältnis- Zahl				
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
266.7	41.5	•	43.8		281					0.54		W	I a	1.10 m	
38.4	41.5		44.3		314							P	a ₁		
71.5	38.4	666	41.6		336					0.44		W	b ₁		
			41.5		396							P	b ₁		
40.0	40.0		42.7		309		122	114	121	0.49	163	Lufttrockene, astfreie W.			
38.4	666		42.9		355		123	131	121	0.44	146	" " P.			
			41.5				119		116			Absolut trockene, astfreie P.			
190.1	39.3	669	42.3	42.9	399	314				0.45		W+	II a	2.70 m	
38.7			41.4		360					0.42		P	a ₁		
122.0	38.7		41.9		371							W	b ₁		
												P	b ₁		
38.7			41.4		360		118	133	117	0.44	146	Lufttrockene, astfreie W.			
39.0			42.1		385		120	142	118	0.45	150	" " P.			
39.3	669		42.3				121		119			Absolut trockene, astfreie P.			
134.4	40.0		43.1	47.3	392	326				0.45		W+	III a	5.40 m	
36.1			41.8	44.1	399	291				0.44		P	a ₁		
												W+	b ₁		
												P	b ₁		
39.4			42.5		396		121	147	119	0.44	146	Lufttrockene, astfreie W.			
38.8	669		41.8				119		118	0.44	146	" " P.			
												Absolut trockene, astfreie P.			
88.6	38.9	673	42.0		344					0.43		W	IV a	9.60 m	
38.9			42.2		403					0.42		P	a ₁		
54.2	39.2	707	44.1		327							W	b ₁		
	39.2		42.3		437							P	b ₁		
39.0			43.0		335		123	124	118	0.42	140	Lufttrockene, astfreie W.			
39.0			42.2		420		121	155	118	0.42	140	" " P.			
39.0	690		42.2				121		118	0.42	140	Absolut trockene, astfreie P.			
69.2	41.1		43.9		368					0.38		W	V a	14.20 m	
41.1			44.7		419					0.38		P	a ₁		
39.3			42.7		335							W	b ₁		
37.1	39.3	698	42.6		428							P	b ₁		
40.2			43.3		302		124	112	122	0.38	127	Lufttrockene, astfreie W.			
40.2			43.7		424		125	157	122	0.38	127	" " P.			
39.3	698		42.6				122		119	0.38	127	Absolut trockene, astfreie P.			
11.3	41.5	744	46.1		490					0.47		W	VI a	18.60 m	
42.8	41.5		44.8		474							P	a ₁		
42.8			46.3		496					0.38		W	b ₁		
			46.4		442							P	b ₁		
42.1			46.2		493		132	182	128	0.42	140	Lufttrockene, astfreie W.			
42.1			45.6		458		130	169	128	0.47	156	" " P.			
41.5	744		44.8				128		126			Absolut trockene, astfreie P.			
40.0			43.3		360		124	133	121			Lufttrockene, astfreie W.			
39.9			43.2	44.3+	406	312+	123	150	121	0.43	144	" astige W.			
39.4	689		42.5				122		119	0.43	144	" astfreie P.			
												Absolut trockene, astfreie P.			

Probestamm

Seehöhe: 1600 m; Exposition:

Tabelle 8.

Des Probekörpers						Zustand des Probe-											
Höhe über dem Stockabschnitte	Bezeichnung	Form: $\begin{cases} W = \text{Würfel} \\ P = \text{Platte} \end{cases}$	allgemeine Beschaffenheit.			lufttrocken								absolut			
			Der Jahrringe			Länge	Breite	Höhe	Querfläche	Absolutes Gewicht	Specificches Gewicht s_p	Feuchtigkeit in Procenten des absoluten Trockengewichtes = $q\%$	Druckfestigkeit pro $1 \text{ cm}^2 = \beta_p$	Länge	Breite	Querfläche	
			Gesamtzahl in der Diagonale	Zahl pro 1 cm Diagonale	Länge pro 1 cm^2 Druckfläche												
																	cm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1·10 m	I a	W	113	5·6	6·3	143·4	144·1	144·0	206·6	1143·8	38·5	14·8	268	140·1	140·8	197·3	
	a ₁	P	113	5·6	6·3	143·0	143·8	30·5	205·6	233·4	37·3	12·0					
	I b	W	111	7·6	7·7	103·0	105·5	108·5	108·7	464·9	39·4	14·8	290				
	b ₁	P	111	7·6	7·7	102·5	104·8	23·5	107·4	96·3	38·1	10·8					
	Im Mittel		112	6·6	7·0						39·0	14·8	284				
			112	6·6	7·0						37·7	11·4					
2·70 m	II a	W	102	5·9	6·1	122·2	122·8	126·1	150·1	723·6	38·2	16·4	291	118·4	119·6	141·6	
	a ₁	P	102	5·9	6·1	121·5	122·2	32·5	148·5	181·1	37·5	13·0	358				
	II b	W	99	6·2	6·3	113·3	114·2	110·7	129·4	650·6	45·4	16·5	247				
	b ₁	P	99	6·2	6·3	113·0	114·0	30·6	128·8	150·8	38·3	13·3					
	Im Mittel		100	6·0	6·2						41·8	16·4	269				
			100	6·0	6·2						37·9	13·1					
5·40 m	III a	W	101	6·2	6·1	115·8	116·1	118·3	134·4	610·4	38·4	15·7	316	111·8	112·6	125·9	
	a ₁	P	101	6·2	6·1	115·2	115·6	29·7	133·2	150·6	38·1	13·2	393				
	III b	W	95	6·1	6·0	111·2	109·6	114·3	121·9	530·3	38·0	15·7	304				
	b ₁	P	95	6·1	6·0	110·7	109·2	30·7	120·9	138·7	37·4	12·2					
	Im Mittel		98	6·2	6·1						38·2	15·7	310				
			98	6·2	6·1						37·8	12·7					
9·80 m	IV a	W	79	5·0	6·1	111·0	112·5	114·8	124·9	565·9	39·5	16·2	318	107·3	106·8	114·6	
	a ₁	P	79	5·0	6·1	110·0	111·6	30·0	122·8	142·5	38·7	12·7	432				
	IV b	W	81	6·1	6·8	93·2	95·5	98·4	89·0	346·4	39·6	15·5	324				
	b ₁	P	81	6·1	6·8	92·5	94·6	30·9	87·5	103·7	38·3	11·9					
	Im Mittel		80	5·5	6·4						39·5	15·8	321				
			80	5·5	6·4						38·5	12·3					
14·20 m	V a	W	81	5·4	6·0	105·0	106·1	103·2	111·4	477·3	41·5	15·8	308	101·8	103·2	105·1	
	a ₁	P	81	5·4	6·0	104·3	105·4	29·8	109·9	129·5	39·5	11·9	440				
	V b	W	82	6·6	6·3	86·4	90·0	90·1	77·8	313·3	44·6	15·4	283				
	b ₁	P	82	6·6	6·3	85·8	89·1	20·3	76·4	63·5	40·9	7·8					
	Im Mittel		81	6·0	6·1						43·1	15·6	295				
			81	6·0	6·1						40·2	9·8					
18·60 m	VI a	W	67	5·2	5·1	92·0	92·1	93·1	84·7	332·6	42·2	14·9	315	89·4	89·6	80·1	
	a ₁	P	67	5·2	5·1	91·5	91·6	30·5	83·8	103·9	40·6	11·2					
	VI b	W	72	6·5	6·4	78·9	79·1	78·5	62·4	206·5	42·2	16·0	337				
	b ₁	P	72	6·5	6·4	78·5	78·5	30·3	61·6	76·8	41·2	12·3	487				
	Im Mittel		70	5·9	5·8						42·2	15·5	326				
			70	5·9	5·8						40·9	11·7					
Gesamt-Mittel			90	6·0	6·3						40·6	15·6	301				
			90	6·0	6·3						38·8	11·8					
			89	6·1	6·3						38·9	11·3					

Nr. 7.

Westhang; Alter: 150 Jahre.

Druckversuche.

k ö r p e r s			Umwandlung auf den Feuchtigkeitsgehalt von $\varphi = 15\%$						Werth für s_0		Flächen- Schwindung		Des Probekörpers						
t r o c k e n			Absolute Zahlen				Relative Zahlen			Absolute Zahl	Relative Zahl	Form: { W = Würfel P = Platte	Bezeichnung	Höhe über dem Stockabschnitte					
Absolutes Gewicht	Specificches Trocken- gewicht s_0	Druckfestigkeit pro $1 \text{ cm}^2 = \beta_0$	Specificches Gewicht für die Feuchtigkeit von $15\% = s_{15}$		Druckfestigkeit für die Feuchtigkeit von $15\% = \beta_{15}$		Specificches Gewicht, wenn das Minimum $s_{15} = 0.35 = 100$ gesetzt wird	Druckfestigkeit, wenn das Minimum $\beta_{15} = 270 = 100$ gesetzt wird	Specificches Trocken- gewicht, wenn das Minimum $s_0 = 0.33 = 100$ gesetzt wird	Schwindungsprocent der Querfläche pro 1% Feuchtigkeitsverlust	Flächenschwindung pro 1% Feuchtigkeit, wenn das Minimum $0.30 = 100$ gesetzt wird								
			astfrei	astig	astfrei	astig									a s t f r e i			astfrei	
			g	100fach	kg/cm^2	100fach									kg/cm^2	Verhältniszahlen			%
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32					
208.4	34.6 34.6 36.0	525 580	38.5 37.9 39.4 38.9		264 225 295 310					0.35 0.42		W P W P	I a " a ₁ " b ₁ " b ₁	1.10 m					
	35.3 35.3 35.3	552	39.0 38.4 38.4		279 282		111 110 110	103 104	107 107 107	0.39 0.39	130 130	Lufttrockene, astfreie W. " " P. Absolut trockene, astfreie P.							
160.3	34.8 34.8 35.3		37.9 37.9 45.1		316 322 274					0.37		W P W P	II a " a ₁ " b ₁ " b ₁	2.70 m					
133.1	35.3 35.0 35.3	620	38.6 41.5 38.2 38.6		350 295 336		119 109 110	109 124	106 106 107	0.34 0.35 0.34	117 117 113	Lufttrockene, astfreie W. " " P. Absolut trockene, as freie P							
133.0	35.6 35.6 35.0		38.3 38.5 37.9		329 361 317					0.44		W P W P	III a " a ₁ " b ₁ " b ₁	5.40 m					
123.6	35.0 35.3 35.0	648	38.0 38.1 38.2 38.0		378 323 369		109 109 109	120 137	107 107 106	0.41 0.43 0.41	143 143 137	Lufttrockene, astfreie W. " " P. Absolut trockene, astfreie P.							
126.4	36.8 36.8 36.0		39.3 39.2 39.5		340 391 333					0.56		W P W P	IV a " a ₁ " b ₁ " b ₁	9.80 m					
92.7	36.0 36.4 36.0	693	38.9 39.4 39.0 38.9		423 336 407		113 111 111	124 151	110 110 109	0.42 0.49 0.42	163 163 140	Lufttrockene, astfreie W. " " P. Absolut trockene, astfreie P.							
115.7	36.9 36.9 39.8		41.3 40.1 44.5		322 384 290					0.38		W P W P	V a " a ₁ " b ₁ " b ₁	14.20 m					
58.9	39.8 38.3 38.3 39.8	682	42.3 42.9 41.2 42.3		412 306 398		123 118 121	113 147	116 116 121	0.60 0.48 0.60	200 160 200	Lufttrockene, astfreie W. " " P. Absolut trockene, astfreie P.							
93.4	38.2 38.2 38.6	679	42.2 41.4 42.0		313 409 355					0.41		W P W P	VI a " a ₁ " b ₁ " b ₁	18.60 m					
68.4	38.6 38.4 38.4 38.2		41.7 42.1 41.6 41.4		438 334 424		120 119 118	124 157	116 116 116	0.45 0.43 0.41	143 143 137	Lufttrockene, astfreie W. " " P. Absolut trockene, astfreie P							
	36.4 36.4 36.6	646	40.5 39.4 39.6		312 369		116 113 113	116 137	110 110 111	0.43 0.43 0.43	143 143 143	Lufttrockene, astfreie W. " astige W. " astfreie P. Absolut trockene, astfreie P.							

Probestamm

Seehöhe: 1600 m; Exposition:

Tabelle 9.

Des Probekörpers						Zustand des Probe-										
Höhe über dem Stockabschnitte	Bezeichnung	Form: { W = Würfel P = Platte	allgemeine Beschaffenheit.			lufttrocken								absolut		
			Der Jahrringe			Länge	Breite	Höhe	Querfläche	Absolutes Gewicht	Specifices Gewicht δ_7	Feuchtigkeit in Procenten des absoluten Trocken- gewichtes = $\varphi\%$	Druckfestigkeit pro $1 \text{ cm}^2 = \beta_2$	Länge	Breite	Querfläche
			Gesamtzahl in der Diagonale	Zahl pro 1 cm Diagonale	Länge pro 1 cm^2 Druckfläche											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1'10 m	8/I a	W	136	6·9	7·2	139·0	139·9	139·4	194·5	1039·4	38·3	15·9	300			
	a ₁	P	136	6·9	7·2	137·8	138·9	30·3	191·4	221·4	38·2	13·3	392	134·2	134·9	181·0
	I b	W	141	9·1	9·3	109·1	109·4	114·1	119·4	550·0	40·4	14·9	326			
	b ₁	P	141	9·1	9·3	108·8	108·9	30·2	118·5	141·4	39·8	12·2	.	105·8	106·2	112·4
	Im Mittel		138	8·0	8·2						39·3	15·4	313			
			138	8·0	8·2						36·0	12·7				
		141	9·1	9·3						39·8	12·2					
2·70 m	II a	W	125	6·4	7·1	137·6	139·3	135·7	191·7	981·1	37·7	17·0	295			
	a ₁	P	125	6·4	7·1	136·7	138·3	30·3	189·1	215·3	37·6	13·4	375	132·9	133·6	177·6
	II b	W	130	8·5	9·4	108·1	109·1	111·8	117·9	549·8	41·7	16·0	330			
	b ₁	P	130	8·5	9·4	107·0	108·3	30·2	115·9	140·5	40·1	12·2	.	103·9	105·2	109·3
	Im Mittel		128	7·5	8·3						39·7	16·5	313			
			128	7·5	8·3						38·9	12·8				
		130	8·5	9·4						40·1	12·2					
5·40 m	III a	W	109	5·5	6·4	140·4	142·2	142·2	199·6	1102·1	38·8	16·8	288			
	a ₁	P	109	5·5	6·4	139·3	141·3	30·5	196·8	221·5	36·9	12·8	.	137·6	137·7	189·5
	III b	W	118	8·2	9·0	102·4	102·8	102·8	105·3	448·3	41·4	16·0	339			
	b ₁	P	118	8·2	9·0	102·0	102·2	30·1	104·2	125·4	40·0	12·7	.	98·6	99·3	97·9
	Im Mittel		114	6·8	7·7						40·1	16·4	313			
			114	6·8	7·7						38·4	12·7				
		114	6·8	7·7						38·4	12·7					
9·80 m	IV a	W	104	6·7	7·5	109·1	110·0	108·3	120·0	513·1	39·5	14·7	323			
	a ₁	P	104	6·7	7·5	108·3	109·4	30·0	118·5	138·8	39·0	11·0	.	105·4	106·5	112·3
	IV b	W	96	6·8	6·8	99·0	101·8	98·2	100·8	376·2	38·0	17·5	311			
	b ₁	P	96	6·8	6·8	98·0	101·4	30·4	99·4	113·0	37·4	13·0	396	95·0	98·6	93·7
	Im Mittel		100	6·8	7·2						38·8	16·1	317			
			100	6·8	7·2						38·2	12·0				
		104	6·7	7·5						39·0	11·0					
14·20 m	V a	W	86	6·0	6·5	102·3	102·4	103·5	104·8	425·0	39·2	17·4	322			
	a ₁	P	86	6·0	6·5	101·4	101·7	30·6	103·1	123·2	39·0	13·7	411	98·5	99·0	97·5
	V b	W	88	6·8	7·1	90·9	92·5	91·5	84·1	289·9	37·7	15·9	301			
	b ₁	P	88	6·8	7·1	90·4	91·8	30·0	83·0	92·4	37·1	11·3	.	88·2	89·5	78·9
	Im Mittel		87	6·4	6·8						38·4	16·6	311			
			87	6·4	6·8						38·1	12·5				
		88	6·8	7·1						37·1	11·3					
18·60 m	VI a	W	75	5·9	6·2	89·4	90·2	92·2	80·6	300·1	40·4	15·4	316			
	a ₁	P	75	5·9	6·2	88·4	89·7	30·2	79·3	92·8	38·7	11·4	.	86·5	87·4	75·6
	VI b	W	81	7·0	7·3	81·3	82·9	83·8	67·4	221·6	39·2	17·0	315			
	b ₁	P	81	7·0	7·3	81·2	82·3	30·0	66·8	76·5	38·2	11·5	422	80·0	79·2	63·4
	Im Mittel		78	6·5	6·8						39·8	16·2	316			
			78	6·5	6·8						38·5	11·5				
		75	5·9	6·2						33·7	11·4					
Gesamt-Mittel			107	7·0	7·5						39·3	16·2	314			
			107	7·0	7·5						38·5	12·4				
			109	7·3	7·9						38·8	11·8				

Nr. 8.

Westhang; Alter: 176 Jahre.

Druckversuche.

k ö r p e r s			Umwandlung auf den Feuchtigkeitsgehalt von $\varepsilon = 15\%$				Werth für s_0		Flächen-Schwindung		Des Probekörpers			
t r o c k e n			Absolute Zahlen				Relative Zahlen			Absolute Zahl	Relative Zahl	Form: $\left\{ \begin{array}{l} W = \text{Würfel} \\ P = \text{Platte} \end{array} \right.$	Bezeichnung	Höhe über dem Stockabschnitte
Absolutes Gewicht	Specificches Trocken-gewicht s_0	Druckfestigkeit pro $1 \text{ cm}^2 = p_0$	Specificches Gewicht für die Feuchtigkeitsgehalt von $15\% = s_{15}$		Druckfestigkeit für die Feuchtigkeitsgehalt von $15\% = p_{15}$		Specificches Gewicht, wenn das Minimum $s_{15} = 0.35 = 100$ gesetzt wird	Druckfestigkeit, wenn das Minimum $= 270 = 100$ gesetzt wird	Specificches Trocken-gewicht, wenn das Minimum $s_0 = 0.33 = 100$ gesetzt wird	Schwindungsprocent der Quersfläche pro 1% Feuchtigkeitsverlust	Flächenschwindung pro 1% Feuchtigkeitsgehalt, wenn das Minimum $0.30 = 100$ gesetzt wird			
			astfrei	astig	astfrei	astig								
g	100fach	kg/cm^2	100fach		kg/cm^2		Verhältniszahlen			%	Verhältnis-Zahl			
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
195.4	35.6		38.1		316					0.43		W	I a	1.10 m
	35.6		38.5		361							P	" a ₁	
126.0	37.2	669	40.4		324					0.44		W	" b ₁	
	37.2		40.4		399							P	" b ₁	
	36.4		39.2		320		112	118	110	0.43	143	Lufttrockene, astfreie W.		
	36.4		39.4		380		113	141	110	0.44	146	" " P.		
	37.2	669	40.4				115		113			Absolut trockene, astfreie P.		
189.9	35.3		37.3		331					0.48		W	II a	2.70 m
	35.3		37.9		346							P	" a ₁	
125.2	37.9	717	41.5		348					0.49		W	II b	
	37.9		40.7		447							P	" b ₁	
	36.3		39.4		340		113	126	110	0.49	163	Lufttrockene, astfreie W.		
	36.3		39.3		397		112	146	110	0.49	163	" " P.		
	37.9	717	40.7				116		115			Absolut trockene, astfreie P.		
196.3	34.0	533	38.4		320					0.30		W	III a	5.40 m
	34.0		37.3		263							P	" a ₁	
111.3	37.8	737	41.2		357					0.50		W	III b	
	37.8		40.5		467							P	" b ₁	
	35.9		39.8		339		114	125	109	0.40	133	Lufttrockene, astfreie W.		
	35.9		38.9		365		111	135	109	0.40	133	" " P.		
	35.9	635	38.9				111		109	0.40	133	Absolut trockene, astfreie P.		
125.0	37.1	687	39.6		318					0.50		W	IV a	9.80 m
	37.1		39.8		417							P	" a ₁	
100.0	35.1		37.5		356					0.47		W	IV b	
	35.1		37.8		360							P	" b ₁	
	36.1		38.6		337		110	125	109	0.49	163	Lufttrockene, astfreie W.		
	36.1		38.8		389		110	144	109	0.49	163	" " P.		
	37.1	687	39.8				114		112	0.50	167	Absolut trockene, astfreie P.		
108.4	36.3		38.7		365					0.42		W	V a	14.20 m
	36.3		39.3		388							P	" a ₁	
83.0	35.1	639	37.5		317					0.46		W	V b	
	35.1		37.7		369							P	" b ₁	
	35.7		38.1		341		109	126	108	0.44	146	Lufttrockene, astfreie W.		
	35.7	639	38.5		379		110	140	108	0.46	153	" " P.		
	35.1		37.7				108		106			Absolut trockene, astfreie P.		
83.3	36.5	672	40.3		323					0.43		W	VI a	18.60 m
	36.5		39.4		402							P	" a ₁	
67.7	35.6		38.8		351					0.47		W	VI b	
	35.6		38.9		359							P	" b ₁	
	36.1		39.6		337		113	125	109	0.45	150	Lufttrockene, astfreie W.		
	36.1	672	39.2		331		112	141	109	0.43	143	" " P.		
	36.5		39.4				113		111			Absolut trockene, astfreie P.		
	36.1		39.1		336		112	124	109			Lufttrockene, astfreie W.		
	36.1		39.0		332					0.45	150	" astige W.		
	36.6	670	39.5				113	141	109	0.45	151	" astfreie P.		
												Absolut trockene, astfreie P.		

Probestamm

Seehöhe: 1600 m; Exposition:

Tabelle 10.

Des Probekörpers						Zustand des Probe-										
Höhe über dem Stockabschnitte	Bezeichnung	Form: $\left\{ \begin{array}{l} W = \text{Würfel} \\ P = \text{Platte} \end{array} \right.$	allgemeine Beschaffenheit.			lufttrocken								absolut		
			Der Jahrringe			Länge	Breite	Höhe	Querfläche	Absolutes Gewicht	Specificsches Gewicht ρ_2	Feuchtigkeit in Procenten des absoluten Trockengewichtes = $\varphi\%$	Druckfestigkeit pro 1 cm ² = β_4	Länge	Breite	Querfläche
			Gesamtzahl in der Diagonale	Zahl pro 1 cm Diagonale	Länge pro 1 cm ² Druckfläche											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1-10 m	9 I a	W	111	5.4	6.1	144.5	145.9	145.5	210.8	1333.6	43.5	14.5	308	140.3	140.7	197.4
	" a ₁	P	111	5.4	6.1	143.7	144.8	30.2	203.1	264.9	42.1	11.8				
	I b	W	113	7.0	7.9	112.6	116.5	113.4	131.2	626.8	42.1	17.0	332			
	" b ₁	P	113	7.0	7.9	111.9	115.4	30.2	129.1	161.3	41.6	13.4	453			
	Im Mittel	112	6.2	7.0						42.8	15.8	320				
		112	6.2	7.0						41.8	12.4					
111		5.4	6.1						42.1	11.8						
2-70 m	II a	W	107	5.8	6.7	131.3	131.5	134.1	172.7	974.2	42.1	16.1	341	126.4	126.7	160.2
	" a ₁	P	107	5.8	6.7	130.3	130.5	30.0	170.0	214.6	42.1	12.3				
	II b	W	106	6.7	7.4	110.2	112.9	119.3	124.4	621.8	41.9	16.5	338			
	" b ₁	P	106	6.7	7.4	109.3	112.1	30.1	122.5	154.1	41.8	12.3	464			
	Im Mittel	107	6.3	7.1						42.0	16.3	340				
		107	6.3	7.1						42.0	12.3					
107		5.8	6.7						42.1	12.3						
5-40 m	III a	W	96	5.8	6.9	117.6	118.5	131.5	139.4	770.5	42.0	17.1	341	107.5	115.1	123.7
	" a ₁	P	96	5.8	6.9	109.6	117.2	30.6	128.5	162.3	41.3	13.1	459			
	III b	W	99	6.0	7.4	116.6	117.0	118.3	136.4	654.6	40.6	16.0	314			
	" b ₁	P	99	6.0	7.4	115.2	116.0	29.5	133.6	158.0	40.1	12.1				
	Im Mittel	97	5.9	7.1						41.3	16.5	327				
		97	5.9	7.1						40.7	12.6					
99		6.0	7.4						40.1	12.1						
9-80 m	IV a	W	90	5.5	6.4	116.7	117.6	116.7	137.2	652.1	40.7	16.7	323	111.8	113.3	126.0
	" a ₁	P	90	5.5	6.4	115.4	116.4	32.4	134.3	161.7	37.2	12.4	454			
	IV b	W	91	5.7	6.5	112.1	113.2	116.6	126.9	594.8	40.2	15.8	322			
	" b ₁	P	91	5.7	6.5	111.1	112.5	22.3	125.0	111.8	40.1	12.1				
	Im Mittel	91	5.6	6.4						40.4	16.3	322				
		91	5.6	6.4						33.7	12.2					
91		5.7	6.5						40.1	12.1						
14-20 m	V a	W	81	5.5	6.4	103.1	104.4	105.5	107.6	465.6	41.0	15.5	320	99.6	101.0	100.6
	" a ₁	P	81	5.5	6.4	102.4	103.7	20.9	106.2	88.5	39.9	11.6				
	V b	W	75	6.2	7.2	86.1	86.5	91.3	74.5	278.8	41.0	16.2	310			
	" b ₁	P	75	6.2	7.2	85.7	85.8	24.2	73.5	73.0	41.0	12.1	427			
	Im Mittel	78	5.9	6.8						41.0	15.9	315				
		78	5.9	6.8						40.5	11.9					
81		5.5	6.4						39.9	11.6						
18-60 m	VI a	W	63	5.4	5.8	82.3	82.5	84.3	68.0	239.7	41.8	16.6	328	79.7	80.3	64.0
	" a ₁	P	63	5.4	5.8	81.9	81.9	29.8	67.1	82.9	41.5	12.3	420			
	VI b	W	61	6.1	6.9	70.7	71.9	72.3	50.8	163.6	44.5	16.3	327			
	" b ₁	P	61	6.1	6.9	70.4	71.4	12.8	50.3	28.0	43.5	11.6				
	Im Mittel	62	5.7	6.3						43.1	16.4	328				
		62	5.7	6.3						42.5	11.9					
61		6.1	6.9						43.5	11.6						
Gesamt-Mittel			91	5.9	6.8						41.8	16.2	325			
			91	5.9	6.8						41.0	12.2				
			92	5.8	6.7						41.3	11.9				

Nr. 9.

Osthang; Alter: 143 Jahre.

Druckversuche.

k ö r p e r s			Umwandlung auf den Feuchtigkeitsgehalt von $\varphi = 15\%$				Werth für s_0		Flächen- Schwindung		Des Probekörpers			
t r o c k e n			Absolute Zahlen				Relative Zahlen			Absolute Zahl	Relative Zahl	Form: { W = Würfel P = Platte	Bezeichnung	Höhe über dem Stockabschnitte
Absolutes Gewicht	Specificches Trocken- gewicht s_0	Druckfestigkeit pro $1 \text{ cm}^2 = \rho_0$	Specificches Gewicht für die Feuchtigkeit von $15\% = s_{15}$		Druckfestigkeit für die Feuchtigkeit von $15\% = \rho_{15}$		Specificches Gewicht, wenn das Minimum $s_{15} = 0.35 = 100$ gesetzt wird	Druckfestigkeit, wenn das Minimum $\rho_{15} = 270 = 100$ gesetzt wird	Specificches Trocken- gewicht, wenn das Minimum $s_0 = 0.33 = 100$ gesetzt wird	Schwindungsprocent der Querfläche pro 1% Feuchtigkeitsverlust	Flächenschwindung pro 1% Feuchtigkeit, wenn das Minimum $0.30 = 100$ gesetzt wird			
			astfrei	astig	astfrei	astig								
g	100fach	kg/cm^2	100fach		kg/cm^2		Verhältniszahlen			%	Verhältnis- Zahl			
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
237.0	39.8	659	43.6		299					0.46		W	I a	1.10 m
	39.8		42.7		389							P	" a_1	
	37.8		41.7		368							W	" b	
142.2	37.8		41.9		424					0.27		P	" b_1	
	38.8		42.6		334		122	124	116	0.36	120	Lufttrockene, astfreie W.		
	38.8		42.3		406		121	150	116	0.46	153	" " " P.		
	39.8	659	42.7				122		121			Absolut trockene, astfreie P.		
191.1	39.8	743	41.9		361					0.50		W	II a	2.70 m
	39.8		42.6		473							P	" a_1	
	39.6		41.6		365							W	II b	
137.2	39.6		42.3		415					0.53		P	" b_1	
	39.7		41.7		363		119	134	120			Lufttrockene, astfreie W.		
	39.7		42.4		444		121	164	120	0.52	173	" " " P.		
	39.8	743	42.6				122		121	0.50	167	Absolut trockene, astfreie P.		
143.4	37.9		41.6		379					0.30		W	III a	5.40 m
	37.9		41.7		425							P	" a_1	
	37.6		40.4		332							W	III b	
140.9	37.6	603	40.7		333					0.43		P	" b_1	
	37.8		41.0		355		117	131	115			Lufttrockene, astfreie W.		
	37.8		41.2		379		117	140	115	0.36	120	" " " P.		
	37.6	603	40.7				116		114	0.43	143	Absolut trockene, astfreie P.		
143.9	35.1		40.4		354					0.48		W	IV a	9.80 m
	35.1		37.7		407							P	" a_1	
	37.6		40.0		336							W	IV b	
99.7	37.6	662	40.7		392					0.43		P	" b_1	
	36.4		40.2		345		114	123	110			Lufttrockene, astfreie W.		
	36.4		39.2		400		112	148	110	0.45	150	" " " P.		
	37.6	662	40.7				116		114	0.43	143	Absolut trockene, astfreie P.		
79.3	37.7	674	40.9		329					0.48		W	V a	14.20 m
	37.7		40.6		404							P	" a_1	
	38.3		40.8		332							W	V b	
65.1	38.3		41.6		375					0.38		P	" b_1	
	38.0		40.9		330		117	122	115			Lufttrockene, astfreie W.		
	38.0		41.1		390		117	144	115	0.43	143	" " " P.		
	37.7	674	40.6				116		114	0.48	160	Absolut trockene, astfreie P.		
73.8	38.7		41.5		357					0.39		W	VI a	18.60 m
	38.7		42.0		371							P	" a_1	
	40.5		44.2		350							W	VI b	
25.1	40.5	692	44.2		422					0.34		P	" b_1	
	39.6		42.8		354		122	131	120			Lufttrockene, astfreie W.		
	39.6		43.1		396		123	147	120	0.37	123	" " " P.		
	40.5	692	44.2				126		123	0.34	113	Absolut trockene, astfreie P.		
	38.4		41.5		347		119	128	116			Lufttrockene, astfreie W.		
	38.4		41.5		403		119	149	116	0.41	138	" astige W.		
	38.8	672	41.9				120		118	0.44	147	" astfreie P.		
												Absolut trockene, astfreie P.		

Probestamm

Seehöhe: 1600 *m*; Exposition:

Tabelle 11.

Des Probekörpers						Zustand des Probe-											
Höhe über dem Stockabschnitte	Bezeichnung	Form: { W = Würfel P = Platte	allgemeine Beschaffenheit.			lufttrocken								absolut			
			Der Jahrringe			Länge	Breite	Höhe	Querfläche	Absolutes Gewicht	Specificsches Gewicht s_p	Feuchtigkeit in Procenten des absoluten Trocken- gewichtes = $q\%$	Druckfestigkeit pro $1 \text{ cm}^2 = \beta_p$	Länge	Breite	Querfläche	
			Gesamtzahl in der Diagonale	Zahl pro 1 cm Diagonale	Länge pro 1 cm^2 Druckfläche												
																	cm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1·10 m	9/I a	W+				133·7	133·7	131·5	178·8	1086·9	46 2+	16·2+	365+				
	" a ₁	P	98	5·2	5·4	131·9	132·8	30·6	175·2	241·3	45·0	12·8	462	128·5	129·3	166·2	
	I b	W	87	6·5	8·2	94·1	97·1	98·0	91·4	399·0	44·5	14·8	347	91·0	94·0	85·5	
	" b ₁	P	87	6·5	8·2	93·7	96·6	30·4	90·5	119·7	43·5	11·9					
	Im Mittel		87	6·5	8·2						44·5	14·8	347				
2·70 m	II a	W+				138·9	140·6	141·5	195·3	1313·2	47·5+	17·0+	354+				
	" a ₁	P	105	5·3	5·7	137·7	139·1	30·6	191·5	269·9	46·1	13·5	465	133·9	134·7	180·4	
	II b	W	84	4·8	5·5	104·4	104·6	110·2	109·2	531·5	44·2	15·5	359	100·2	100·8	101·0	
	" b ₁	P	84	4·8	5·5	103·8	103·8	30·0	107·7	137·1	42·4	11·9					
	Im Mittel		84	4·8	5·5						44·2	15·5	359				
5·40 m	III a	W+				135·6	138·7	139·1	188·1	1187·5	45·4+	16·3+	363+				
	" a ₁	P	105	5·5	5·8	134·5	137·8	30·3	185·3	250·7	44·6	12·8	459	130·2	134·0	174·5	
	III b	W	97	6·4	5·8	106·3	107·6	108·0	114·4	553·4	44·8	17·7	336	102·6	103·0	105·7	
	" b ₁	P	97	6·4	5·8	105·6	106·8	29·9	112·8	152·7	45·3	11·5					
	Im Mittel		97	6·4	5·8						44·8	17·7	336				
9·80 m	IV a	W	94	5·5	5·7	120·9	121·4	121·3	146·8	806·7	45·3	16·8	353				
	" a ₁	P	94	5·5	5·7	120·0	120·8	30·5	145·0	195·9	44·3	13·2	466	116·5	117·4	136·9	
	IV b	W	93	6·9	6·7	94·5	97·0	98·8	91·6	398·6	44·0	15·3	349	90·7	92·8	84·2	
	" b ₁	P	93	6·9	6·7	93·5	95·8	30·4	89·6	117·6	43·2	12·0					
	Im Mittel		93	6·2	6·2						44·6	16·0	351				
14·20 m	V a	W+				110·9	112·4	109·7	124·6	623·7	45·6+	16·2+	359+				
	" a ₁	P	87	5·5	5·7	110·3	112·3	16·9	123·9	92·5	44·2	12·7	360	107·0	108·6	116·2	
	V b	W	75	6·4	6·3	83·2	83·5	86·4	69·5	266·4	44·4	16·1	360	80·5	80·6	64·9	
	" b ₁	P	75	6·4	6·3	82·6	83·0	30·6	68·6	91·0	43·4	12·6	496				
	Im Mittel		75	6·4	6·3						44·4	16·1	360				
18·60 m	VI a	W	64	6·1	6·4	74·3	75·0	80·0	55·7	206·4	46·3	16·2	386				
	" a ₁	P	64	6·1	6·4	74·1	75·0	30·2	55·5	75·5	45·0	12·5		72·0	72·3	52·1	
	VI b	W	62	6·4	6·4	66·5	70·0	71·9	46·6	154·6	46·1	17·0	380	64·5	67·4	43·5	
	" b ₁	P	62	6·4	6·4	66·0	69·3	30·4	45·7	63·5	45·7	12·0	536				
	Im Mittel		63	6·2	6·4						46·2	16·6	383				
Gesamt-Mittel			83	6·1	6·4						44·8	16·1	356				
			88	5·9	6·1						46·2+	16·4+	360+				
			85	6·0	6·4						44·4	12·5					

Nr. 10.

Osthang; Alter: 145 Jahre.

Druckversuche.

k ö r p e r s			Umwandlung auf den Feuchtigkeitsgehalt von $\varphi = 15\%$				Werth für s_0		Flächen- Schwindung		Des Probekörpers			
t r o c k e n			Absolute Zahlen				Relative Zahlen			Absolute Zahl	Relative Zahl	Form: { W = Würfel P = Platte	Bezeichnung	Höhe über dem Stockabschnitte
Absolutes Gewicht	Specificches Trocken- gewicht s_0	Druckfestigkeit pro $1 \text{ cm}^2 = \beta_0$	Specificches Gewicht für die Feuchtigkeit von $15\% = s_{15}$		Druckfestigkeit für die Feuchtigkeit von $15\% = \beta_{15}$		Specificches Gewicht, wenn das Minimum $s_{15} = 0.35 = 100$ gesetzt wird	Druckfestigkeit, wenn das Minimum $\beta_{15} = 270 = 100$ gesetzt wird	Specificches Trocken- gewicht, wenn das Minimum $s_0 = 0.33 = 100$ gesetzt wird	Schwindungsprocent der Querfläche pro 1% Feuchtigkeitsverlust	Flächenschwindung pro 1% Feuchtigkeit, wenn das Minimum $0.30 = 100$ gesetzt wird			
			astfrei	astig	astfrei	astig				a s t f r e i				
g	100fach	kg/cm^2	100fach		kg/cm^2		Verhältniszahlen			%	Verhältnis- Zahl			
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
214.0	42.1		45.4	46.0	422	387				0.42		W+	I a	1.10 m
107.0	41.2		44.5		343					0.49		P	a ₁	
	41.2	746	44.1		476							W	b ₁	
	41.2		44.5		343		127	127	125			P	b ₁	Lufttrockene, astfreie W. " " P. Absolut trockene, astfreie P.
	41.7		44.8		449		128	166	126	0.46	153			
	41.2	746	44.1				126		125	0.49	163			
237.7	43.1		46.4	47.1	438	390				0.46		W+	II a	2.70 m
122.5	40.4		44.1		369					0.56		P	a ₁	
	40.4	766	43.0		496							W	b ₁	
	40.4		44.1		369		126	137	122			P	b ₁	Lufttrockene, astfreie W. " " P. Absolut trockene, astfreie P.
	41.7		44.7		467		128	173	126	0.51	170			
	40.4	766	43.0				123		122	0.56	187			
222.2	42.0		45.0	45.1	419	386				0.48		W+	III a	5.40 m
136.9	43.3		44.3		385					0.58		P	a ₁	
	43.3	781	46.0		511							W	b ₁	
	43.3		44.3		385		122	142	131			P	b ₁	Lufttrockene, astfreie W. " " P. Absolut trockene, astfreie P.
	42.7		45.5		465		130	135	129	0.53	177			
	43.3	781	46.0				131		131	0.58	193			
173.0	41.4		44.9		385					0.45		W	IV a	9.80 m
105.0	41.4		44.7		434					0.53		P	a ₁	
	41.0	682	43.9		354							W	b ₁	
	41.0		43.8		412							P	b ₁	Lufttrockene, astfreie W. " " P. Absolut trockene, astfreie P.
	41.2		44.4		369		127	137	125			P	b ₁	
	41.2		44.2		423		126	157	125	0.49	163			
	41.0	682	43.8				125		124	0.53	177			
82.1	41.8		44.7	45.6	487	381				0.52		W+	V a	14.20 m
40.7			44.2		380					0.45		P	a ₁	
80.8	40.7		43.9		453							W	b ₁	
	40.7		44.2		380		126	141	123			P	b ₁	Lufttrockene, astfreie W. " " P. Absolut trockene, astfreie P.
	41.3		44.3		470		127	174	125	0.49	163			
	41.8	757	44.7				128		127	0.52	173			
67.1	42.7		46.1		408					0.52		W	VI a	18.60 m
42.7		841	45.5		571					0.42		P	a ₁	
56.7	42.9		45.7		416							W	b ₁	
	42.9		46.3		482							P	b ₁	Lufttrockene, astfreie W. " " P. Absolut trockene, astfreie P.
	42.8		45.9		412		131	152	130			P	b ₁	
	42.8		45.9		526		131	195	130	0.47	156			
	42.7	841	45.5				130		129	0.52	173			
41.6			44.6		376		127	139	126			W	astige W.	Lufttrockene, astfreie W. " astige W. " astfreie P. Absolut trockene, astfreie P.
	41.9		44.9	45.9+	467	386+	128	167	127	0.49	164			
	41.7	762	44.5				127		126	0.53	178			

Probestamm

Seehöhe: 1450 m; Exposition:

Tabelle 18.

Des Probekörpers						Zustand des Probe-										
Höhe über dem Stockabschnitte	Bezeichnung	Form: { W = Würfel P = Platte	allgemeine Beschaffenheit.			lufttrocken								absolut		
			Der Jahrringe			Länge	Breite	Höhe	Querfläche	Absolutes Gewicht	Specificisches Gewicht ρ_p	Feuchtigkeit in Procenten des absoluten Trocken- gewichtes = $\varphi\%$	Druckfestigkeit pro 1 cm ² = β_p	Länge	Breite	Querfläche
			Gesamtzahl in der Diagonale	Zahl pro 1 cm Diagonale	Länge pro 1 cm ² Druckfläche											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1-10 m	II a	W	91	5.0	4.9	128.7	128.9	128.1	165.9	808.2	38.0	15.1	269			
	" a ₁	P	91	5.0	4.9	128.0	128.2	30.4	164.1	184.9	37.1	13.2	352	124.8	125.2	156.2
	" b	W	89	5.4	4.9	114.6	119.0	118.8	136.4	601.0	37.1	15.8	277			
	" b ₁	P	89	5.4	4.9	114.0	118.7	30.2	135.3	147.6	36.1	12.8	.	111.2	115.4	128.2
	Im Mittel		90	5.2	4.9						37.5	15.6	273			
2-70 m	II a	W+				111.6	112.1	113.8	125.2	580.5	40.7+	15.4+	256+			
	" a ₁	P	75	4.8	4.7	110.4	110.9	30.4	122.4	141.3	38.0	11.2	392	107.7	108.4	116.8
	" b	W	67	4.3	4.8	109.0	109.7	112.0	119.6	514.9	38.4	15.4	275			
	" b ₁	P	67	4.3	4.8	108.6	108.6	12.4	117.9	58.3	39.9	12.3	.	106.3	106.5	113.2
	Im Mittel		67	4.3	4.8						38.4	15.4	275			
5-40 m	III a	W	89	5.7	5.1	111.3	111.7	116.2	124.3	550.6	38.1	16.5	292			
	" a ₁	P	89	5.7	5.1	110.6	110.9	30.6	123.8	140.2	37.1	12.7	388	107.5	109.0	117.2
	" b	W	75	5.0	4.7	105.7	106.2	103.1	112.3	435.9	37.6	16.2	283			
	" b ₁	P	75	5.0	4.7	105.1	105.5	17.5	110.9	72.2	37.2	11.8	.	102.8	103.0	105.9
	Im Mittel		82	5.4	4.9						37.9	16.4	288			
9-80 m	IV a	W	70	5.3	4.0	93.7	94.2	96.8	88.3	344.1	40.2	15.5	302			
	" a ₁	P	70	5.3	4.0	93.4	93.6	24.4	87.4	85.7	40.2	11.9	.	91.2	91.7	83.6
	" b	W+	70			88.7	88.9	91.5	78.8	288.9	40.1+	16.1+	297+			
	" b ₁	P	70	5.6	5.3	88.0	88.1	30.5	77.5	91.5	38.7	12.0	397	85.7	85.8	73.5
	Im Mittel		70	5.3	4.0						40.2	15.5	302			
14-20 m	V a	W	60	5.4	5.1	76.9	79.4	82.7	61.1	207.2	41.0	16.0	318			
	" a ₁	P	60	5.4	5.1	76.3	78.9	30.5	60.2	72.3	39.4	11.9	.	74.1	76.7	56.8
	" b	W	61	5.6	4.6	77.4	78.5	78.6	60.8	190.6	39.9	17.0	321			
	" b ₁	P	61	5.6	4.6	76.8	77.7	30.5	59.7	70.6	38.8	12.4	432	74.8	75.5	56.5
	Im Mittel		61	5.5	4.9						40.5	16.5	320			
18-60 m	VI a	W	53	5.7	5.8	66.4	66.3	68.9	44.2	123.9	40.7	13.5	321			
	" a ₁	P	54	6.0	5.9	62.9	64.0	66.9	40.2	110.9	41.2	15.5	318			
	" b	W	54	6.0	5.9	62.7	63.7	30.1	39.9	46.8	39.0	11.2	.	61.2	62.3	38.1
	" b ₁	P	53	5.8	5.8						40.9	14.5	319			
	Im Mittel		54	6.0	5.9						39.0	11.2	.			
Gesamt-Mittel			70	5.2	4.9						39.2	15.6	296			
			75	5.2	4.8						40.4+	15.7+	276+			
			69	5.2	4.9						38.2	12.2				
											38.6	12.0				

Nr. II.

Nordhang; Alter: 110 Jahre.

Druckversuche.

k ö r p e r s			Umwandlung auf den Feuchtigkeitsgehalt von $\varphi = 15\%$				Werth für s_0		Flächen- Schwindung		Des Probekörpers				
t r o c k e n			Absolute Zahlen				Relative Zahlen			Absolute Zahl	Relative Zahl	Form: $\begin{cases} W = \text{Würfel} \\ P = \text{Platte} \end{cases}$	Bezeichnung	Höhe über dem Stockabschnitte	
Absolutes Gewicht	Specificches Trocken- gewicht s_0	Druckfestigkeit pro $1 \text{ cm}^2 = \beta_0$	Specificches Gewicht für die Feuchtigkeit von $15\% = s_{15}$	Druckfestigkeit für die Feuchtigkeit von $15\% = \beta_{15}$	astfrei	astig	Specificches Gewicht, wenn das Minimum $s_{15} = 0.35 = 100$ gesetzt wird	Druckfestigkeit, wenn das Minimum $\beta_{15} = 270 = 100$ gesetzt wird	Specificches Trocken- gewicht, wenn das Minimum $s_0 = 0.33 = 100$ gesetzt wird	Schwindungsprocent der Quersfläche pro 1% Feuchtigkeitsverlust	Flächenschwindung pro 1% Feuchtigkeit, wenn das Minimum $0.30 = 100$ gesetzt wird				
															astfrei
g	100fach	kg/cm^2	100fach		kg/cm^2		Verhältniszahlen			%	Verhältnis- Zahl	30	31	32	
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29				
163.4	34.4		37.9		278					0.38		W	I a	1.10 m	
	34.4		37.5		320							P	I a ₁		
	33.8		36.9		291							W	I b		
130.9	33.8		36.5		299					0.43		P	I b ₁	Lufttrockene, astfreie W. " " P. Absolut trockene, astfreie P.	
	34.1		37.4		284		107	105	103	0.40	133				
	34.1		37.0		309		106	114	103	0.43	143				
	33.8	569	36.5				104		102						
127.1	35.8		38.8	40.6	324	263				0.43		W+	II a	2.70 m	
	37.0		38.3		282							P	II a ₁		
51.9	37.0	525	40.4		255					0.34		W	II b		
	37.0		38.3		282		109	104	112	0.39	130				
	36.4		39.6		290		113	107	110	0.34	113				
	37.0	525	40.4				115		112						
124.4	34.7		37.8		319					0.44		W	III a	5.40 m	
	34.7		37.6		347							P	III a ₁		
	34.9		37.4		305							W	III b		
64.6	34.9	580	37.8		310					0.40		P	III b ₁	Lufttrockene, astfreie W. " " P. Absolut trockene, astfreie P.	
	34.8		37.6		312		107	115	105	0.42	140				
	34.8		37.7		329		108	122	105	0.40	133				
	34.9	580	37.8				108		106						
76.6	37.5		40.1		311					0.38		W	IV a	9.80 m	
	37.5	586	40.8		316							P	IV a ₁		
	36.4		39.3	39.9	343	317				0.45		W+	IV b		
81.7	36.4		39.3		343							P	IV b ₁	Lufttrockene, astfreie W. " " P. Absolut trockene, astfreie P.	
	37.5		40.1		311		115	115	114	0.41	137				
	36.9		40.0		329		114	122	112	0.38	127				
	37.5	586	40.8				117		114						
64.6	37.3	683	40.8		336					0.50		W	V a	14.20 m	
	37.3		40.0		413							P	V a ₁		
	36.4		39.5		357							W	V b		
62.8	36.4		39.3		385					0.46		P	V b ₁	Lufttrockene, astfreie W. " " P. Absolut trockene, astfreie P.	
	36.9		40.2		347		115	128	112	0.48	160				
	36.9		39.7		399		113	148	112	0.50	167				
	37.3	683	40.0				114		113						
36.7	36.7		41.0		294							W	VI a	18.60 m	
	36.7		41.1		327							P	VI a ₁		
42.1	36.7	630	39.8		360					0.42		W	VI b		
	36.7		41.0		310		117	115	111			P	VI b ₁	Lufttrockene, astfreie W. " " P. Absolut trockene, astfreie P.	
	36.7		39.8												
	36.7	630					114		111	0.42	140				
36.2			39.1	40.2+	308	290+	112	114	110						
	35.8		38.8		331		111	123	108	0.42	140				
	36.2	595	39.2				112		110	0.41	137				

Probestamm

Seehöhe: 1450 m; Exposition:

Tabelle 13.

Des Probekörpers						Zustand des Probe-										
Höhe über dem Stockabschnitte	Bezeichnung	Form: $\begin{cases} W = \text{Würfel} \\ P = \text{Platte} \end{cases}$	allgemeine Beschaffenheit.			lufttrocken								absolut		
			Der Jahrringe			Länge	Breite	Höhe	Querfläche	Absolutes Gewicht	Specificisches Gewicht s_p	Feuchtigkeit in Procenten des absoluten Trocken- gewichtes = $\varphi\%$	Druckfestigkeit pro 1 cm ² = β_p	Länge	Breite	Querfläche
			Gesamtzahl in der Diagonale	Zahl pro 1 cm Diagonale	Länge pro 1 cm ² Druckfläche											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1-10 m	12/I a	W	89	5-3	5-4	118-2	119-2	117-5	140-9	604-2	36-5	16-4	269			
	" a ₁	P	89	5-3	5-4	118-0	118-5	30-4	139-8	149-6	35-2	12-8	345	114-6	115-6	132-5
	I b	W	87	5-2	5-2	116-0	118-5	115-1	137-5	584-2	36-9	18-0	271			
	" b ₁	P	87	5-2	5-2	115-5	118-1	20-3	136-4	104-0	37-6	15-0	.	113-2	115-9	131-2
	Im Mittel		88	5-3	5-3						36-7	17-2	270			
2-70 m	II a	W	81	4-2	4-2	135-2	136-2	134-3	184-1	898-4	36-3	16-0	279			
	" a ₁	P	81	4-2	4-2	134-3	135-8	24-2	182-4	155-3	35-2	12-1	.	131-1	132-5	173-7
	II b	W	79	5-0	5-4	111-6	111-9	110-7	124-9	502-0	36-3	16-7	290			
	" b ₁	P	79	5-0	5-4	110-8	111-0	30-2	123-0	131-6	35-4	12-7	379	107-5	108-0	116-1
	Im Mittel		80	4-6	4-8						36-3	16-3	284			
5-40 m	III a	W	80	4-8	4-4	117-1	117-5	118-2	137-6	595-1	36-6	15-3	289			
	" a ₁	P	80	4-8	4-4	116-5	116-8	30-0	136-1	147-1	36-0	11-4	.	113-4	113-8	129-0
	III b	W	74	4-8	4-9	109-0	109-3	108-9	119-1	477-3	36-8	17-5	289			
	" b ₁	P	74	4-8	4-9	108-4	108-5	30-2	117-6	127-3	35-8	12-8	374	105-5	105-8	111-6
	Im Mittel		77	4-8	4-7						36-7	16-4	289			
9-80 m	IV a	W	63	4-2	4-0	105-7	106-7	107-9	112-8	439-7	36-1	15-0	277			
	" a ₁	P	63	4-2	4-0	105-1	105-8	30-4	111-2	120-4	35-6	10-8	.	102-0	103-3	105-4
	IV b	W	67	5-0	4-7	94-1	94-8	95-7	89-2	322-0	37-7	16-4	289			
	" b ₁	P	67	5-0	4-7	94-0	94-1	30-2	88-5	98-6	36-9	12-4	386	91-6	91-7	84-0
	Im Mittel		65	4-6	4-3						36-9	15-7	283			
14-20 m	V a	W	50	4-0	4-3	88-5	88-8	91-7	78-6	276-2	38-3	16-0	321			
	" a ₁	P	50	4-0	4-3	88-2	88-2	30-3	77-8	89-4	37-9	12-3	401	85-9	86-0	73-9
	V b	W	44	3-6	3-8	85-8	87-3	90-5	74-9	255-4	37-7	15-5	278			
	" b ₁	P	44	3-6	3-8	85-5	86-8	30-0	74-2	81-0	36-4	11-7	.	84-6	84-9	71-8
	Im Mittel		47	3-8	4-0						38-0	15-8	300			
18-60 m	VI a	W	42	4-0	3-9	75-1	75-8	75-7	56-9	164-5	38-2	17-5	295			
	" a ₁	P	42	4-0	3-9	74-4	75-0	30-3	55-8	63-6	37-6	12-6	394	72-6	73-5	53-4
	VI b	W	42	4-0	4-1	73-7	74-0	71-3	54-5	156-5	40-3	18-1	291			
	" b ₁	P	42	4-0	4-1	73-0	73-2	30-3	53-4	61-4	38-0	12-9	.	71-0	71-5	50-8
	Im Mittel		42	4-0	4-0						39-2	17-6	293			
Gesamt-Mittel			66	4-5	4-5						37-3	16-5	286			
			66	4-5	4-5						36-5	12-4				
			66	4-3	4-3						36-5	12-3				

Nr. 12.

Nordhang; Alter: 116 Jahre.

Druckversuche.

k ö r p e r s			Umwandlung auf den Feuchtigkeitsgehalt von $\varphi = 15\%$				Werth für s_0	Flächen- Schwindung		Des Probekörpers				
t r o c k e n			Absolute Zahlen				Relative Zahlen			Absolute Zahl	Relative Zahl	Form: { W = Würfel P = Platte Bezeichnung	Höhe über dem Stockabschnitte	
Absolutes Gewicht	Specifisches Trocken- gewicht s_0	Druckfestigkeit pro $1\text{ cm}^2 = \beta_0$	Specifisches Gewicht für die Feuchtigkeit von $15\% = s_{15}$		Druckfestigkeit für die Feuchtigkeit von $15\% = \beta_{15}$		Specifisches Gewicht, wenn das Minimum $s_{15} = 0.35 = 100$ gesetzt wird	Druckfestigkeit, wenn das Minimum $\beta_{15} = 270 = 100$ gesetzt wird	Specifisches Trocken- gewicht, wenn das Minimum $s_0 = 0.33 = 100$ gesetzt wird	Schwindungsprocent der Querfläche pro 1% Feuchtigkeitsverlust	Flächenschwindung pro 1% Feuchtigkeit, wenn das Minimum $0.30 = 100$ gesetzt wird			
			astfrei	astig	astfrei	astig								a s t f r e i
g	100fach	kg/cm^2	100fach		kg/cm^2		Verhältniszahlen			%	Verhältnis- Zahl			
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
132.6	32.9		36.2		294					0.43		W	I a	1.10 m
	32.9		35.6		305							P	" a ₁	
	34.0		36.3		325					0.26		W	" b ₁	
90.4	34.0	505	37.6	.	235	.						P	" b ₁	
	33.5		36.3		310		104	115	102			Lufttrockene, astfreie W.		
	33.5		36.6		270		105	100	102	0.35	117	" P.		
	34.0	505	37.6	.	.	.	107	.	103	0.26	87	Absolut trockene, astfreie P.		
138.5	33.0		36.1		297					0.41		W	II a	2.70 m
	33.0	538	35.8		268							P	" a ₁	
	33.3		36.0		321							W	II b	
116.8	33.3	.	35.9	.	338	.				0.47	.	P	" b ₁	
	33.1		36.0		309		103	114	100			Lufttrockene, astfreie W.		
	33.1		35.8		303		102	112	100	0.44	146	" P.		
	33.0	538	35.8	.	.	.	102	.	100	0.41	137	Absolut trockene, astfreie P.		
132.0	34.1		36.5		294					0.48		W	III a	5.40 m
	34.1	523	36.7		253							P	" a ₁	
	33.5		36.3		334							W	III b	
112.9	33.5	.	36.2	.	334	.				0.42	.	P	" b ₁	
	33.8		36.4		314		104	116	102			Lufttrockene, astfreie W.		
	33.8		36.5		294		104	109	102	0.45	150	" P.		
	34.1	523	36.7	.	.	.	105	.	103	0.48	160	Absolut trockene, astfreie P.		
108.7	33.9		36.1		277					0.51		W	IV a	9.80 m
	33.9	567	36.4		297							P	" a ₁	
	34.5		37.4		314							W	IV b	
87.7	34.5	.	37.4	.	339	.				0.48	.	P	" b ₁	
	34.2		36.7		295		105	109	104			Lufttrockene, astfreie W.		
	34.2		36.9		318		105	118	104	0.47	156	" P.		
	33.9	567	36.4	.	.	.	104	.	103	0.51	170	Absolut trockene, astfreie P.		
79.6	35.6		38.1		339					0.43		W	V a	14.20 m
	35.6		38.4		352							P	" a ₁	
	33.7		37.6		287							W	V b	
72.5	33.7	577	37.1	.	307	.				0.29	.	P	" b ₁	
	34.7		37.9		313		108	116	105			Lufttrockene, astfreie W.		
	34.7		37.8		330		108	122	105	0.36	120	" P.		
	33.7	577	37.1	.	.	.	106	.	102	0.29	97	Absolut trockene, astfreie P.		
56.5	34.9		37.8		333					0.36		W	VI a	18.60 m
	34.9		38.1		351							P	" a ₁	
	35.3		39.7		347							W	VI b	
54.4	35.3	599	38.4	.	329	.				0.40	.	P	" b ₁	
	35.1		38.7		340		110	126	106			Lufttrockene, astfreie W.		
	35.1		38.2		340		109	126	106	0.38	127	" P.		
	35.3	599	38.4	.	.	.	109	.	107	0.40	133	Absolut trockene, astfreie P.		
	34.1		37.0		313		106	116	103			Lufttrockene, astfreie W.		
	34.1		37.0		309		106	115	103	0.41	136	" astige W.		
	34.0	552	37.0	.	.	.	106	.	103	0.39	131	" astfreie P.		
												Absolut trockene, astfreie P.		

Tabellen 14 und 15.

Zusammenstellungen der Druckversuche.

Ergebnisse der

geordnet nach der Höhenlage der Probe im Stamme,

(Arithmetisches Mittel)

Tabelle 14.

Höhe der Scheibe, aus welcher die Probekörper entnommen wurden (über dem Stockabschnitte)	Bezeichnung der Scheibe	Länge der Jahrringe in Centimetern pro 1 cm ² Querschnitts- fläche		Bemerkung über den Feuchtigkeitsgrad der Probe während der Materialprüfung	Absolut trockener Probekörper				Lufttrockener Probekörper				
		Würfel	Platte		100faches spezifisches Trocken- gewicht s_0	Druckfestigkeit in kg/cm ² für $q = 0\%$ β_0	Quotient $\frac{\beta_n}{s_n}$	100faches spezifisches Luft- trockengewicht für $q = 15\% : s_{15}$	Druckfestigkeit in kg/cm ² für den Feuchtigkeitsgehalt $q = 15\% : \beta_{15}$				
										absolute Zahl			
										Würfel	Platte	Würfel	Platte
m		A s t f r e i e P r o b e k ö r p e r											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1-10	I	8-0	7-9	lufttrocken	37-0	37-2			40-1	40-3	318	362	
			8-4	absolut trocken		37-3	638	17-1		40-3			
2-70	II	7-8	7-7	lufttrocken	37-1	37-1			40-3	40-1	332	368	
			7-8	absolut trocken		37-2	640	17-2		40-2			
5-40	III	7-5	7-7	lufttrocken	36-6	37-0			39-2	40-0	340	366	
			7-9	absolut trocken		37-0	631	17-0		40-0			
9-80	IV	7-3	7-5	lufttrocken	37-3	37-1			40-3	40-0	337	378	
			7-7	absolut trocken		37-3	644	17-3		40-2			
14-20	V	7-7	7-2	lufttrocken	37-9	37-7			41-6	40-7	325	383	
			7-1	absolut trocken		37-5	650	17-3		40-5			
18-60	VI	7-8	8-0	lufttrocken	38-2	38-4			41-7	41-7	367	401	
			7-8	absolut trocken		38-3	675	17-6		41-2			
Mittel von 12 Stämmen		7-7	7-7	lufttrocken	37-3	37-4			40-5	40-4	336	376	
			7-8	absolut trocken		37-4	646	17-3		40-4			

Anmerkung. Die eingeklammerten Zahlen in Colonne 17 beziehen sich auf den absolut trockenen Zahlen wurde das Minimum des spezifischen Trockengewichtes $s_0 = 0.33$, das Minimum des spezifischen Gewichtes $\beta_{15} = 270 = 100$ gesetzt. — Die fettgedruckten Zahlen bezeichnen das jeweilige Maximum, die mit Cursiv-

Druckversuche,

gewonnen an astfreien Platten und Würfeln.

aus 12 Stämmen.)

Druckversuche.

mit einem Feuchtigkeitsgehalte von $\varphi = 15\%$						Flächenschwindung		Quotient aus der Druckfestigkeit und dem spezifischen Lufttrockengewichte $\frac{\beta_{15}}{s_{15}}$		Nebiger Quotient für Scheibe I = 100 gesetzt ergibt:	
Specificches Gewicht, wenn das Minimum $s_{15} = 0.35 = 100$ gesetzt wird Druckfestigkeit, wenn das Minimum $\beta_{15} = 270 = 100$ gesetzt wird Specificches Trockengewicht, wenn das Minimum $s_0 = 0.33 = 100$ gesetzt wird						pro 1% Feuchtig- keitsverlust	wenn das Minimum = 0.30 = 100 gesetzt wird				
relative Zahl						absolute Zahl	relative Zahl	absolute Zahl		relative Zahl	
Würfel	Platte	Würfel	Platte	Würfel	Platte	Platte		Würfel	Platte	Würfel	Platte
A s t f r e i e P r o b e k ö r p e r											
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
115	115	118	134	112	113	0.42	140	7.9	9.0	100	100
	115		(236)		113	0.42	140				
115	115	123	136	112	112	0.44	146	8.2	9.1	104	101
	115		(237)		113	0.44	146				
112	114	126	135	111	112	0.43	143	8.7	9.1	110	101
	114		(234)		112	0.45	150				
115	114	125	140	113	112	0.45	150	8.3	9.5	105	105
	115		(238)		113	0.45	150				
119	116	120	142	115	114	0.43	143	7.8	9.4	99	104
	116		(241)		114	0.44	146				
119	119	135	148	116	116	0.42	140	8.8	9.6	111	107
	118		(250)		116	0.42	140				
116	115	125	139	113	113	0.43	143	8.3	9.3		
	115		(239)		113	0.44	146				

Zustand. — Die spezifischen Gewichte sind mit 100 multiplicirt angegeben. Zur Berechnung der relativen für einen Wassergehalt von 15%, d. i. $s_{15} = 0.35$ und das Minimum der Druckfestigkeit bei 15% Wassergehalt Lettern gedruckten das Minimum.

Ergebnisse der

Mittlere Würfel- und Plattenfestigkeit pro Stamm, ohne Rücksicht

(Arithmetische Mittel aus 12 Würfel-

Tabelle 15.

Des Probestammes					Allgemeine Beschaffenheit des Probekörpers.							Feuchtigkeitsgrad der Probe während der Materialprüfung	Absolut trockener Probekörper			
Laufende Nummer	Höhenlage über dem adriatischen Meere in m	standörtliche Exposition	Alter	Durchmesser in Brusthöhe	Der Jahrringe						100faches spezifisches Trockengewicht s_0		Druckfestigkeit in kg/cm^2 für $\varphi = 0\% : \beta_0$	Quotient $\frac{\beta_0}{s_0}$		
					Anzahl in der Diagonale		Zahl pro 1 cm Diagonale		Länge pro 1 cm^2 Druckfläche in cm							
			Würfel	Platte	Würfel	Platte	Würfel	Platte			Würfel		Platte	Platte		
			Jahre	cm	a s t f r e i						a s t f r e i					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	1600 m	Südhang	156	47	106	102	6·0	6·3	5·9	6·0	Lufttrocken absolut trocken	34·8	35·1	588	16·8	
2			147	46	101	103	6·0	6·5	5·9	6·0		lufttrocken	40·1			35·0
						100		6·0	6·0	6·3	absolut trocken		40·5	704	17·4	
	Im Durchschnitte		151	46·5	103	101	6·0	6·1	5·9	6·0	lufttrocken	37·4	37·7	646	17·1	
						101		6·2		6·2	absolut trocken		37·7			
3	1900 m	Südhang	210	43	86	104	7·3	7·5	8·0	7·9	lufttrocken	37·4	37·5	632	16·7	
4						103		7·9		8·5	absolut trocken		37·7			
			155	48	108	104	6·9	6·6	6·9	6·6	lufttrocken	34·2	34·4			
						102		6·7		6·8	absolut trocken		34·5	563	16·3	
	Im Durchschnitte		182	45·5	97	104	7·1	7·0	7·4	7·3	lufttrocken	35·8	36·0	597	16·5	
						103		7·3		7·6	absolut trocken		36·2			
5	1800 m	Westhang	312	43	217	217	15·1	15·1	15·4	15·5	lufttrocken	38·5	38·5	685	17·9	
6						218		15·2		15·6	absolut trocken		38·3			
			251	44	168	170	13·7	13·3	13·8	13·6	lufttrocken	40·0	39·9			
						168		13·5		13·6	absolut trocken		39·4	689	17·5	
	Im Durchschnitte		281	43·5	193	193	14·4	14·2	14·6	14·6	lufttrocken	39·2	39·2	687	17·7	
						193		14·3		14·6	absolut trocken		38·8			
7	1600 m	Westhang	150	40	90	90	6·0	6·0	6·3	6·3	lufttrocken	36·4	36·4	646	17·6	
8						89		6·1		6·3	absolut trocken		36·6			
			176	44	107	107	7·0	7·0	7·5	7·5	lufttrocken	36·1	36·1			
						109		7·3		7·9	absolut trocken		36·6	670	18·3	
	Im Durchschnitte		163	42	98	98	6·5	6·5	6·9	6·9	lufttrocken	36·3	36·3	658	18·0	
						99		6·7		7·1	absolut trocken		36·6			
9	1600 m	Osthang	143	43	91	91	5·9	5·9	6·8	6·8	lufttrocken	38·4	38·4	672	17·3	
10						92		5·8		6·7	absolut trocken		38·8			
			145	43	83	88	6·1	5·9	6·4	6·1	lufttrocken	41·6	41·9			
						85		6·0		6·4	absolut trocken		41·7	762	18·3	
	Im Durchschnitte		144	43	87	90	6·0	5·9	6·6	6·5	lufttrocken	40·0	40·1	717	17·8	
						88		5·9		6·5	absolut trocken		40·2			
11	1450 m	Nordhang	110	40	70	75	5·2	5·2	4·9	4·8	lufttrocken	36·2	35·8	595	16·4	
12						69		5·2		4·9	absolut trocken		36·2			
			116	40	66	66	4·5	4·5	4·5	4·5	lufttrocken	34·1	34·1			
						66		4·3		4·3	absolut trocken		34·0	552	16·2	
	Im Durchschnitte		113	40	68	70	4·8	4·8	4·7	4·6	lufttrocken	35·1	35·0	573	16·3	
						68		4·8		4·6	absolut trocken		35·1			
Gesamt-Durchschnitt aus 12 Stämmen			172	43·4	108	109	7·5	7·4	7·7	7·7	Lufttrocken absolut trocken	37·3	37·4	646	17·2	
						109		7·5		7·8	absolut trocken		37·4			

Bemerkung: Die fett gedruckten Zahlen bezeichnen das jeweilige Maximum, die mit Cursiv-Lettern

Druckversuche.

auf die Höhenlage der Probe über dem Stockabschnitte.
und 12 Plattenproben pro Stamm.)

Druckversuche.

Lufttrockener Probekörper mit einem Feuchtigkeitsgehalte von $\varphi = 15\%$												Spezifisches Trocken- gewicht, wenn das Minimum $s_0 = 0.33 = 100$ gesetzt wird	Flächenschwindung pro 1% Feuchtigkeitsverlust	Flächenschwindung pro 1% Feuchtigkeitsverlust, wenn das Minimum $0.30 = 100$ gesetzt wird	Quotient aus der Druck- festigkeit und dem spezifischen Luft- trockengewichte $= \frac{\beta_{16}}{s_{15}}$	Die Druckfestigkeit des Stammes $12 = 100$ gesetzt, ergibt für die einzelnen Stämme					
100faches spezifisches Gewicht für den Feuchtigkeitsgehalt $\varphi = 15\%$ s_{15}						Druckfestigkeit in kg/cm^2 für den Feuchtigkeitsgehalt von $\varphi = 15\%$ β_{16}											spezifisches Gewicht, wenn das Minimum $s_{15} = 0.35 = 100$ gesetzt wird		Druckfestigkeit, wenn das Minimum $\beta_{16} = 270 = 100$ gesetzt wird		
absolute Zahl						relative Zahl											absolute Zahl	relative Zahl	absolute Zahl	relative Zahl	
Würfel		Platte		Würfel		Platte		Würfel		Platte		Würfel		Platte		Platte		Würfel	Platte	Würfel	Platte
ast- frei	astig	ast- frei	ast- frei	astig	ast- frei	ast- frei	astig	ast- frei	ast- frei	astig	ast- frei	a s t f r e i									
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
37.7	38.0	38.0	329	297	341	107	108	108	122	110	128	105	106	0.42	140	8.7	9.0	105	110		
42.8	44.5	37.9	372	344	430	122	127	108	125	127	(218)	122	106	0.44	145	8.7	9.8	119	139		
.	.	43.7	.	.	.	.	.	125	138	.	159	.	122	0.44	145	.	.	.	.		
.	.	43.5	.	.	.	.	.	124	.	.	(261)	.	123	0.46	153	.	.	.	.		
40.2	41.3	40.9	351	320	385	115	118	116	130	118	143	113	114	0.43	143	8.7	9.4	112	125		
.	.	40.7	.	.	.	.	.	116	.	.	(240)	.	115	0.45	149	.	.	.	.		
41.0	41.0	40.6	341	309	360	117	117	116	126	114	133	113	114	0.41	135	8.3	8.9	109	116		
.	.	40.8	.	.	.	.	.	117	.	.	(234)	.	114	0.42	141	.	.	.	.		
37.7	38.4	37.4	294	289	296	108	110	107	109	107	110	104	104	0.39	130	7.9	7.9	94	96		
.	.	37.5	.	.	.	.	.	107	.	.	(208)	.	104	0.39	131	.	.	.	.		
39.3	39.7	39.0	317	299	328	113	114	112	117	111	122	108	109	0.40	132	8.1	8.4	102	106		
.	.	39.1	.	.	.	.	.	112	.	.	(221)	.	109	0.40	136	.	.	.	.		
42.2	.	41.5	354	.	415	121	.	119	131	.	154	117	117	0.46	154	8.3	10.0	113	134		
.	.	41.4	.	.	.	.	.	118	.	.	(254)	.	116	0.46	154	.	.	.	.		
43.3	44.3	43.2	360	312	406	124	127	123	133	115	150	121	121	0.43	144	8.3	9.4	115	131		
.	.	42.5	.	.	.	.	.	122	.	.	(255)	.	119	0.43	144	.	.	.	.		
42.7	44.3	42.3	357	312	410	122	127	121	132	115	152	119	119	0.45	149	8.3	9.7	114	133		
.	.	41.9	.	.	.	.	.	120	.	.	(254)	.	118	0.45	149	.	.	.	.		
40.5	.	39.4	312	.	369	116	.	113	116	.	137	110	110	0.43	143	7.7	9.4	100	119		
.	.	39.6	.	.	.	.	.	113	.	.	(239)	.	111	0.43	143	.	.	.	.		
39.1	.	39.0	336	.	382	112	.	111	124	.	141	109	109	0.45	150	8.6	9.8	107	123		
.	.	39.5	.	.	.	.	.	113	.	.	(248)	.	111	0.45	151	.	.	.	.		
39.8	.	39.2	324	.	375	114	.	112	120	.	139	109	109	0.44	147	8.1	9.6	104	121		
.	.	39.5	.	.	.	.	.	113	.	.	(244)	.	111	0.44	147	.	.	.	.		
41.5	.	41.5	347	.	403	119	.	119	128	.	149	116	116	0.41	138	8.3	9.7	111	130		
.	.	41.9	.	.	.	.	.	120	.	.	(249)	.	118	0.44	147	.	.	.	.		
44.6	45.9	44.9	376	386	467	127	131	128	139	143	167	126	127	0.49	164	8.4	10.4	120	151		
.	.	44.5	.	.	.	.	.	127	.	.	(282)	.	126	0.53	178	.	.	.	.		
43.0	45.9	43.2	361	386	435	123	131	124	133	143	158	121	121	0.45	151	8.4	10.1	116	140		
.	.	43.2	.	.	.	.	.	124	.	.	(265)	.	122	0.49	162	.	.	.	.		
39.1	40.2	38.8	308	290	331	112	115	111	114	107	123	110	108	0.42	140	7.8	8.5	99	107		
.	.	39.2	.	.	.	.	.	112	.	.	(220)	.	110	0.41	137	.	.	.	.		
37.0	.	37.0	313	.	309	106	.	106	116	.	115	103	103	0.41	136	8.5	8.3	100	100		
.	.	37.0	.	.	.	.	.	106	.	.	(204)	.	103	0.39	131	.	.	.	.		
38.0	40.2	37.9	310	290	320	109	115	108	115	107	119	106	106	0.41	138	8.1	8.4	100	104		
.	.	38.1	.	.	.	.	.	109	.	.	(212)	.	106	0.40	134	.	.	.	.		
40.5	41.7	40.4	336	318	376	116	119	115	125	118	139	113	113	0.43	143	8.3	9.3	108	121		
.	.	40.4	.	.	.	.	.	115	.	.	(239)	.	113	0.44	146	.	.	.	.		

gedruckten das Minimum.

gedruckten das Minimum.

Tabellen 16 und 17.

Untersuchungen
über die
Druckelasticität

von 50 *cm* langen Prismen und ihre Beziehungen zur Druckfestigkeit.

A. Ergebnisse für jedes einzelne

Probestämme

Tabelle 16.

Bezeichnung des Prismas		Alter des Probestammes	Der Jahrringe			Mittlerer Querschnitt			Volumen des Prismas für die Messlänge von 20 cm	Wassergehalt, bezogen auf das absolute Trockengewicht: φ %	Spezifisches Gewicht		Elasticitätsgrenze					
			Zahl in der Diagonale	Zahl pro 1 cm Diagonale	Länge pro 1 cm ² Querfläche	Breite	Höhe	Inhalt			während der Probe: s_p	bei 15% Wassergehalt: s_{15}	Belastung an der Elasticitätsgrenze: p	Verkürzung an der Elasticitätsgrenze: f	Elastische Verkürzung pro 1 t: λ	Elasticitätsmodul: ϵ	Grenzmodul: γ	Spezifische Arbeit an der Elasticitätsgrenze: α
		Jahre																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1 a b c d .		84	5·6	5·7	105·1	106·3	111·7	2234	16·9	37·0	36·6	13	0·0290	0·00223	80·2	0·116	0·000084	
		67	5·1	5·0	91·9	95·9	88·1	1762	18·7	37·7	37·0	20	0·0274	0·00137	165·7	0·227	0·000156	
		53	3·6	5·0	105·0	105·6	110·9	2218	17·7	36·5	36·0	13	0·0263	0·00202	89·1	0·117	0·000077	
		84	5·6	5·7	105·1	106·3	111·7	2234	16·9	37·0	36·6	13	0·0290	0·00223	80·3	0·116	0·000084	
	156	72	5·0	5·4					17·6	37·1	36·6	15	0·0279	0·00196	103·8	0·144	0·000100	
2 a b c d .		80	5·4	5·9	105·0	105·2	110·5	2210	17·2	43·1	42·6	30	0·0415	0·00138	130·8	0·271	0·000282	
		86	5·7	5·8	105·3	105·7	111·3	2226	17·3	39·3	38·9	21	0·0433	0·00206	87·1	0·189	0·000204	
		93	5·9	6·8	113·0	114·4	129·3	2586	17·0	42·8	42·4	26	0·0328	0·00126	122·6	0·201	0·000165	
		83	5·5	5·8	104·8	105·8	110·9	2218	18·3	43·5	42·8	15	0·0245	0·00163	110·4	0·135	0·000083	
	147	86	5·6	6·1					17·5	42·2	41·7	23	0·0355	0·00158	112·7	0·199	0·000184	
3 a b c d .		94	7·2	7·5	92·7	93·1	86·3	1726	18·5	39·6	38·9	16	0·0455	0·00284	81·5	0·185	0·000211	
		106	8·3	9·2	90·2	91·5	82·5	1650	17·2	40·9	40·5	12	0·0332	0·00277	87·6	0·145	0·000121	
		110	8·3	9·4	94·1	94·1	88·5	1770	17·6	40·2	39·7	21	0·0488	0·00232	97·2	0·237	0·000290	
		98	8·9	9·1	77·0	79·1	60·9	1218	15·5	40·2	40·1	16	0·0518	0·00324	101·4	0·263	0·000340	
	210	102	8·2	8·8					17·2	40·2	39·8	16	0·0448	0·00279	91·9	0·208	0·000241	
4 a b c d .		107	6·7	7·0	112·9	113·6	128·3	2566	21·8	39·3	37·9	20	0·0351	0·00176	88·8	0·156	0·000137	
		103	6·5	6·3	110·7	114·2	126·4	2528	17·6	37·7	37·2	20	0·0378	0·00189	83·7	0·158	0·000150	
		83	5·5	6·2	109·9	110·8	121·8	2436	16·5	35·8	35·5	20	0·0413	0·00207	79·5	0·164	0·000170	
		78	5·3	5·7	104·5	105·0	109·7	2194	16·8	37·6	37·2	20	0·0458	0·00229	79·6	0·182	0·000209	
	155	93	6·0	6·3					18·2	37·6	37·0	20	0·0400	0·00200	82·9	0·165	0·000167	
5 a b c d .		136	10·1	13·8	95·2	96·1	91·5	1830	18·1	41·2	40·6	24	0·0477	0·00199	110·0	0·262	0·000313	
		215	14·4	15·4	105·2	105·7	111·2	2224	16·0	41·2	41·0	25	0·0416	0·00166	108·1	0·225	0·000234	
		239	16·3	17·5	104·0	104·2	108·6	2172	16·1	40·6	40·4	25	0·0463	0·00185	99·4	0·230	0·000266	
		199	14·7	15·7	96·0	96·2	92·4	1848	17·6	41·1	40·6	23	0·0454	0·00197	109·7	0·249	0·000283	
	312	197	13·9	15·6					17·0	41·0	40·7	24	0·0453	0·00187	106·8	0·242	0·000274	
6 a b c d .		177	13·6	13·4	92·1	93·7	86·3	1726	17·6	44·2	43·7	11	0·0301	0·00274	84·7	0·127	0·000096	
		107	11·3	11·6	67·2	67·4	45·3	906	17·0	43·0	42·6	10	0·0430	0·00430	102·7	0·221	0·000237	
		151	11·0	12·3	96·2	97·3	93·6	1872	15·9	42·7	42·5	22	0·0472	0·00215	99·6	0·235	0·000277	
		142	13·4	12·6	74·0	76·0	56·2	1124	17·2	42·8	42·4	10	0·0412	0·00412	86·4	0·178	0·000183	
	251	144	12·3	12·5					16·9	43·2	42·8	13	0·0404	0·00333	93·4	0·190	0·000198	

Theil-Prisma des Trummess.

Nr. 1—6.

Druckversuche.

Fließgrenze					Cohäsionsgrenze			Bemerkungen
Belastung an der Fließgrenze: p_1	Verkürzung an der Fließgrenze: λ_1	Verkürzung an der Fließgrenze pro 1 t: $\frac{\lambda_1}{p_1}$	Fließmodul: γ_1	Specifische Arbeit an der Fließgrenze: a_1	Bruchbelastung: P	Druckfestigkeit beobachtet: β_φ	Druckfestigkeit, reducirt auf 15 % Wassergehalt: β_{15}	
t	cm		t/cm^2	t/cm	t	t/cm^2		
19	20	21	22	23	24	25	26	27
22	0·0535	0·00243	0·197	0·000264	26·0	0·233	0·267	Im Mittel.
22	0·0452	0·00206	0·250	0·000282	24·2	0·275	0·342	
21	0·0433	0·00206	0·189	0·000205	24·7	0·223	0·272	
22	0·0535	0·00243	0·197	0·000263	26·0	0·233	0·267	
22	0·0489	0·00225	0·208	0·000254	25·2	0·241	0·287	
34	0·0450	0·00132	0·308	0·000345	34·6	0·313	0·353	Im Mittel.
29	0·0530	0·00183	0·261	0·000345	29·7	0·267	0·308	
35	0·0424	0·00121	0·271	0·000287	38·2	0·296	0·332	
29	0·0400	0·00138	0·261	0·000261	31·0	0·280	0·339	
32	0·0451	0·00144	0·275	0·000310	33·4	0·289	0·333	
19	0·0593	0·00312	0·220	0·000326	21·8	0·253	0·316	Im Mittel.
22	0·0661	0·00300	0·267	0·000441	22·7	0·275	0·315	
22	0·0520	0·00236	0·249	0·000323	24·9	0·281	0·328	
17	0·0575	0·00338	0·279	0·000401	16·2	0·266	0·275	
20	0·0587	0·00297	0·254	0·000373	21·4	0·269	0·309	
27	0·0494	0·00183	0·210	0·000260	30·7	0·239	0·361	Im Mittel.
31	0·0642	0·00207	0·245	0·000394	34·3	0·271	0·318	
29	0·0653	0·00225	0·238	0·000389	29·8	0·245	0·272	
26	0·0643	0·00247	0·237	0·000381	26·5	0·242	0·274	
28	0·0608	0·00215	0·233	0·000356	30·3	0·249	0·306	
24	0·0477	0·00199	0·262	0·000313	26·3	0·287	0·343	Im Mittel.
33	0·0583	0·00177	0·297	0·000433	33·0	0·297	0·315	
29	0·0556	0·00192	0·267	0·000371	32·1	0·296	0·316	
25	0·0507	0·00203	0·271	0·000343	27·1	0·293	0·341	
28	0·0531	0·00193	0·274	0·000365	29·6	0·293	0·329	
19	0·0592	0·00312	0·220	0·000326	22·8	0·264	0·311	Im Mittel.
14	0·0621	0·00444	0·309	0·000480	15·3	0·338	0·374	
27	0·0608	0·00225	0·288	0·000438	31·4	0·335	0·351	
12	0·0530	0·00442	0·214	0·000283	15·6	0·278	0·318	
18	0·0588	0·00356	0·258	0·000382	21·3	0·304	0·338	

Die Reduction des specifischen Gewichtes auf den Feuchtigkeitsgehalt von $\varphi = 15\%$ erfolgte in Colonne 12 nach der Formel: $s_{15} = s_\varphi - 0\cdot2\cdot\varphi + 3$, jene der Druckfestigkeit in Colonne 26 nach der Formel: $\beta_{15} = \beta_\varphi + 18\cdot\varphi - 270$.

Die Reduction des specifischen Gewichtes auf den Feuchtigkeitsgehalt von $\varphi = 15\%$ erfolgte in Colonne 12 nach der Formel: $s_{15} = s_\varphi - 0.2 \cdot \varphi + 3$, jene der Druckfestigkeit in Colonne 26 nach der Formel: $\beta_{15} = \beta_\varphi + 18 \cdot \varphi - 270$.

Tabelle 16 (Fortsetzung).

Probestämme

Bezeichnung des Prismas		Alter des Probestammes	Der Jahrringe			Mittlerer Querschnitt			Volumen des Prismas für die Messlänge von 20 cm	Wassergehalt, bezogen auf das absolute Trockengewicht: $\varphi\%$	Spezifisches Gewicht		Elastizitätsgrenze					
			Zahl in der Diagonale	Zahl pro 1 cm Diagonale	Länge pro 1 cm ² Querfläche	Breite	Höhe	Inhalt			während der Probe: s_p	bei 15% Wassergehalt: s_{15}	Belastung an der Elastizitätsgrenze: p	Verkürzung an der Elastizitätsgrenze: f	Elastische Verkürzung pro 1 t: λ	Elastizitätsmodul: e	Grenzmodul: γ	Spezifische Arbeit an der Elastizitätsgrenze: a
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
7a b c d		81	5·8	5·6	99·4	100·4	99·8	1996	17·7	38·1	37·6	20	0·0458	0·00229	87·5	0·200	0·000230	
		91	6·1	6·4	105·4	105·9	111·6	2232	17·3	38·3	37·8	15	0·0286	0·00191	93·9	0·134	0·000096	
		87	5·8	7·2	105·0	106·8	112·1	2242	17·0	38·2	37·8	21	0·0388	0·00184	96·6	0·187	0·000182	
		75	5·9	6·8	89·2	89·8	80·1	1602	16·4	42·4	42·1	15	0·0285	0·00190	131·4	0·187	0·000133	
	150	84	5·9	6·5					17·1	39·3	38·8	18	0·0354	0·00199	102·4	0·177	0·000160	
8a b c d		95	6·4	7·4	104·2	104·5	108·9	2178	14·4	37·7	37·8	29	0·0538	0·00186	98·7	0·266	0·000358	
		108	7·7	9·5	99·2	99·2	98·4	1968	16·7	41·4	41·1	21	0·0410	0·00195	104·1	0·213	0·000219	
		86	5·3	6·6	114·6	115·0	131·8	2636	17·2	37·7	37·3	28	0·0492	0·00176	86·7	0·212	0·000261	
		114	7·7	7·2	104·2	104·3	108·7	2174	18·0	39·9	39·3	25	0·0442	0·00177	104·1	0·230	0·000254	
	176	101	6·8	7·7					16·6	39·2	38·9	26	0·0471	0·00184	98·4	0·230	0·000273	
9a b c d		96	6·0	7·4	112·6	114·1	128·5	2570	17·9	43·4	42·8	35	0·0462	0·00132	117·9	0·272	0·000315	
		94	5·7	7·0	112·7	114·7	129·3	2586	18·0	43·1	42·5	33	0·0417	0·00126	122·4	0·255	0·000266	
		93	6·7	7·9	97·4	97·6	95·1	1902	16·0	41·5	41·3	26	0·0428	0·00165	127·8	0·273	0·000293	
		82	7·0	7·4	82·1	84·1	69·0	1380	16·1	42·6	42·4	16	0·0480	0·00300	96·6	0·232	0·000278	
	143	91	6·4	7·4					17·0	42·7	42·3	28	0·0447	0·00181	116·2	0·258	0·000288	
10a b c d		95	5·2	5·3	128·2	130·0	166·7	3334	15·1	43·2	43·2	40	0·0443	0·00111	108·3	0·240	0·000266	
		77	5·2	5·1	105·5	105·5	111·3	2226	17·5	45·4	44·9	26	0·0414	0·00159	112·8	0·234	0·000243	
		68	5·4	5·6	89·5	90·2	80·7	1614	15·2	44·4	44·4	15	0·0387	0·00225	110·2	0·186	0·000157	
		92	7·2	6·2	90·1	91·1	82·1	1642	15·3	43·1	43·0	20	0·0433	0·00216	112·5	0·244	0·000264	
	145	83	5·8	5·6					15·8	44·0	43·9	25	0·0407	0·00178	111·0	0·266	0·000233	
11a b c d		43	4·0	4·3	75·1	76·8	57·7	1154	15·5	37·3	37·2	7	0·0384	0·00549	63·2	0·121	0·000116	
		69	5·1	5·2	94·4	95·6	90·2	1804	16·9	38·7	38·3	15	0·0399	0·00266	83·4	0·166	0·000166	
		48	4·9	5·5	68·7	69·1	47·5	950	16·2	39·4	39·2	7	0·0384	0·00549	76·8	0·147	0·000141	
		55	4·0	4·3	96·3	96·9	93·3	1866	15·5	38·5	38·4	18	0·0478	0·00264	80·7	0·193	0·000231	
	110	54	4·5	4·8					16·0	38·5	38·3	12	0·0411	0·00407	76·0	0·157	0·000164	
12a b c d		57	4·2	4·4	94·0	95·2	89·5	1790	15·7	35·6	35·5	20	0·0455	0·00228	98·2	0·223	0·000254	
		53	3·7	5·0	97·7	101·8	99·5	1990	16·9	36·4	36·0	22	0·0457	0·00208	96·8	0·221	0·000253	
		66	4·7	5·1	99·0	100·5	99·5	1990	16·3	36·0	35·7	20	0·0460	0·00230	87·4	0·201	0·000231	
		71	4·8	5·7	105·5	105·9	111·7	2234	16·0	36·9	36·7	16	0·0317	0·00198	90·4	0·143	0·000114	
	116	62	4·4	5·1					16·2	36·2	36·0	19	0·0422	0·00216	93·2	0·197	0·000213	

Nr. 7—12.

Druckversuche.

Fließgrenze					Cohäsionsgrenze			Bemerkungen
Belastung an der Fließgrenze: p_1	Verkürzung an der Fließgrenze: λ_1	Verkürzung an der Fließgrenze pro 1 t: $\frac{\lambda_1}{p_1}$	Fließmodul: γ_1	Specifische Arbeit an der Fließgrenze: a_1	Bruchbelastung: P	Druckfestigkeit beobachtet: β_φ	Druckfestigkeit, reducirt auf 15% Wassergehalt: β_{15}	
t	cm		t/cm^2	t/cm	t	t/cm^2		
19	20	21	22	23	24	25	26	27
23	0.0595	0.00259	0.230	0.000343	26.4	0.265	0.314	Im Mittel.
28	0.0594	0.00212	0.251	0.000373	31.5	0.282	0.323	
28	0.0538	0.00192	0.250	0.000336	28.8	0.257	0.293	
27	0.0540	0.00200	0.337	0.000455	29.5	0.368	0.393	
26	0.0567	0.00216	0.267	0.000377	29.1	0.293	0.331	
32	0.0613	0.00192	0.294	0.000450	35.4	0.325	0.314	Im Mittel.
24	0.0473	0.00197	0.244	0.000288	27.3	0.277	0.308	
32	0.0569	0.00178	0.243	0.000345	34.9	0.265	0.305	
30	0.0530	0.00177	0.276	0.000366	31.8	0.293	0.347	
30	0.0546	0.00186	0.264	0.000362	32.3	0.290	0.319	
37	0.0485	0.00131	0.288	0.000349	39.5	0.307	0.359	Im Mittel.
38	0.0514	0.00135	0.294	0.000378	38.2	0.295	0.349	
30	0.0500	0.00167	0.315	0.000394	30.5	0.321	0.339	
20	0.0606	0.00303	0.290	0.000439	20.5	0.297	0.317	
31	0.0526	0.00184	0.299	0.000390	32.7	0.305	0.341	
49	0.0564	0.00115	0.294	0.000414	56.4	0.338	0.340	Im Mittel.
32	0.0572	0.00178	0.287	0.000411	35.7	0.320	0.365	
22	0.0518	0.00236	0.273	0.000353	26.3	0.326	0.330	
23	0.0518	0.00225	0.280	0.000363	24.7	0.301	0.306	
31	0.0543	0.00189	0.284	0.000385	35.8	0.321	0.335	
17	0.0632	0.00372	0.295	0.000466	18.8	0.326	0.335	Im Mittel.
19	0.0563	0.00296	0.211	0.000296	23.4	0.259	0.293	
10	0.0632	0.00632	0.211	0.000333	11.1	0.236	0.258	
19	0.0650	0.00342	0.204	0.000331	22.8	0.244	0.253	
16	0.0619	0.00410	0.230	0.000357	19.0	0.266	0.285	
24	0.0573	0.00239	0.268	0.000384	26.0	0.291	0.304	Im Mittel.
25	0.0594	0.00238	0.251	0.000373	25.6	0.257	0.291	
27	0.0628	0.00233	0.271	0.000426	27.3	0.274	0.297	
26	0.0531	0.00204	0.233	0.000309	28.8	0.258	0.276	
26	0.0582	0.00229	0.256	0.000373	26.9	0.270	0.292	

Die Reduction des specifischen Gewichtes auf den Feuchtigkeitsgehalt von $\varphi = 15\%$ erfolgte in Colonne 12 nach der Formel: $s_{15} = s_\varphi - 0.2 \cdot \varphi + 3$, jene der Druckfestigkeit in Colonne 26 nach der Formel: $\beta_{15} = \beta_\varphi + 18 \cdot \varphi - 270$.

Die Reduction des specifischen Gewichtes auf den Feuchtigkeitsgehalt von $\varphi = 15\%$ erfolgte in Colonne 12 nach der Formel: $s_{15} = s_\varphi - 0.2 \cdot \varphi + 3$, jene der Druckfestigkeit in Colonne 26 nach der Formel: $\beta_{15} = \beta_\varphi + 18 \cdot \varphi - 270$.

B. Stammweise Zusammen-

Tabelle 17.

Bezeichnung des Probe- stammes	Alter des Probestammes	Der Jahrringe			Wassergehalt, bezogen auf das absolute Trockengewicht: φ %	Spezifisches Gewicht		Elasticitätsgrenze					
		Zahl in der Diagonale	Zahl pro 1 cm Diagonale	Länge pro 1 cm ² Quer- fläche		während der Probe: ρ_p	bei 15 % Wassergehalt: ρ_{15}	Belastung an der Elasticitätsgrenze: p	Verkürzung an der Elasticitätsgrenze: f	Elastische Verkürzung pro 1 t: λ	Elasticitätsmodul: ϵ	Grenzmodul: γ	Specifische Arbeit an der Elasticitätsgrenze: α
	Jahre				cm								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	156	72	5.0	5.4	17.6	37.1	36.6	15	0.0279	0.00196	103.8	0.144	0.000100
2	147	86	5.6	6.1	17.5	42.2	41.7	23	0.0355	0.00158	112.7	0.199	0.000184
Im Durchschnitte .	151	79	5.3	5.8	17.6	39.7	39.2	19	0.0317	0.00177	108.3	0.172	0.000142
3	210	102	8.2	8.8	17.2	40.2	39.8	16	0.0448	0.00279	91.9	0.208	0.000241
4	155	93	6.0	6.3	18.2	37.6	37.0	20	0.0400	0.00200	82.9	0.165	0.000167
Im Durchschnitte .	182	98	7.1	7.6	17.7	38.9	38.4	18	0.0424	0.00240	87.4	0.187	0.000204
5	312	197	13.9	15.6	17.0	41.0	40.7	24	0.0453	0.00187	106.8	0.242	0.000274
6	251	144	12.3	12.5	16.9	43.2	42.8	13	0.0404	0.00333	93.4	0.190	0.000198
Im Durchschnitte .	281	170	13.1	14.1	17.0	42.1	41.8	19	0.0428	0.00260	100.1	0.216	0.000236
7	150	84	5.9	6.5	17.1	39.3	38.8	18	0.0354	0.00199	102.4	0.177	0.000160
8	176	101	6.8	7.7	16.6	39.2	38.9	26	0.0471	0.00184	98.4	0.230	0.000273
Im Durchschnitte	163	92	6.4	7.1	16.9	39.2	38.8	22	0.0412	0.00192	100.4	0.204	0.000217
9	143	91	6.4	7.4	17.0	42.7	42.3	28	0.0447	0.00181	116.2	0.258	0.000288
10	145	83	5.8	5.6	15.8	44.0	43.9	25	0.0407	0.00178	111.0	0.226	0.000233
Im Durchschnitte .	144	87	6.1	6.5	16.4	43.4	43.1	26	0.0427	0.00180	113.6	0.242	0.000260
11	110	54	4.5	4.8	16.0	38.5	38.3	12	0.0411	0.00407	76.0	0.157	0.000164
12	116	62	4.4	5.1	16.2	36.2	36.0	19	0.0422	0.00216	93.2	0.197	0.000213
Im Durchschnitte .	113	58	4.5	5.0	16.1	37.3	37.1	16	0.0416	0.00312	84.6	0.177	0.000189
Mittel aus allen													
	172	97	7.1	7.7	17.0	40.1	39.7	20	0.0404	0.00227	99.1	0.200	0.000208

stellung der Ergebnisse.

Druckversuche.

F l i e s s g r e n z e					Cohäsionsgrenze			B e m e r k u n g e n
Belastung an der Fließgrenze p_1	Verkürzung an der Fließgrenze: λ_1	Verkürzung an der Fließgrenze pro 1 t: $\frac{\lambda_1}{p_1}$	Fließmodul: γ_1	Specifische Arbeit an der Fließgrenze: a_1	Bruchbelastung: P	Druckfestigkeit beobachtet: β_φ	Druckfestigkeit, reducirt auf 15% Wassergehalt: β_{15}	
t	cm		t/cm^2	t/cm	t	t/cm^2		
15	16	17	18	19	20	21	22	
22	0·0489	0·00225	0·208	0·000254	25·2	0·241	0·287	23 Die Reduction des specifischen Gewichtes auf den Feuchtigkeitsgehalt von $\varphi = 15\%$ erfolgte in Colonne 8 nach der Formel: $s_{15} = s_\varphi - 0\cdot2\cdot\varphi + 3,$ jene der Druckfestigkeit in Colonne 22 nach der Formel: $\beta_{15} = \beta_\varphi + 18\cdot\varphi - 270.$ Die fettgedruckten Zahlen sind Maximalwerthe, die mit Cursiv-Lettern gedruckten Minimalwerthe.
32	0·0451	0·00144	0·275	0·000310	33·4	0·289	0·333	
27	0·0470	0·00185	0·242	0·000282	29·3	0·265	0·310	
20	0·0587	0·00297	0·254	0·000373	21·4	0·269	0·309	
28	0·0608	0·00215	0·233	0·000356	30·3	0·249	0·306	
24	0·0598	0·00256	0·244	0·000364	25·8	0·259	0·307	
28	0·0531	0·00193	0·274	0·000365	29·6	0·293	0·329	
18	0·0588	0·00356	0·258	0·000382	21·3	0·304	0·338	
23	0·0560	0·00275	0·266	0·000374	25·4	0·299	0·334	
26	0·0567	0·00216	0·267	0·000377	29·1	0·293	0·331	
30	0·0546	0·00186	0·264	0·000362	32·3	0·290	0·319	
28	0·0556	0·00201	0·266	0·000369	30·7	0·292	0·325	
31	0·0526	0·00184	0·299	0·000390	32·7	0·305	0·341	
31	0·0543	0·00189	0·284	0·000385	35·8	0·321	0·335	
31	0·0534	0·00187	0·292	0·000388	34·2	0·313	0·338	
16	0·0619	0·00410	0·230	0·000357	19·0	0·266	0·285	
26	0·0582	0·00229	0·256	0·000373	26·9	0·270	0·292	
21	0·0600	0·00315	0·243	0·000365	22·9	0·268	0·288	
12 S t ä m m e n								
26	0·0553	0·00237	0·259	0·000357	28·1	0·283	0·317	

Tabellen 18 und 19.

Ergebnisse der Biegeversuche.

Beziehungen

zwischen den einzelnen Factoren der Biegefestigkeit, ihre Abhängigkeit von den standörtlichen Verhältnissen (Seehöhe, Exposition) und dem Alter der Probestämme, sowie von dem Jahrringbaue und dem specifischen Gewichte des Probekörpers.

Tabelle 18.

Resultate
der
Biegeversuche

für jeden einzelnen Stab des Trummes und Reduction der Versuchsergebnisse auf den Normalstab von 10×10 cm Querschnitt und 1.50 m Stützweite.

Probestämme I,

Tabelle 18.

Bezeichnung des Biegebalkens	Versuchsergebnis und Reduction auf den Normalstab	Alter des Probestammes	Der Jahrringe			Wassergehalt, bezogen auf das absolute Trockengewicht: $\varphi\%$	Specifisches Gewicht		Bruchgefährlicher Querschnitt			Elasticitäts-		
			Anzahl in der Diagonale im Mittel	Zahl pro 1 cm Diagonale	Länge pro 1 cm ² Quer- schnittsfläche		während der Probe: s_{φ}	bei 15% Wassergehalt: s_{15}	Breite	Höhe	Flächeninhalt	Belastung an der Elasticitätsgrenze: p	Durchbiegung an der Elasticitätsgrenze: f	Elastische Durchbiegung pro 0.1 t: λ
		Jahre		cm	%	100fach			cm		cm ²	t	cm	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 a	Versuchsergebnis		103	7.1	7.0	21.1	38.2	37.0	10.282	10.387	106.80	1.00	0.862	0.0862
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	0.90	0.895	0.0994
1 b	Versuchsergebnis		94	5.1	5.0	21.4	38.3	37.0	13.017	13.162	171.33	2.60	0.905	0.0348
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.15	1.191	0.1036
1 c	Versuchsergebnis		52	3.6	5.0	19.2	39.5	38.7	10.172	10.225	104.01	1.00	0.836	0.0836
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	0.94	0.855	0.0910
1 d	Versuchsergebnis		84	5.6	5.7	19.1	38.3	37.5	10.645	10.650	113.37	1.60	1.199	0.0749
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.33	1.277	0.0960
	Mittel	156	83	5.4	5.7	20.2	38.6	37.6					1.055	0.0975
2 a	Versuchsergebnis		85	5.8	6.0	19.3	38.8	37.9	10.445	10.487	109.54	1.60	1.342	0.0839
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.39	1.407	0.1012
2 b	Versuchsergebnis		82	5.6	6.2	19.8	44.2	43.2	10.390	10.517	109.27	1.00	0.657	0.0657
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	0.87	0.691	0.0794
2 c	Versuchsergebnis		90	5.7	6.3	20.4	43.5	42.4	11.270	11.412	128.61	1.40	0.731	0.0522
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	0.95	0.834	0.0878
2 d	Versuchsergebnis		86	5.3	5.9	21.2	44.0	42.8	11.550	11.607	134.06	2.20	1.048	0.0476
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.41	1.215	0.0862
	Mittel	147	86	5.6	6.1	20.2	42.6	41.6					1.037	0.0887
3 a	Versuchsergebnis		90	7.2	7.5	19.5	39.5	38.6	8.832	8.850	78.16	0.80	1.428	0.1785
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.16	1.264	0.1089
3 b	Versuchsergebnis		99	8.3	9.2	20.0	41.8	40.8	8.335	8.530	71.10	0.80	1.603	0.2004
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.32	1.367	0.1036
3 c	Versuchsergebnis		112	8.3	9.4	21.0	41.0	39.8	9.502	9.565	90.89	1.00	1.275	0.1275
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.15	1.220	0.1061
3 d	Versuchsergebnis		123	8.9	9.1	18.8	42.5	41.7	9.487	10.012	94.98	1.00	1.006	0.1006
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.05	1.007	0.0959
	Mittel	210	106	8.2	8.8	19.8	41.2	40.2					1.214	0.1036
4 a	Versuchsergebnis		103	6.7	7.0	20.0	39.2	38.2	10.522	10.995	115.69	1.60	1.222	0.0764
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.26	1.344	0.1067
4 b	Versuchsergebnis		94	6.5	6.3	19.6	39.1	38.2	10.136	10.307	104.47	1.00	1.040	0.1040
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	0.93	1.072	0.1152
4 c	Versuchsergebnis		97	5.5	6.2	22.7	36.8	35.3	12.850	12.878	165.48	2.40	1.069	0.0445
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.13	1.377	0.1218
4 d	Versuchsergebnis		75	5.3	5.7	19.6	38.6	37.7	9.990	10.115	101.05	1.40	1.516	0.1083
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.37	1.533	0.1119
	Mittel	155	92	6.0	6.3	20.5	38.4	37.3					1.332	0.1139

2, 3 und 4.

Biegeversuche.

grenze			Cohäsionsgrenze				Volligkeitscoefficient nach Tetmajer: η	Arbeit, welche im Mittel pro 1 cm Durchbiegung geleistet wurde: $\alpha = \frac{A}{F}$	Reduction der Biegezugfestigkeit auf gleichen Volligkeitscoefficienten $\eta = 0.65 \cdot \frac{\beta \times \eta}{0.65}$	Lage des Kernes (oben oder unten, d.h. Zug- oder Druckseite des Balkens)	Form des Bruches nach Photogramm- Tafel III	Bemerkungen
Elasticitätsmodul: ϵ	Grenzmodul: γ	Arbeit an der Elasticitätsgrenze: α	Bruchbelastung: P	Durchbiegung: F	Biegezugfestigkeit: β	Deformationsarbeit: A						
t/cm^2		t/cm	t	cm	t/cm^2	t/cm						
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
84.9	0.203	0.431	2.00	2.54	0.406	3.23	0.63	.	0.394	oben		An der Unterseite ein Ast, 3 cm vom bruchgefährlichen Querschnitte entfernt. Bruch beginnt bei einem Aste, welcher über 25 cm von der Mittellinie entfernt ist. Unterseite astfrei. Auf der Unterseite ein Ast in der Mitte.
"	"	0.404	1.80	2.64	"	3.02	"	1.15	"			
81.7	0.259	1.177	3.60	1.40	0.359	2.74	0.54	.	0.298	unten	z	
"	"	0.687	1.60	1.84	"	1.60	"	0.87	"			
92.8	0.212	0.418	2.35	3.30	0.497	5.13	0.66	.	0.505	oben	s	
"	"	0.402	2.21	3.37	"	4.93	"	1.46	"			
87.6	0.298	0.959	2.20	2.00	0.410	2.58	0.59	.	0.372	unten	z	
"	"	0.846	1.82	2.13	"	2.28	"	1.07	"			
86.8	0.243	0.585		2.50	0.418	2.96	0.61	1.14	0.392			
83.5	0.313	1.074	2.20	2.03	0.431	2.40	0.54	.	0.358	oben	g	Astfrei. Astfrei. Ast, 10 cm von der Mitte der Unterseite entfernt. Ast, 4 cm von der Mitte der Unterseite entfernt.
"	"	0.980	1.92	2.13	"	2.19	"	1.03	"			
106.3	0.196	0.328	2.90	3.51	0.568	6.93	0.68	.	0.594	oben		
"	"	0.300	2.52	3.68	"	6.34	"	1.72	"			
96.5	0.215	0.512	3.40	2.90	0.521	6.08	0.62	.	0.497	unten	s	
"	"	0.398	2.32	3.31	"	4.73	"	1.43	"			
98.1	0.318	1.153	3.40	2.61	0.492	5.76	0.65	.	0.492	unten	z	
"	"	0.860	2.19	3.03	"	4.30	"	1.42	"			
96.1	0.261	0.635		3.04	0.503	4.39	0.62	1.40	0.485			
77.2	0.260	0.571	1.60	4.00	0.520	3.80	0.59	.	0.472	oben	g	Astfrei. Bruch beginnt bei einem Aste, welcher 10 cm von der Mitte der Unterseite entfernt liegt. Ein Ast in 10 cm Entfernung von der Mitte. Astfrei.
"	"	0.731	2.31	3.54	"	4.86	"	1.37	"			
81.4	0.297	0.641	1.20	2.80	0.445	1.87	0.56	.	0.383	unten		
"	"	0.902	1.98	2.39	"	2.63	"	1.10	"			
79.6	0.259	0.637	1.90	3.56	0.492	4.22	0.62	.	0.469	unten	g	
"	"	0.701	2.19	3.41	"	4.64	"	1.36	"			
88.1	0.237	0.503	2.30	4.05	0.544	6.24	0.67	.	0.561	unten	z	
"	"	0.530	2.42	4.05	"	6.57	"	1.62	"			
81.6	0.263	0.716		3.35	0.500	4.67	0.61	1.36	0.471			
79.0	0.283	0.978	2.78	3.32	0.492	7.37	0.80	.	0.606	oben	z	Ein Ast, 10 cm von der Mitte entfernt.
"	"	0.845	2.19	3.65	"	6.37	"	1.75	"			
73.1	0.209	0.520	2.32	4.27	0.485	7.65	0.77	.	0.575	oben	g	
"	"	0.498	2.15	4.40	"	7.32	"	1.66	"			
69.0	0.253	1.283	4.00	4.95	0.422	15.30	0.77	.	0.500	oben	g	
"	"	0.775	1.88	6.37	"	9.25	"	1.45	"			
75.4	0.308	1.061	2.08	3.92	0.458	5.55	0.68	.	0.479	oben	z	
"	"	1.050	2.04	3.97	"	5.50	"	1.39	"			
74.1	0.263	0.792		4.60	0.464	7.11	0.75	1.56	0.540			

Probestämme 5,

Tabelle 18 (Fortsetzung).

Bezeichnung des Biegebalkens	Versuchsergebnis und Reduction auf den Normalstab	Alter des Probestammes	Der Jahrringe			Wassergehalt, bezogen auf das absolute Trockengewicht: φ %	Spezifisches Gewicht		Bruchgefährlicher Querschnitt			Elasticitäts-			
			Anzahl in der Diagonale im Mittel	Zahl pro 1 cm Diagonale	Länge pro 1 cm ² Quer- schnittsfläche		während der Probe: s_p	bei 15 % Wassergehalt: s_{15}	Breite	Höhe	Flächeninhalt	Belastung an der Elasticitätsgrenze: p	Durchbiegung an der Elasticitätsgrenze: f	Elastische Durchbiegung pro 0.1 r : λ	
		Jahre				%									100fach
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5 a	Versuchsergebnis		142	10.1	13.8	17.5	40.8	40.3	9.920	10.045	99.65	1.20	1.237	0.1031	
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.20	1.242	0.1035	
5 b	Versuchsergebnis		192	14.4	15.4	18.6	40.9	40.2	9.370	9.477	88.80	1.20	1.268	0.1057	
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.43	1.202	0.0841	
5 c	Versuchsergebnis		229	16.3	17.5	18.8	40.8	40.0	9.920	10.045	99.65	1.20	1.237	0.1031	
	Reduction auf den Normalstab				"	"	"	"	10	10	100	1.20	1.242	0.1035	
5 d	Versuchsergebnis		196	14.7	15.7	18.0	40.6	40.0	9.427	9.490	89.46	1.20	1.314	0.1095	
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.41	1.247	0.0884	
	Mittel		312	190	13.9	15.6	18.2	40.8	40.1					1.233	0.0949
6 a	Versuchsergebnis			155	13.6	13.4	19.4	44.2	43.3	8.037	8.092	65.04	0.80	1.950	0.2438
	Reduction auf den Normalstab						"	"	"	10	10	100	1.52	1.578	0.1038
6 b	Versuchsergebnis	153		11.3	11.6	19.1	42.4	41.6	9.595	9.624	92.34	1.00	1.041	0.1041	
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.13	1.002	0.0887	
6 c	Versuchsergebnis	132		11.0	12.3	19.0	42.7	41.9	8.440	8.575	72.37	0.80	1.372	0.1715	
	Reduction auf den Normalstab				"	"	"	"	10	10	100	1.29	1.176	0.0912	
6 d	Versuchsergebnis		181	13.4	12.6	19.0	43.1	42.3	9.570	9.582	91.70	1.20	1.300	0.1085	
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.37	1.245	0.0909	
	Mittel		251	155	12.3	12.5	19.1	43.1	42.3					1.250	0.0936
7 a	Versuchsergebnis			82	5.8	5.6	18.4	38.6	37.9	9.887	10.155	100.40	1.40	1.511	0.1079
	Reduction auf den Normalstab						"	"	"	10	10	100	1.37	1.534	0.1120
7 b	Versuchsergebnis	90		6.1	6.4	18.3	39.5	38.8	10.390	10.505	109.15	1.40	1.146	0.0819	
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.22	1.204	0.0987	
7 c	Versuchsergebnis	82		5.8	7.2	19.0	39.4	38.6	9.970	10.087	100.57	1.20	1.106	0.0922	
	Reduction auf den Normalstab				"	"	"	"	10	10	100	1.18	1.115	0.0945	
7 d	Versuchsergebnis		107	5.9	6.8	19.3	43.4	42.5	12.767	12.905	164.76	3.40	1.033	0.0304	
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.60	1.333	0.0833	
	Mittel		150	90	5.9	6.5	18.7	40.2	39.5					1.297	0.0971
8 a	Versuchsergebnis			104	6.4	7.4	19.5	39.1	38.2	11.480	11.500	132.02	2.00	1.091	0.0545
	Reduction auf den Normalstab						"	"	"	10	10	100	1.32	1.255	0.0951
8 b	Versuchsergebnis	114		7.7	8.3	21.0	41.2	40.0	10.387	10.430	108.34	1.20	0.910	0.0758	
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.06	0.949	0.0895	
8 c	Versuchsergebnis	78		5.3	6.6	19.7	38.1	37.2	10.165	10.520	106.94	1.20	1.035	0.0863	
	Reduction auf den Normalstab				"	"	"	10	10	100	1.07	1.089	0.1018		
8 d	Versuchsergebnis		114	7.7	8.3	21.0	41.2	40.0	10.387	10.430	108.34	1.20	0.910	0.0758	
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.06	0.949	0.0895	
	Mittel		176	102	6.8	7.7	20.3	39.9	38.9					1.061	0.0940

6, 7 und 8.

Biegeversuche.

grenze			Cohäsionsgrenze				Völligkeitscoefficient nach Tetmajer: η	Arbeit, welche im Mittel pro 1 cm Durchbiegung geleistet wurde: $\alpha = \frac{A}{F}$	Reduction der Biegezugfestigkeit auf gleichen Völligkeitscoefficienten $\eta = 0.65 \dots \beta_1 = \frac{\beta \times \eta}{0.65}$	Lage des Kernes (oben oder unten, d. h. Zug- oder Druckseite des Balkens)	Form des Bruches nach Photogramm- Tafel III	Bemerkungen
Elasticitätsmodul: ϵ	Grenzmodul: γ	Arbeit an der Elasticitäts- grenze: α	Bruchbelastung: P	Durchbiegung: F	Biegezugfestigkeit: β	Deformationsarbeit: A						
t/cm ²	t/cm	t	cm	t/cm ²	t/cm		t/cm	t/cm ²				
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
81.4	0.270	0.742	2.30	4.00	0.517	5.93	0.64	.	0.509	oben	g	Astfrei.
"	"	0.745	2.30	4.02	"	5.96	"	1.48	"	"	"	
100.1	0.321	0.761	2.20	3.46	0.588	4.86	0.64	.	0.579	unten	gs.	
"	"	0.857	2.61	3.28	"	5.47	"	1.66	"	"	"	
81.4	0.270	0.742	2.30	4.00	0.517	5.93	0.64	.	0.509	unten	s	
"	"	0.745	2.30	4.02	"	5.96	"	1.48	"	"	"	
95.6	0.318	0.788	2.02	3.66	0.535	4.89	0.66	.	0.543	oben	s	Zwei Aeste, rechts und links von der Mitte, 10 cm entfernt. Ein Ast, 6 cm entfernt. Ein Ast, 6 cm entfernt. Astfrei.
"	"	0.881	2.38	3.47	"	5.47	"	1.58	"	"	"	
89.6	0.295	0.807		3.70	0.539	5.71	0.64	1.55	0.535			
81.3	0.342	0.780	1.24	4.55	0.530	3.61	0.64	.	0.522	oben	gs.	
"	"	1.199	2.36	3.68	"	5.55	"	1.51	"	"	"	
94.8	0.253	0.520	1.86	2.49	0.471	2.73	0.59	.	0.428	unten	s	
"	"	0.563	2.09	2.40	"	2.96	"	1.23	"	"	"	
92.5	0.290	0.549	1.40	4.33	0.508	4.10	0.68	.	0.531	unten	z	
"	"	0.759	2.26	3.71	"	5.67	"	1.53	"	"	"	
92.5	0.307	0.780	2.14	4.86	0.548	7.00	0.67	.	0.565	oben	g	
"	"	0.851	2.44	4.66	"	7.63	"	1.64	"	"	"	
90.3	0.298	0.843		3.61	0.514	5.45	0.64	1.48	0.512			Astfrei.
75.5	0.309	1.058	2.12	2.80	0.468	3.37	0.57	.	0.410	oben	g	
"	"	1.054	2.08	2.84	"	3.36	"	1.18	"	"	"	
85.6	0.275	0.802	2.70	4.23	0.530	7.96	0.70	.	0.571	oben	g	
"	"	0.735	2.35	4.44	"	7.29	"	1.64	"	"	"	
89.5	0.266	0.664	2.02	2.86	0.448	4.30	0.74	.	0.510	unten	z	
"	"	0.660	1.99	2.89	"	4.28	"	1.48	"	"	"	
101.2	0.360	1.756	4.95	3.35	0.524	12.36	0.74	.	0.597	oben	s	
"	"	1.066	2.33	4.32	"	7.50	"	1.74	"	"	"	
87.9	0.302	0.879		3.62	0.493	5.61	0.69	1.51	0.522			Astfrei.
88.6	0.296	1.091	3.15	3.63	0.467	8.00	0.70	.	0.503	oben	s	
"	"	0.826	2.07	4.17	"	6.06	"	1.45	"	"	"	
94.4	0.289	0.546	2.57	2.63	0.512	3.51	0.52	.	0.410	oben	s	
"	"	0.504	2.27	2.74	"	3.24	"	1.18	"	"	"	
82.7	0.240	0.621	2.35	4.25	0.470	7.16	0.72	.	0.521	oben	g	
"	"	0.581	2.09	4.47	"	6.70	"	1.50	"	"	"	
94.4	0.289	0.546	2.57	2.63	0.512	3.51	0.52	.	0.410	unten	g	
"	"	0.504	2.27	2.74	"	3.24	"	1.18	"	"	"	
90.0	0.254	0.604		3.53	0.490	4.81	0.62	1.33	0.461			

Probestämme 9,

Tabelle 18 (Fortsetzung).

Bezeichnung des Biegebalkens	Versuchsergebnis und Reduction auf den Normalstab	Alter des Probestammes	Der Jahrringe			Wassergehalt, bezogen auf das absolute Trockengewicht: $\varphi\%$	Spezifisches Gewicht		Bruchgefährlicher Querschnitt			Elasticitäts-		
			Anzahl in der Diagonale im Mittel	Zahl pro 1 cm Diagonale	Länge pro 1 cm ² Quer- schnittfläche		während der Probe: δ_{φ}	bei 15 % Wassergehalt: δ_{15}	Breite	Höhe	Flächeninhalt	Belastung an der Elasticitätsgrenze: p	Durchbiegung an der Elasticitätsgrenze: f	Elastische Durchbiegung pro 0-1 t: λ
		Jahre				%								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9 a	Versuchsergebnis		89	6.0	7.4	18.4	43.7	43.0	10.325	10.595	109.39	1.60	1.019	0.0637
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.38	1.080	0.0782
9 b	Versuchsergebnis		76	5.7	7.0	19.6	40.7	39.8	9.450	9.455	89.35	1.00	1.012	0.1012
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.18	0.956	0.0810
9 c	Versuchsergebnis		99	6.7	7.9	19.0	43.2	42.4	10.300	10.440	107.53	1.20	0.818	0.0682
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.07	0.854	0.0798
9 d	Versuchsergebnis		114	7.0	7.4	19.5	42.8	41.9	11.425	11.570	132.19	1.60	0.730	0.0456
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.05	0.844	0.0804
	Mittel	143	94	6.4	7.4	19.1	42.6	41.8					0.934	0.0798
10 a	Versuchsergebnis		78	5.2	5.3	19.2	44.4	43.6	10.487	10.675	111.95	1.60	1.040	0.0650
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.34	1.110	0.0828
10 b	Versuchsergebnis		77	5.2	5.1	19.3	46.4	45.5	10.260	10.885	111.68	1.40	0.896	0.0640
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.15	0.975	0.0848
10 c	Versuchsergebnis		79	5.4	5.6	19.6	45.2	44.3	10.400	10.520	109.41	1.60	1.093	0.0683
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.39	1.150	0.0827
10 d	Versuchsergebnis		93	7.2	6.2	19.0	44.1	43.3	9.085	9.097	82.65	1.00	1.158	0.1158
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.33	1.053	0.0792
	Mittel	145	82	5.8	5.6	19.3	45.0	44.2					1.072	0.0824
11 a	Versuchsergebnis		60	4.0	4.3	18.6	38.3	37.6	10.440	10.635	111.03	1.00	0.783	0.0783
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	0.85	0.832	0.0979
11 b	Versuchsergebnis		69	5.1	5.2	18.0	38.2	37.6	9.545	9.560	91.25	1.00	1.145	0.1145
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.15	1.095	0.0952
11 c	Versuchsergebnis		76	4.9	5.5	17.9	39.6	39.0	10.825	10.860	117.56	1.40	1.026	0.0733
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.10	1.114	0.1013
11 d	Versuchsergebnis		59	4.0	4.3	18.2	39.5	38.9	10.170	10.305	104.80	1.00	1.230	0.1230
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	0.93	1.268	0.1363
	Mittel	110	66	4.5	4.8	18.2	38.9	38.3					1.077	0.1077
12 a	Versuchsergebnis		57	4.2	4.4	18.8	37.1	36.3	9.600	9.612	92.28	0.80	0.887	0.1109
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	0.90	0.853	0.0948
12 b	Versuchsergebnis		55	3.7	5.0	18.4	40.4	39.7	10.197	10.495	107.02	1.60	1.433	0.0896
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.42	1.504	0.1059
12 c	Versuchsergebnis		64	4.7	5.1	18.0	37.2	36.6	9.670	9.757	94.35	1.00	1.057	0.1057
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.09	1.031	0.0946
12 d	Versuchsergebnis		66	4.8	5.7	17.8	36.3	35.7	9.470	10.130	95.93	1.00	1.023	0.1023
	Reduction auf den Normalstab					"	"	"	10	10	100	1.03	1.036	0.1006
	Mittel	116	61	4.4	5.1	18.3	37.7	37.1					1.106	0.0990

10, 11 und 12.

Biegeversuche.

grenze			Cohäsionsgrenze				Völligkeitscoefficient nach Tetmajer: η	Arbeit, welche im Mittel pro 1 cm Durchbiegung geleistet wurde: $\alpha = \frac{A}{F}$	Reduction der Biegefestigkeit auf gleichen Völligkeitscoefficienten $\eta = 0.65 \dots \beta_1 = 0.65$	Lage des Kernes (oben oder unten, d. h. Zug- oder Druckseite des Balkens)	Form des Bruches nach Photogramm- Tafel III	Bemerkungen
Elasticitätsmodul: e	Grenzmodul: γ	Arbeit an der Elasticitätsgrenze: α	Bruchbelastung: P	Durchbiegung: F	Biegefestigkeit: β	Deformationsarbeit: A						
t/cm^2	t/cm^2	t/cm	t	cm	t/cm^2	t/cm		t/cm	t/cm^2			
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
107.9	0.311	0.815	3.05	4.56	0.593	10.42	0.75	.	0.684	oben	$\approx$	Astfrei.
"	"	0.745	2.63	4.83	"	9.53	"	1.97	"	"	"	
104.4	0.266	0.506	2.00	4.16	0.533	5.90	0.71	.	0.582	unten	s	
"	"	0.566	2.37	3.93	"	6.60	"	1.68	"	"	"	
105.6	0.241	0.491	2.74	5.01	0.549	10.51	0.77	.	0.650	unten	s	
"	"	0.457	2.44	5.32	"	9.77	"	1.84	"	"	"	
104.5	0.236	0.584	3.44	2.52	0.506	5.70	0.66	.	0.514	oben	s	Astfrei; colossale Durchbiegung und Arbeit! $\eta = 0.81$ (vide Diagramm-Tafel XVIII.)
"	"	0.442	2.25	2.92	"	4.31	"	1.48	"	"	"	
105.6	0.263	0.553		4.25	0.545	7.55	0.72	1.74	0.607			
101.6	0.301	0.832	3.04	6.50	0.572	15.99	0.81	.	0.713	oben	g	
"	"	0.743	2.55	6.94	"	14.28	"	2.06	"	"	"	
99.6	0.260	0.626	2.89	3.03	0.536	5.86	0.67	.	0.552	unten	s	
"	"	0.561	2.38	3.30	"	5.25	"	1.59	"	"	"	Astfrei.
102.0	0.313	0.874	2.79	3.65	0.545	7.23	0.71	.	0.595	oben	g	
"	"	0.799	2.42	3.84	"	6.61	"	1.72	"	"	"	
106.5	0.299	0.579	1.89	4.45	0.566	6.00	0.71	.	0.618	oben	g	
"	"	0.701	2.51	4.05	"	7.26	"	1.79	"	"	"	
102.4	0.293	0.701		4.53	0.555	8.35	0.72	1.79	0.620			
85.8	0.191	0.391	2.60	4.02	0.495	7.24	0.69	.	0.525	unten	g	Astfrei.
"	"	0.352	2.20	4.28	"	6.53	"	1.53	"	"	"	
88.4	0.258	0.572	1.93	3.99	0.498	5.28	0.69	.	0.529	oben	g	
"	"	0.627	2.21	3.81	"	5.79	"	1.52	"	"	"	
83.0	0.247	0.718	2.70	2.90	0.476	4.94	0.63	.	0.461	oben	$\approx$	
"	"	0.611	2.11	3.15	"	4.20	"	1.33	"	"	"	
61.6	0.208	0.615	2.00	4.76	0.417	6.53	0.69	.	0.443	unten	$\approx$	Ein Ast, 15 cm entfernt.
"	"	0.587	1.85	4.91	"	6.24	"	1.27	"	"	"	
79.7	0.226	0.544		4.04	0.471	5.69	0.68	1.41	0.490			
89.3	0.203	0.335	1.49	1.79	0.378	1.40	0.52	.	0.302	unten	"	
"	"	0.363	1.63	1.72	"	1.52	"	0.88	"	"	"	
79.9	0.321	1.146	2.51	3.48	0.503	5.70	0.65	.	0.503	unten	$\approx$	Ein Ast, 15 cm entfernt.
"	"	1.071	2.23	3.65	"	5.33	"	1.46	"	"	"	
88.9	0.244	0.528	1.98	5.02	0.484	7.39	0.74	.	0.551	unten	$\approx$	
"	"	0.560	2.15	4.90	"	7.83	"	1.60	"	"	"	
83.8	0.232	0.512	2.06	3.39	0.477	4.51	0.65	.	0.477	oben	g	
"	"	0.534	2.12	3.43	"	4.70	"	1.37	"	"	"	
85.5	0.250	0.632		3.42	0.461	4.85	0.64	1.33	0.453			Astfrei.

Tabelle 19.

Zusammenstellung

der

Mittelwerthe sämtlicher Biegeversuche

für den Normal-Biegestab von 10×10 *cm* Querschnitt und 1·50 *m*
Stützweite nach einzelnen Stämmen, und Beziehungen zwischen

Druck- und Biegezugfestigkeit.

Tabelle 19.

Des Probestammes					Ergebnisse der Biegungs-												
Laufende Nummer	Höhenlage über dem adriatischen Meere	Stand- örtliche Ex- position	Alter	Durchmesser in Brusthöhe	Allgemeine Beschaffenheit des Probekörpers.						Elasticitätsgrenze				Cohäsions-		
					Anzahl in der Diagonale im Mittel	Anzahl pro 1 cm Diagonale	Länge pro 1 cm ² Querschnittsfläche	Wassergehalt in Procenten des absoluten Trockengewichts $\varphi\%$	Specificsches Gewicht		Elastische Durchbiegung pro 0.1 t: λ	Elasticitätsmodul: ϵ	Grenzmodul: γ	Arbeit an der Elasticitäts-grenze: α	Biegungsfestigkeit: β	Durchbiegung pro 1 t: $\frac{F'}{P}$	Deformationsarbeit: A
									während der Probe: s_p	bei 15% Wassergehalt: s_{15}							
1	2	3	Jahre	cm	6	7	cm	%	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1600	Südhang	156	47	83	5.4	5.7	20.2	38.6	37.6	0.0975	86.8	0.243	0.585	0.418	1.34	2.96
2			147	46	83	5.6	6.1	20.2	42.6	41.6	0.0887	96.1	0.261	0.635	0.503	1.36	4.39
Im Durchschnitte Verhältniszahl .			151 (100)	46.5 (100)	85 (100)	5.5 (100)	5.9 (100)	20.2 (100)	40.6 (100)	39.6 (100)	0.0931 (100)	91.4 (100)	0.252 (100)	0.610 (100)	0.460 (100)	1.35 (100)	3.67 (100)
3	1900	Südhang	210	43	106	8.2	8.8	19.8	41.2	40.2	0.1036	81.6	0.263	0.716	0.500	1.50	4.67
4			155	48	92	6.0	6.3	20.5	38.4	37.3	0.1139	74.1	0.263	0.792	0.464	2.23	7.11
Im Durchschnitte Verhältniszahl .			182 (120)	45.5 (98)	99 (116)	7.1 (129)	7.5 (127)	20.2 (100)	39.8 (98)	38.8 (98)	0.1088 (117)	77.9 (85)	0.263 (104)	0.754 (124)	0.482 (105)	1.86 (138)	5.89 (160)
5	1800	Westhang	312	43	190	13.9	15.6	18.2	40.8	40.1	0.0949	89.6	0.295	0.807	0.539	1.54	5.71
6			251	44	155	12.3	12.5	19.1	43.1	42.3	0.0936	90.3	0.298	0.843	0.514	1.58	5.45
Im Durchschnitte Verhältniszahl .			281 (117)	43.5 (94)	172 (128)	13.1 (150)	14.1 (151)	18.6 (92)	41.9 (103)	41.2 (104)	0.0942 (101)	89.9 (97)	0.296 (118)	0.825 (135)	0.526 (114)	1.56 (116)	5.58 (152)
7	1600	Westhang	150	40	90	5.9	6.5	18.7	40.2	39.5	0.0971	87.9	0.302	0.879	0.493	1.66	5.61
8			176	44	102	6.8	7.7	20.3	39.9	38.9	0.0940	90.0	0.254	0.604	0.490	1.62	4.81
Im Durchschnitte Verhältniszahl			163 (108)	42 (90)	96 (113)	6.4 (116)	7.1 (120)	19.5 (97)	40.1 (99)	39.2 (99)	0.0956 (103)	89.0 (97)	0.278 (110)	0.742 (122)	0.492 (107)	1.64 (121)	5.21 (142)
9	1600	Osthang	143	43	94	6.4	7.4	19.1	42.6	41.8	0.0798	105.6	0.263	0.553	0.545	1.75	7.55
10			145	43	82	5.8	5.6	19.3	45.0	44.2	0.0824	102.4	0.293	0.701	0.555	1.84	8.35
Im Durchschnitte Verhältniszahl			144 (95)	43 (92)	88 (104)	6.1 (111)	6.5 (110)	19.2 (95)	43.8 (108)	43.0 (109)	0.0811 (87)	104.0 (114)	0.278 (110)	0.627 (103)	0.550 (120)	1.79 (133)	7.95 (217)
11	1450	Nordhang	110	40	66	4.5	4.8	18.2	38.9	38.3	0.1077	79.7	0.226	0.544	0.471	1.93	5.69
12			116	40	61	4.4	5.1	18.3	37.7	37.1	0.0990	85.5	0.250	0.632	0.461	1.67	4.85
Im Durchschnitte Versuchsfläche .			113 (75)	40 (86)	63 (74)	4.4 (80)	5.0 (85)	18.3 (91)	38.3 (94)	37.7 (93)	0.1034 (111)	82.6 (90)	0.238 (94)	0.588 (96)	0.466 (101)	1.80 (133)	5.27 (144)
Mittel aus allen																	
	1660		172	43.4	100	7.1	7.7	19.3	40.7	39.9	0.0960	89.1	0.268	0.691	0.496	1.67	5.59

Biegeversuche.

v e r s u c h e				Nebige Biegeproben, auf Druckfestigkeit untersucht, ergaben										Bemerkungen	
g r e n z e				für den Wassergehalt von 15%								Druckfestigkeit pro 1 cm ² , reducirt auf den Wassergehalt und auf das spezifische Gewicht der Biegeproben			
Quotient aus Deformationsarbeit und Durchbiegung: $\alpha = \frac{A}{F}$	Volligkeitscoefficient nach Termejer: η	Biegezugfestigkeit, reducirt auf gleiche Volligkeit des Diagrammes t/cm^2	Verhältniszahl, wenn die Biegezugfestigkeit $\beta = 500 kg/cm^2$ mit 100 angesetzt wird	Specifisches Gewicht: s'_{15}		Druckfestigkeit pro cm ² = β'_{15}		Specifisches Gewicht: s'_{15}		Druckfestigkeit pro cm ² = β'_{15}					
				Prismen und Würfel	Platten	Prismen und Würfel	Platten	im Mittel							
100fach	t/cm^2	100fach	t/cm^2	27	28	29	30								
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
1-14	0.61	0.392	78	36.5	0.354	37.0	0.352	0.271	0.264	0.267	1.56				
1-40	0.62	0.485	97	42.6	0.378	40.8	0.375	0.275	0.289	0.282	1.78				
1-27 (100)	0.61 (100)	0.438 (100)	88	39.5	0.366	38.9	0.363	0.273	0.276	0.274	1.67				
1-36	0.61	0.471	94	38.9	0.360	39.8	0.345	0.286	0.263	0.275	1.82				
1-56	0.75	0.540	108	37.8	0.318	36.8	0.322	0.215	0.227	0.221	2.10				
1-46 (115)	0.68 (111)	0.506 (116)	101	38.3	0.339	38.3	0.333	0.250	0.245	0.248	1.96				
1-55	0.64	0.535	107	40.3	0.417	40.3	0.400	0.357	0.340	0.348	1.55				
1-48	0.64	0.512	102	41.3	0.354	41.9	0.382	0.289	0.312	0.300	1.71				
1-51 (119)	0.64 (105)	0.523 (120)	104	40.8	0.385	41.1	0.391	0.323	0.326	0.324	1.63				
1-51	0.69	0.522	104	40.2	0.369	40.6	0.408	0.296	0.330	0.313	1.57				
1-33	0.62	0.461	92	38.5	0.336	39.4	0.346	0.244	0.246	0.245	2.00				
1-42 (112)	0.66 (108)	0.492 (112)	98	39.4	0.353	40.0	0.377	0.270	0.288	0.279	1.78				
1-74	0.72	0.607	121	42.8	0.398	42.8	0.431	0.315	0.347	0.331	1.64				
1-79	0.72	0.620	124	44.2	0.386	44.0	0.413	0.309	0.338	0.323	1.71				
1-76 (139)	0.72 (118)	0.613 (140)	123	43.5	0.392	43.4	0.422	0.312	0.343	0.327	1.67				
1-41	0.68	0.490	98	37.0	0.354	37.5	0.333	0.309	0.283	0.296	1.59				
1-33	0.64	0.458	92	35.9	0.339	36.2	0.328	0.291	0.276	0.283	1.63				
1-37 (108)	0.66 (108)	0.474 (108)	95	36.6	0.347	36.8	0.330	0.300	0.280	0.289	1.61				

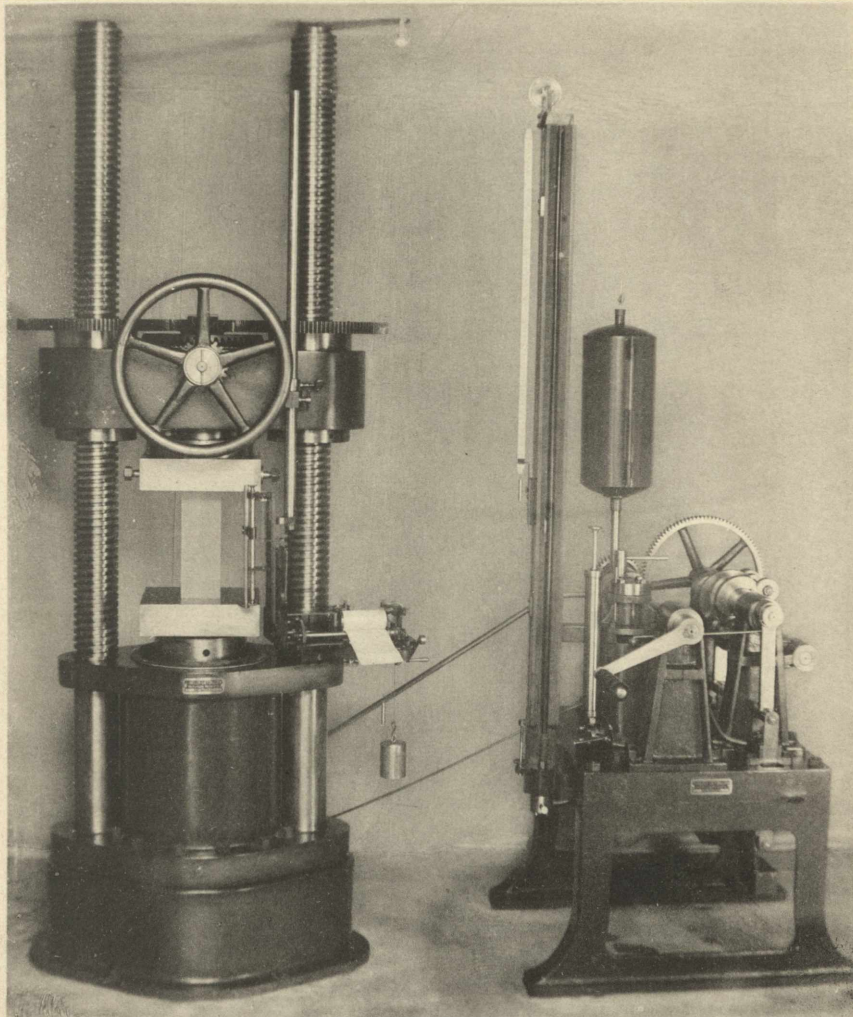
Die Zahlen bezeichnen die grössten Werthe, die mit Cursiv-Lettern gedruckten die kleinsten.
Die eingeklammerten Ziffern sind Verhältniszahlen, wobei das Mittel aus Stamm 1 und 2 = 100 gesetzt wurde.
Die Reduction des specifischen Gewichtes für den Feuchtigkeitsgehalt von 15% erfolgte in Colonne 11 nach der Formel:
 $s_{15} = s_{\varphi} - 0.2 \cdot \varphi + 3$
Die Reduction der Druckfestigkeit auf den Wassergehalt (φ) und das specifische Gewicht (s_{15}) der Biegeproben wurde in Colonne 27 und 28 nach der Formel:
 $\beta_{\varphi} = \frac{\beta'_{15} \times s_{15}}{s'_{15}} - 18\varphi + 270$
vorgenommen, wobei β'_{15} und s'_{15} sich auf die aus den Biegestäben gefertigten Druckproben beziehen.

12 S t ä m m e n.

1:46	0.66	0.508	101	39.7	0.364	39.7	0.369	0.288	0.293	0.290	1.72		
------	------	-------	-----	------	-------	------	-------	-------	-------	-------	------	--	--



Tafel I.



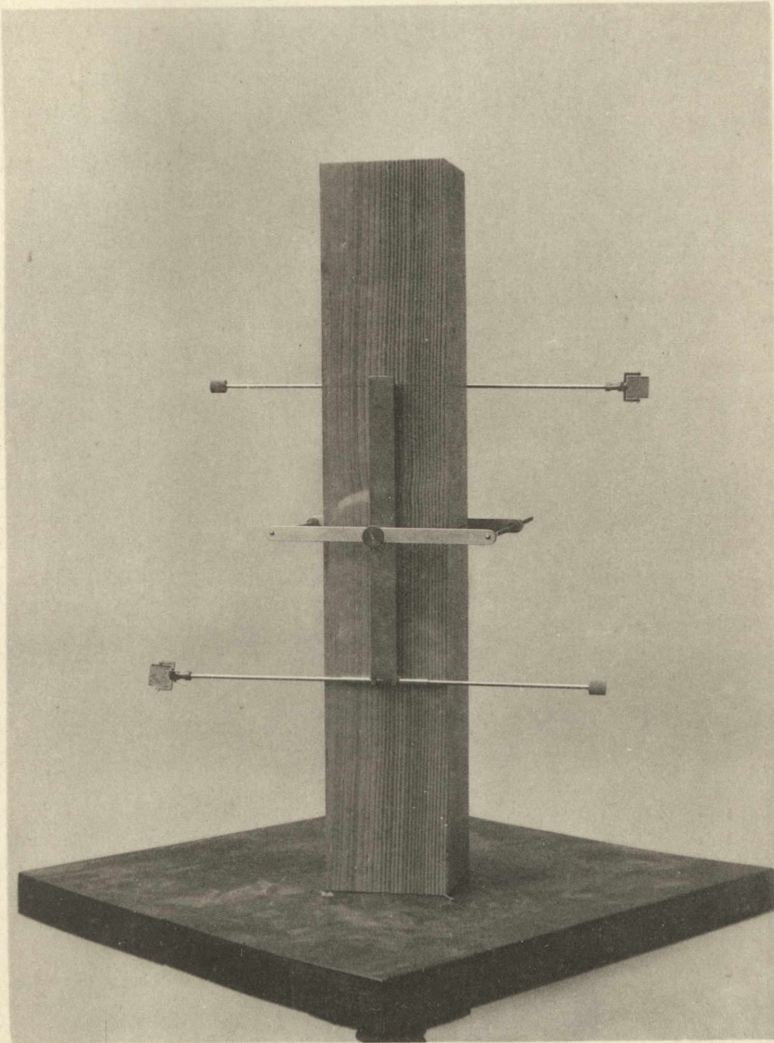
Materialprüfungsmaschine von Amsler-Laffon & Sohn.

Maximalbeanspruchung 130.000 Kg.

$\frac{1}{20}$ nat. Grösse.

Lichtdruck von J. Löwy, Wien.

Tafel II.



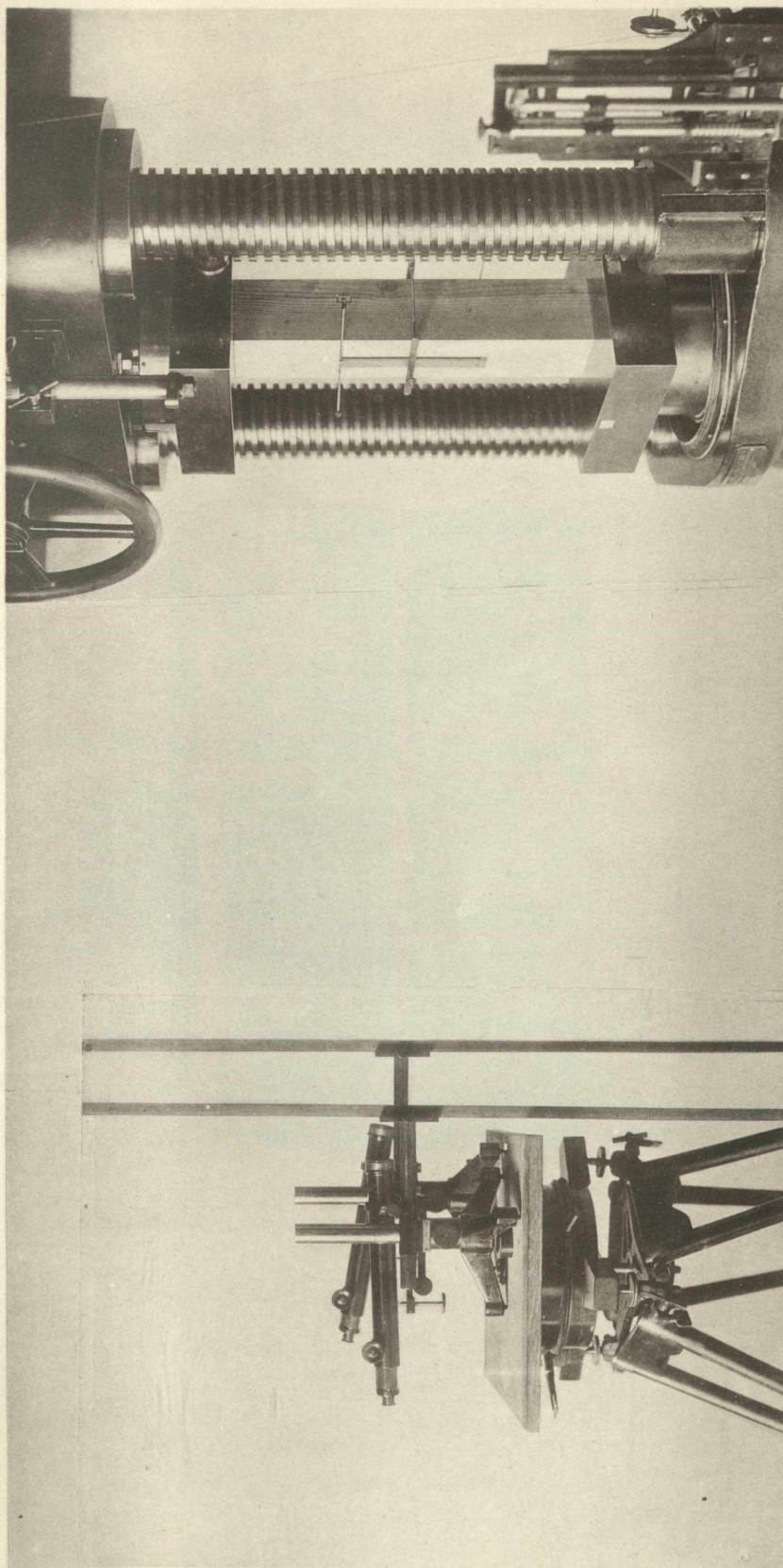
Prof. Martens'scher Spiegel - Apparat.

$\frac{1}{4}$ nat. Grösse.

Lichtdruck von J. Löwy, Wien,

Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs. XXV. Heft.

Tafel IIa.

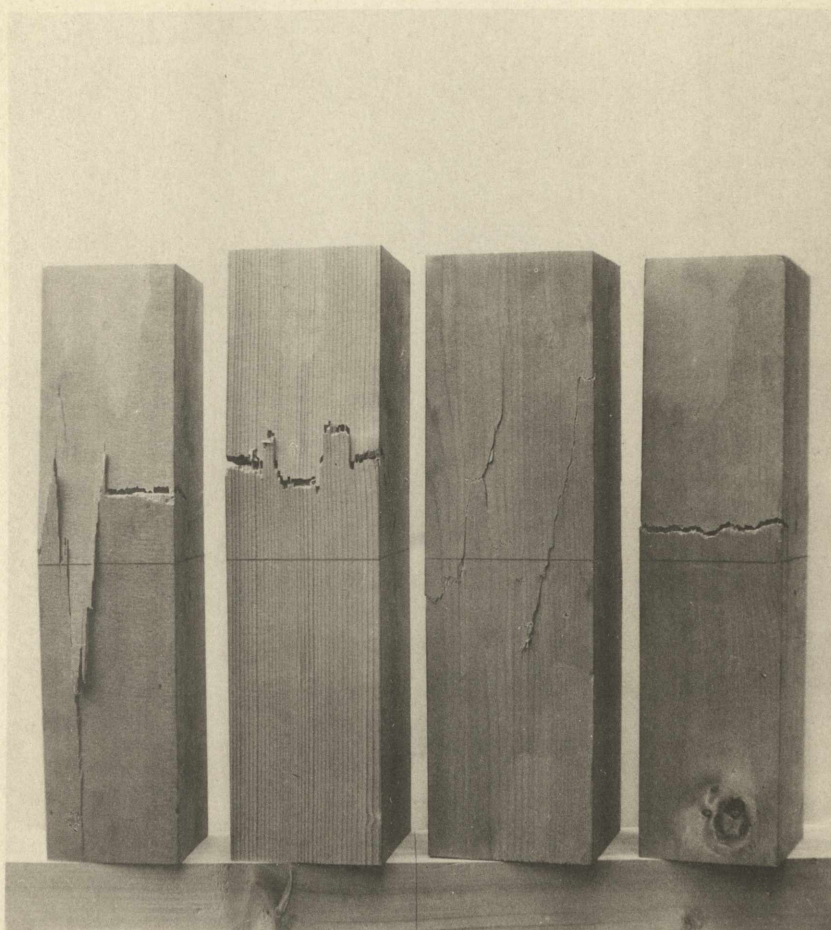


Martens'scher Spiegelapparat mit den Beobachtungsfernrohren.

$\frac{1}{10}$ natürl. Grösse.

Lichtdruck von J. Löwy, Wien.

Tafel III.



g.-s. = glattsplittig.

z = zackig.

s = splittig.

g = glatt.

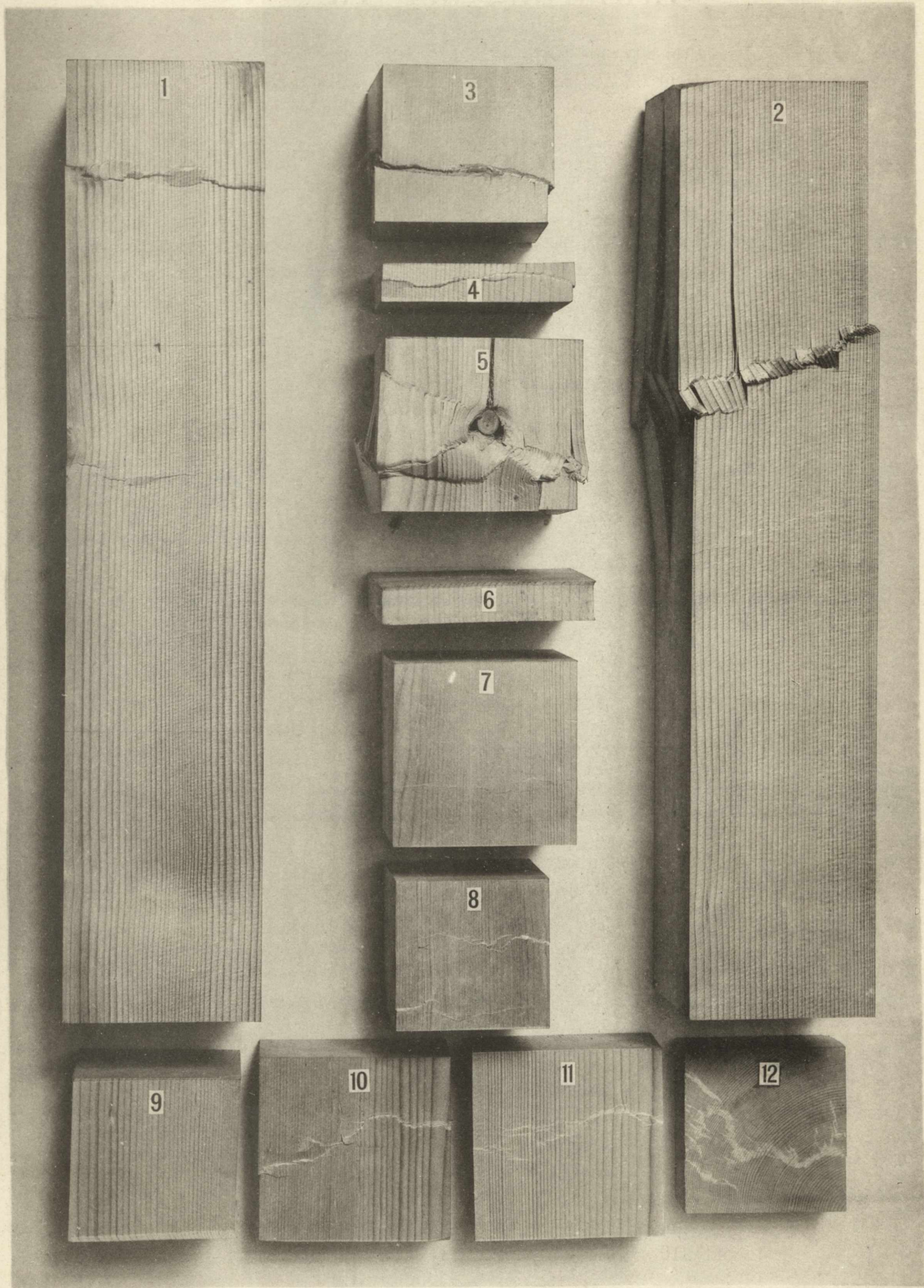
Typische Bruchformen

an Balken, welche durch eine in der Mitte concentrirte Einzellast auf Biegung beansprucht wurden.

Lichtdruck von J. Löwy, Wien.

Erklärung der Tafel IV.

1. Prisma vom Probestamme Nr. 12 mit 105.2 cm^2 Druckfläche und 50 cm Höhe; spezifisches Gewicht 36.2 , Druckfestigkeit 280 kg/cm^2 . Bruch gleichzeitig an zwei verschiedenen Stellen auftretend, an Astknoten beginnend. Höhenverminderung 2.6 mm .
2. Prisma vom Stamme Nr. 10. Querfläche 99.4 cm^2 , Höhe 50 cm , spezifisches Gewicht 46.6 , Druckfestigkeit 320 kg/cm^2 . Bruch durch einen starken Hornast. Bei fortdauernder Druckwirkung Verschiebung des oberhalb der Bruchstelle liegenden Drittels um 5 mm von der Axe seitlich. Probekörper spaltet sich an der Bruchstelle auf. Höhenverminderung 8.4 mm .
3. Würfel vom Probestamme Nr. 5, sehr engringiges Holz, ohne äusserlich sichtbare Fehlerstelle. Querfläche 82.8 cm^2 , Höhe 9.14 cm ; spezifisches Gewicht 40.1 , Druckfestigkeit 400 kg/cm^2 . Bruch fast in einer Ebene. Nach fortgesetzter Druckwirkung wird der untere Theil um 3 mm von der Axe abgelenkt und gleichzeitig verdreht. Höhenverminderung 8.8 mm .
4. Platte vom Probestamme Nr. 2. Querfläche 101 cm^2 , Höhe 2.5 cm , spezifisches Gewicht 37.5 , Druckfestigkeit 354 kg/cm^2 ; ohne äusserlich sichtbare Fehlerstelle. Bruch mitten durchgehend; bei fortgesetzter Druckwirkung werden die beiden Bruchhälften um 1 mm verschoben. Höhenverminderung 4.4 mm .
5. Würfel vom Stamme Nr. 10. Druckfläche 103.6 cm^2 , Höhe 10.25 cm , spezifisches Gewicht 47.0 , Druckfestigkeit 342 kg/cm^2 . Bruch durch einen Hornast; länger fortgesetzte Druckwirkung spaltet den Probekörper am Aste auf, seitlich wird ein keilförmiger Holzkörper herausgepresst. Höhenverminderung 13.1 mm .
6. Platte vom Stamme Nr. 9. Querfläche 125.4 cm^2 , Höhe 2.48 cm , spezifisches Gewicht 42.0 , Druckfestigkeit 384 kg/cm^2 . Fehlerfreies Holz. Bruch durch Umstülpen (Stauchern) der Fasern an den Kanten der beiden Druckflächen. Höhenverminderung 4.6 mm .
7. Würfel aus Stamm Nr. 5. Querfläche 94.8 cm^2 , Höhe 9.78 cm , spezifisches Gewicht 39.3 , Druckfestigkeit 389 kg/cm^2 . Bruch durch ein kleines Astauge, — im Entstehen begriffen; Druckwirkung im Momente des Eintrittes des Bruches sofort abgestellt. Höhenverminderung 1.5 mm .
8. Würfel vom Probestamme Nr. 6. Querfläche 67.1 cm^2 , Höhe 8.20 cm , spezifisches Gewicht 41.9 , Druckfestigkeit 379 kg/cm^2 . Sehr engringiges Holz. Bruch gleichzeitig in zwei verschiedenen Ebenen auftretend. Höhenverminderung 3 mm .
9. Würfel vom Stamme Nr. 12. Druckfläche 77.4 cm^2 , Höhe 8.86 cm , spezifisches Gewicht 35.6 , Druckfestigkeit 348 kg/cm^2 . Fehlerfreies Holz, daher Bruch nur durch Stauchen der Kanten an der unteren Druckfläche. Höhenverminderung 5.5 mm .
10. Würfel vom Stamme Nr. 4. Druckfläche 105.9 cm^2 , Höhe 10.29 cm , spezifisches Gewicht 37.9 . Höhenverminderung nach dem Bruche um 2.2 mm . Aeussere Ansicht des Bruches auf der freien Bewegungsfläche.
11. Längsschnitt durch denselben Würfel wie unter 10, um den Bruch im Innern des Holzkörpers zu veranschaulichen.
12. Würfel vom Stamme Nr. 3. Querfläche 78.8 cm^2 , Höhe 8.89 cm , spezifisches Gewicht 39.7 , Druckfestigkeit 310 kg/cm^2 . Querschnitt durch die Bruchebene.



Brucherscheinungen

an Prismen, Würfeln und Platten bei Inanspruchnahme durch Druck parallel zur Faser.

Maßstab 1 : 5.

Fig. 2

Querschnitt c—d
und
Ansicht von der Seite r aus

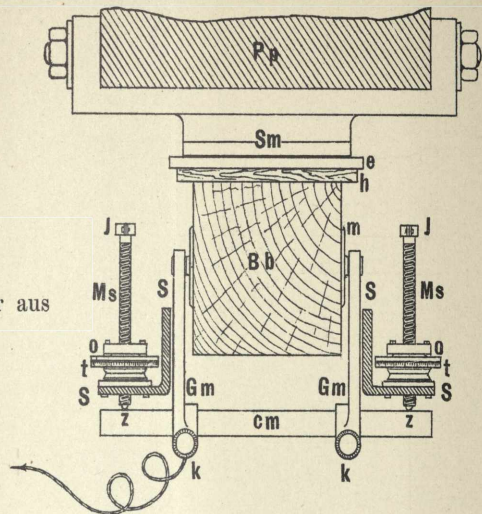


Fig. 3.

Querschnitt a—b
und
Ansicht von der Seite l aus

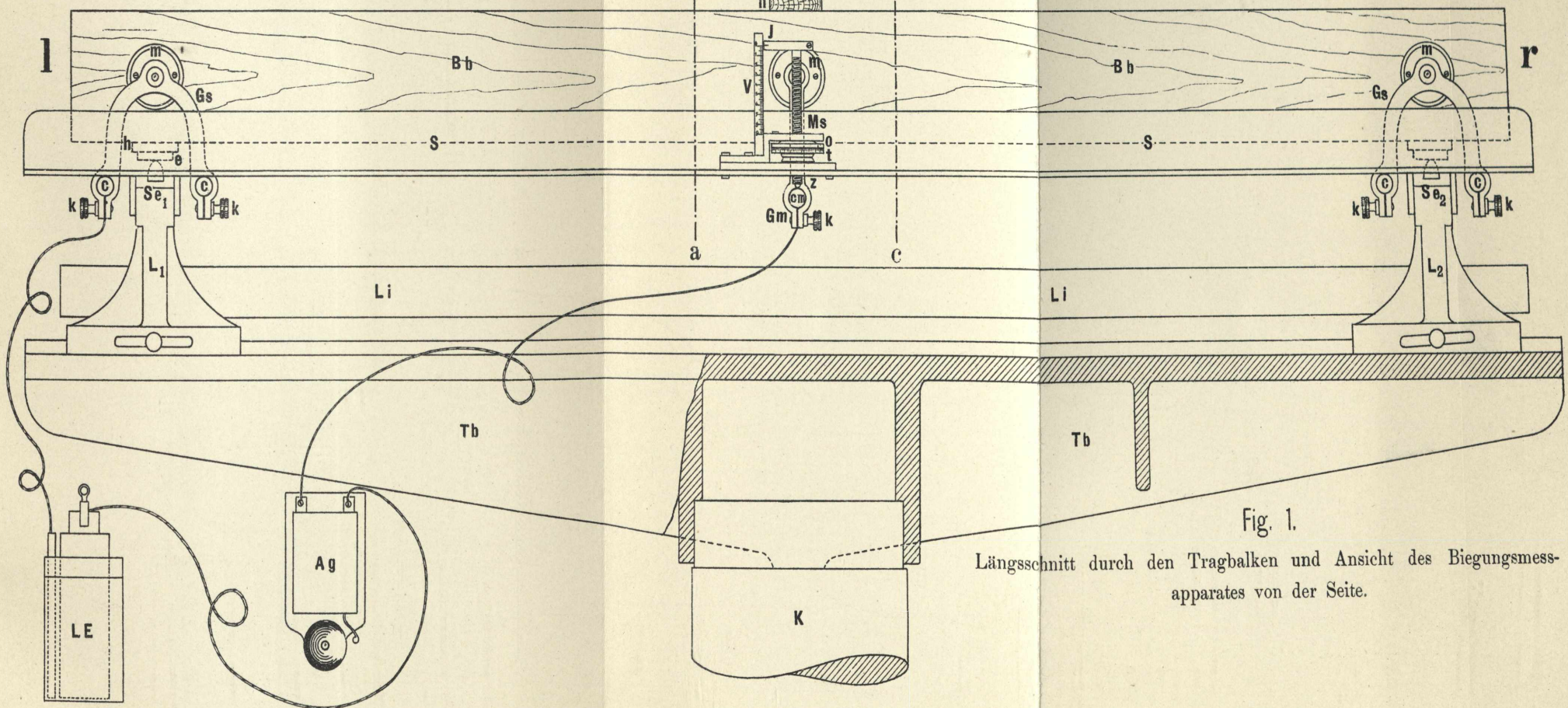
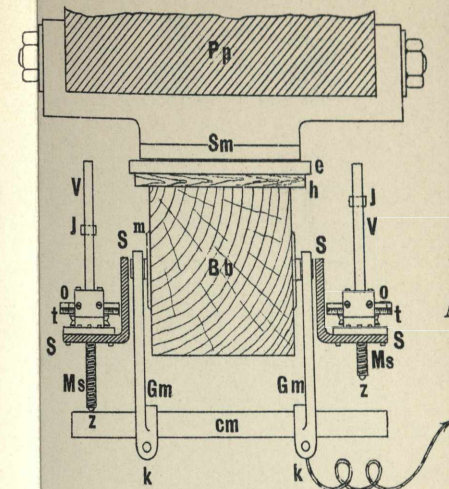


Fig. 1.

Längsschnitt durch den Tragbalken und Ansicht des Biegemess-
apparates von der Seite.

Biegevorrichtung und Apparat zur mikrometrischen Messung der Einsenkung.

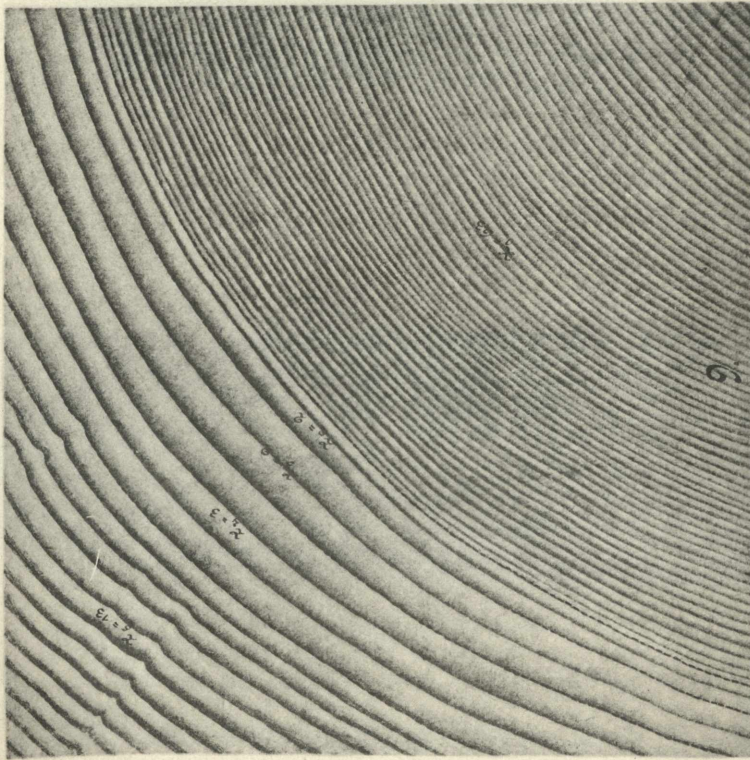


Fig. 1.

Ermittlung der Jahrringlänge auf Balkenquerschnitten.

Copie nach Naturselbstdrücken.

l = Jahrringlänge pro 1 cm² Querfläche = 5.68 cm.
 b = Jahrringdicke = 5.82
 b = durchschnittliche Jahrringbreite = 0.172 cm.

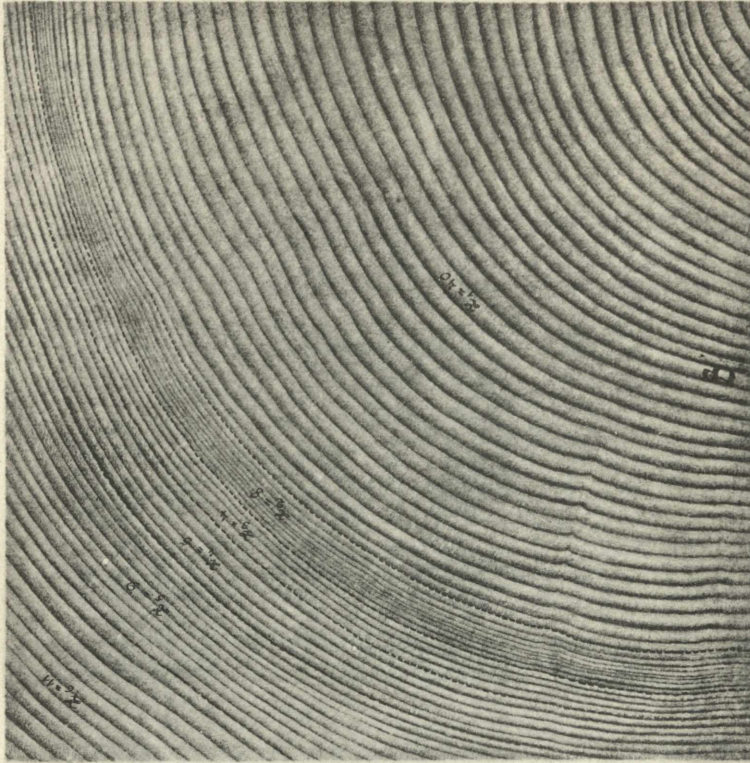


Fig. 2.

l = Jahrringlänge pro 1 cm² Querfläche = 6.40 cm.
 b = Jahrringdicke = 5.39
 b = durchschnittliche Jahrringbreite = 0.185 cm.





Fig. 1.



Fig. 2.

Veränderung der Querschnittsform eines Würfels

durch Druck senkrecht zur Faser.

Copie nach Naturselbstdrücken.

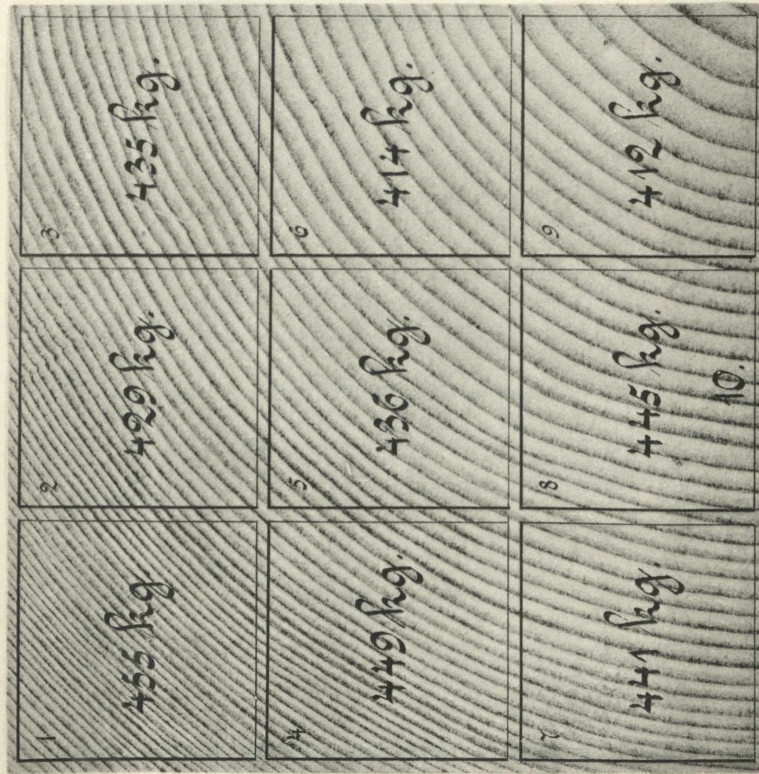


Fig. 1.

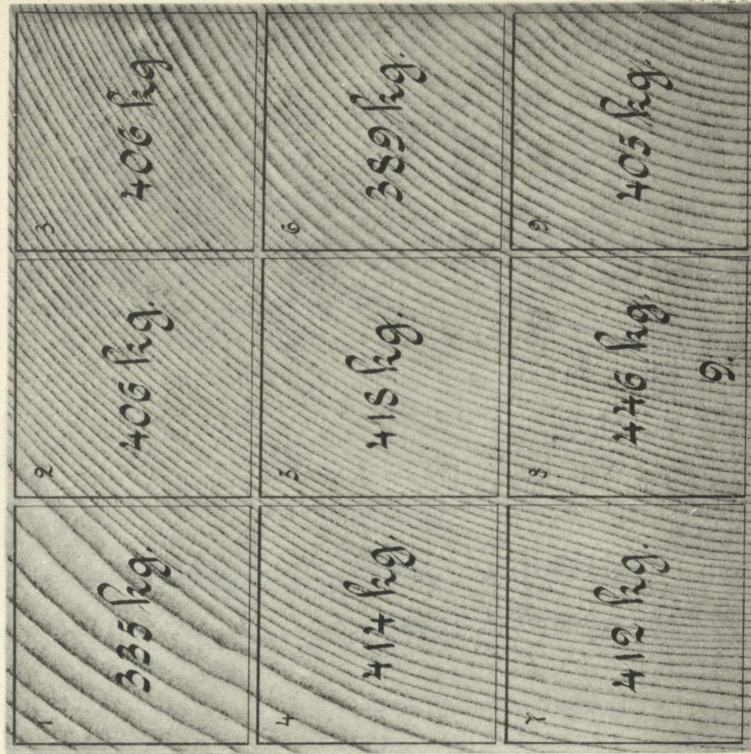
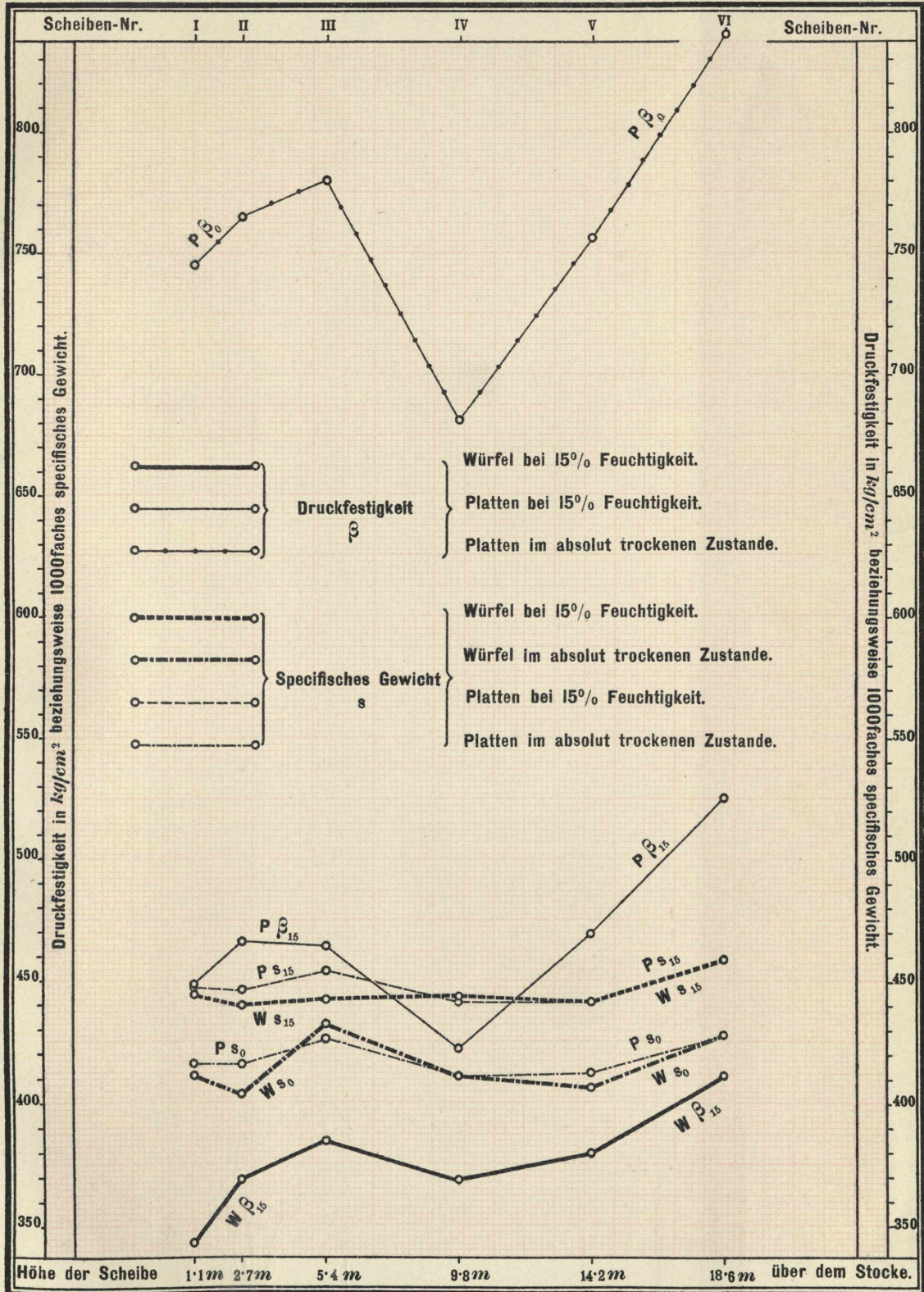


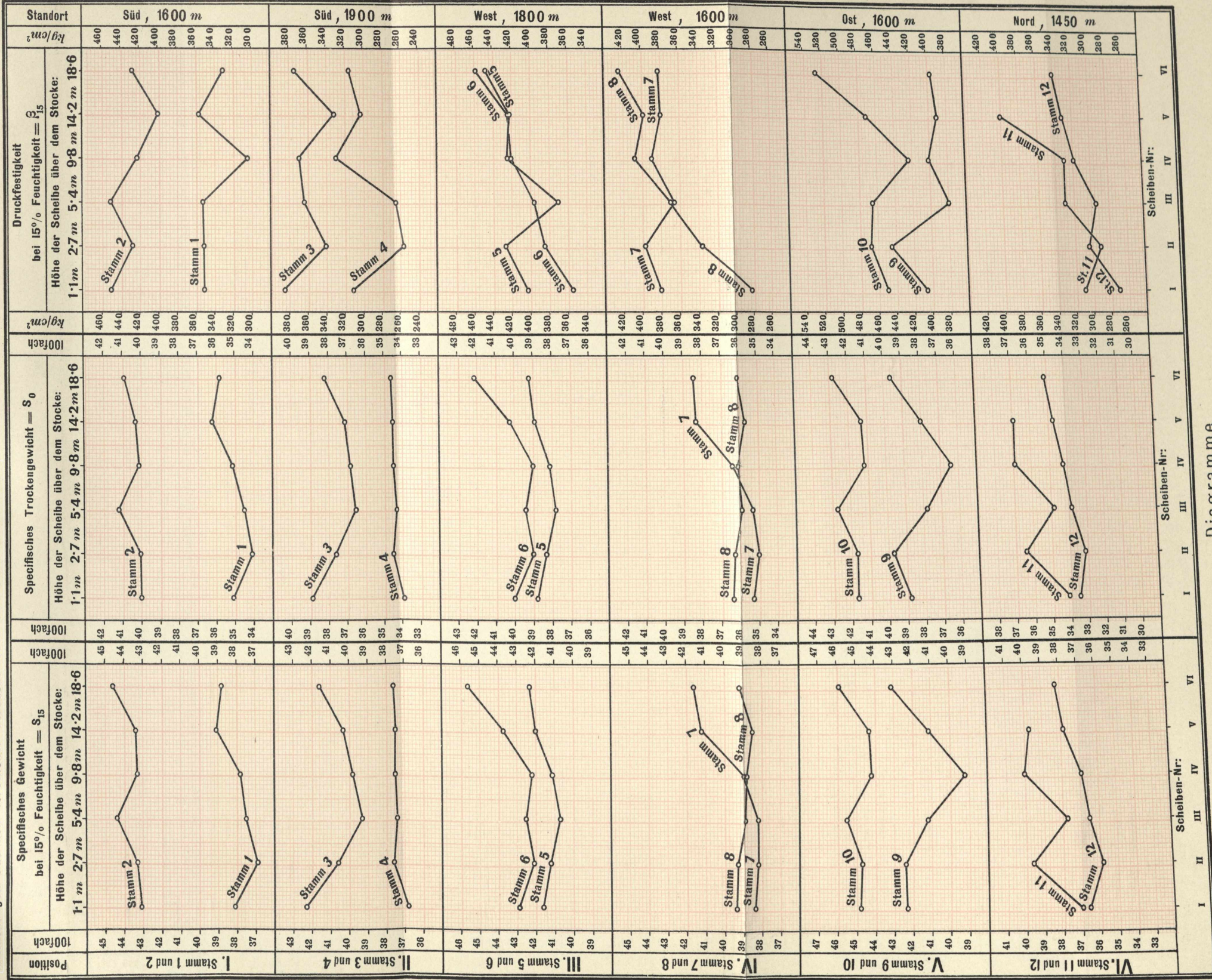
Fig. 2.

Vertheilung der Druckfestigkeit auf der Querfläche.

Copie nach Naturselbstdrücken.

Lichtdruck von J. Löwy, Wien.

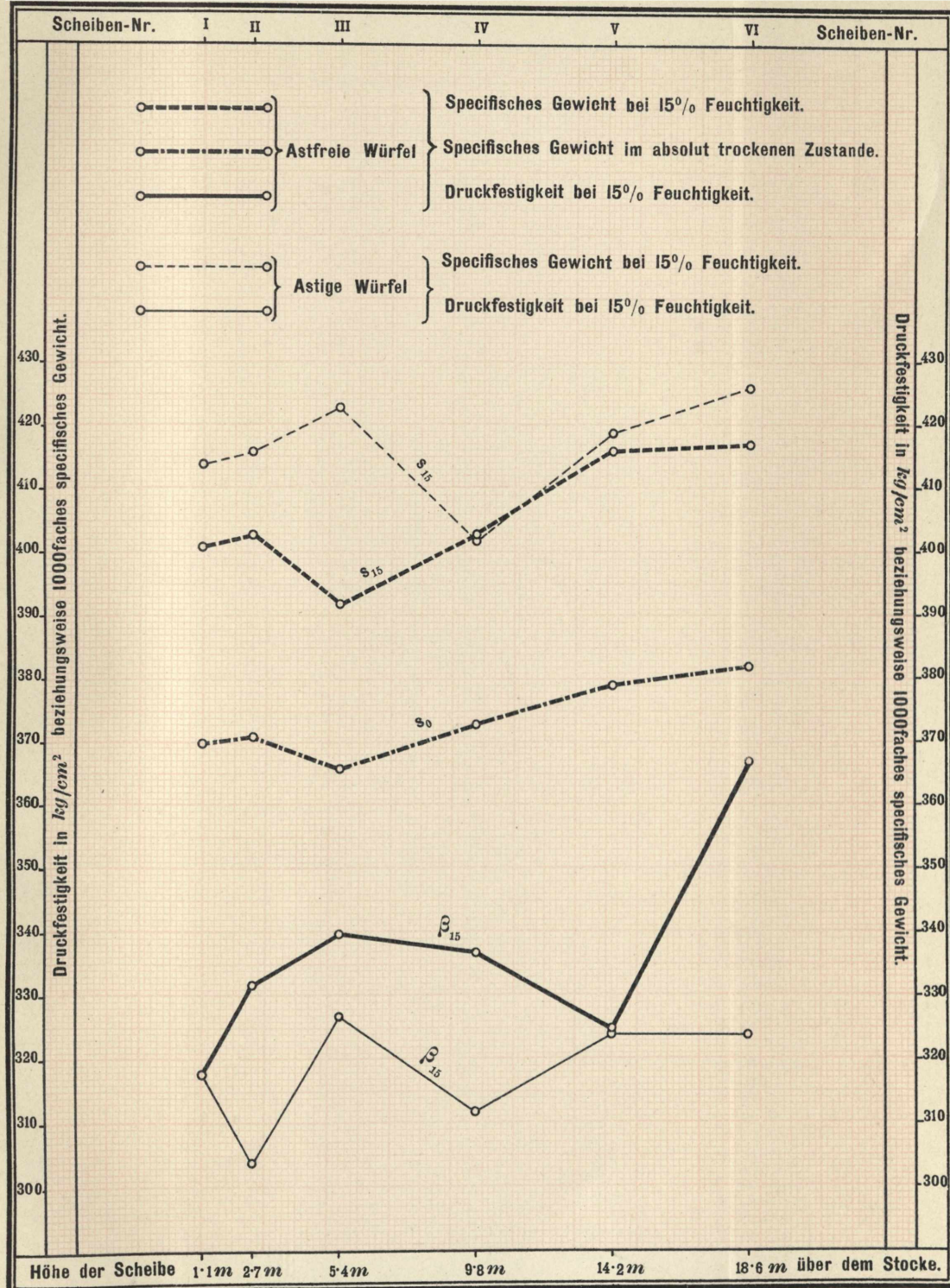




Diagramme

über den Verlauf des spezifischen Gewichtes und der Druckfestigkeit am Einzelstamme.
(An plattenförmigen Holzproben ermittelt.)



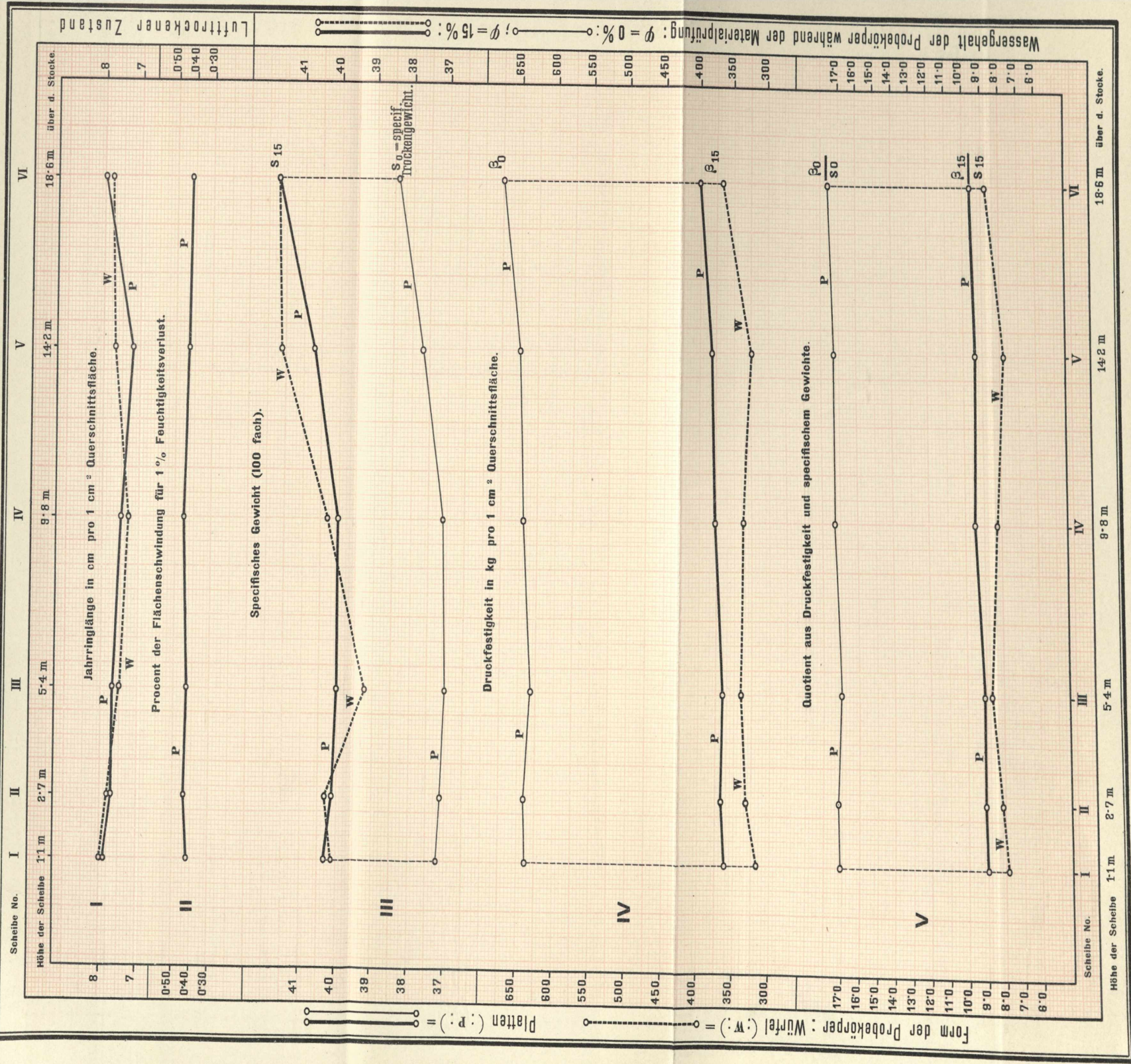


Diagramme

über die Beziehungen zwischen spezifischem Gewichte und Druckfestigkeit **astfreier** und **astiger** Holzproben in verschiedenen Stammhöhen.

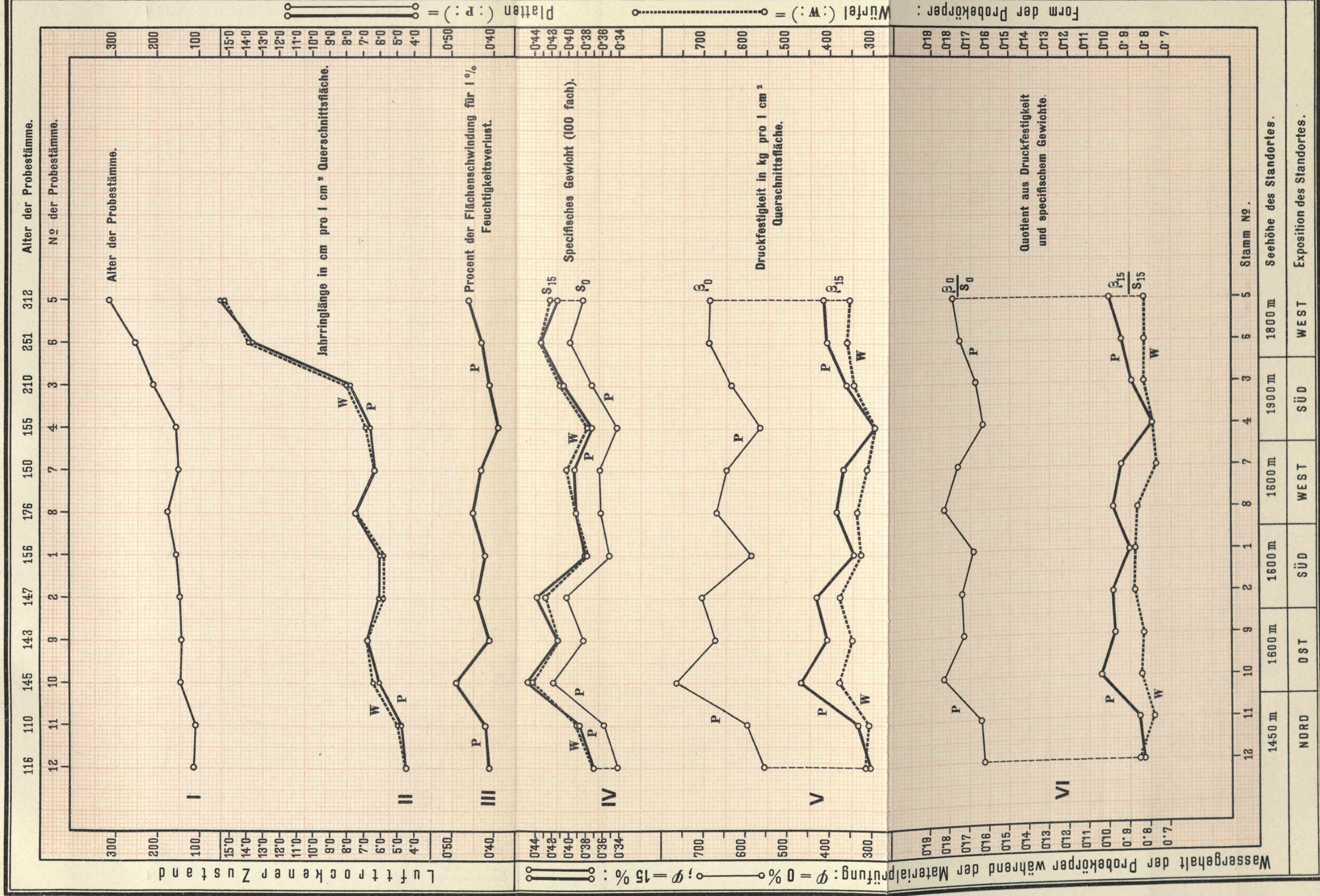
(Mittel aus 12 Stämmen.)

1



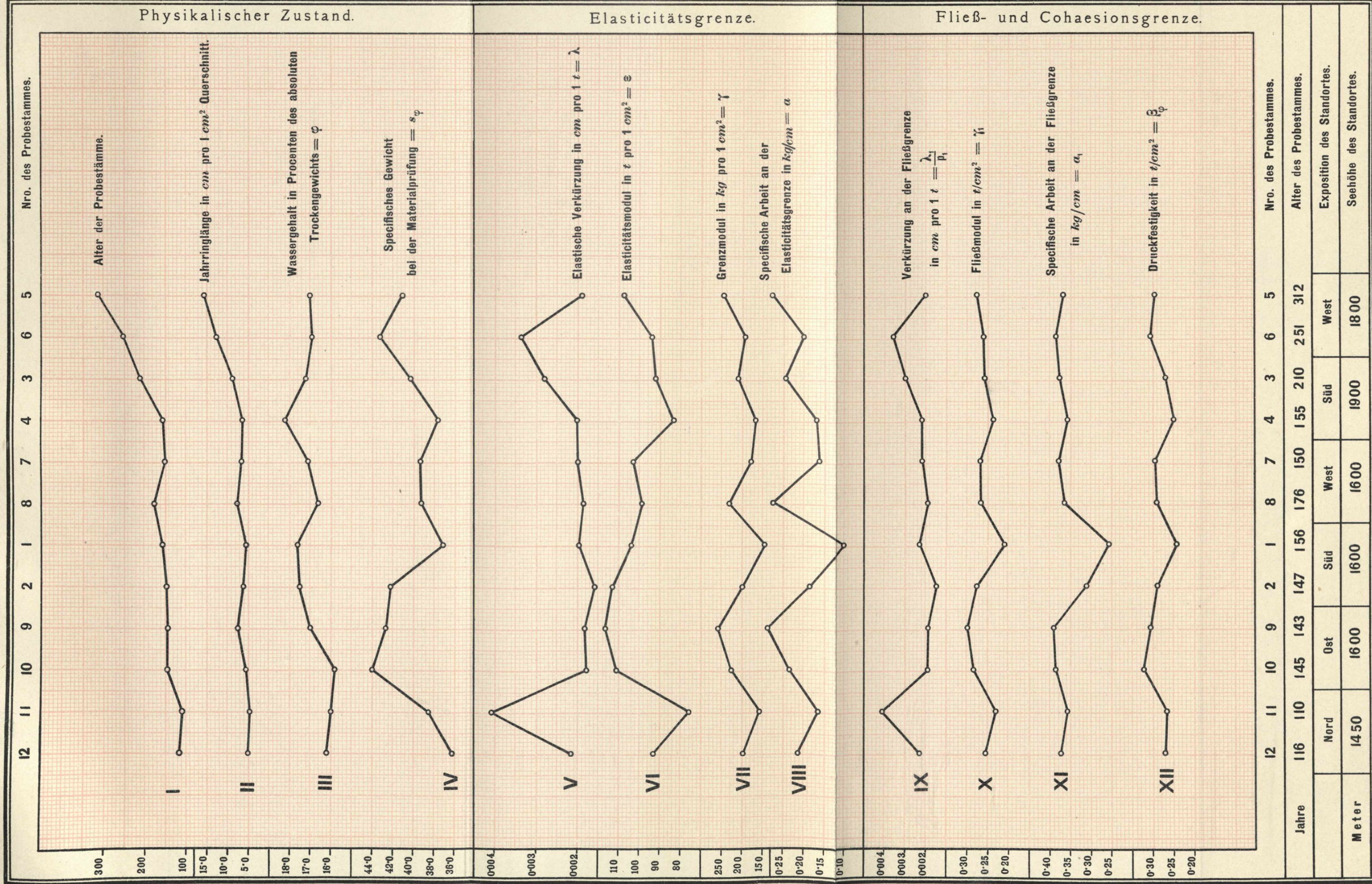
Diagramme

über die Beziehungen zwischen der Höhenlage der Probe im Stamme, dem physikalischen Zustande und der Druckfestigkeit des Holzkörpers, untersucht an astfreien Platten und Würfeln.
(Mittel von 12 Stämmen.)



Diagramme

über die Beziehungen zwischen Jahrringdichte, Flächenschwindung, spezifischem Gewichte und Druckfestigkeit, untersucht an astfreien Platten und Würfeln, welche aus Probestämmen von verschiedenem Alter und verschiedenen Standorten entnommen wurden.



Diagramme

über die Beziehungen zwischen dem physikalischen Zustande des Holzkörpers und den Coëfficienten der Druck-Elasticität und -Festigkeit, untersucht an Prismen von $500 mm$ Länge und circa $100 cm^2$ Querschnitt.

Tafeln XV—XVIII.

Biegungs-Diagramme

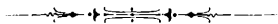
Untersuchung über die Elasticität und Festigkeit

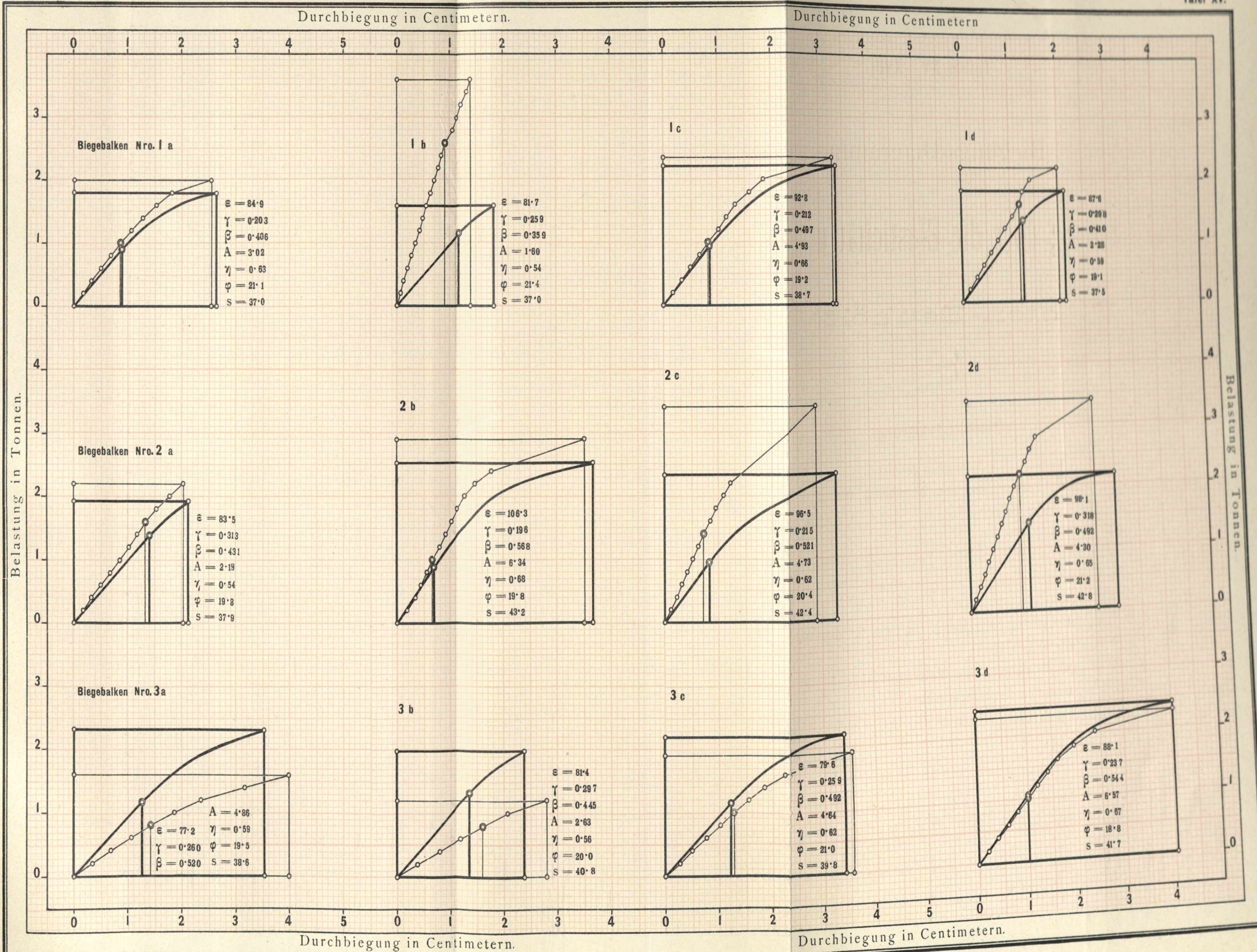
VON

Fichten-Bauhölzern.

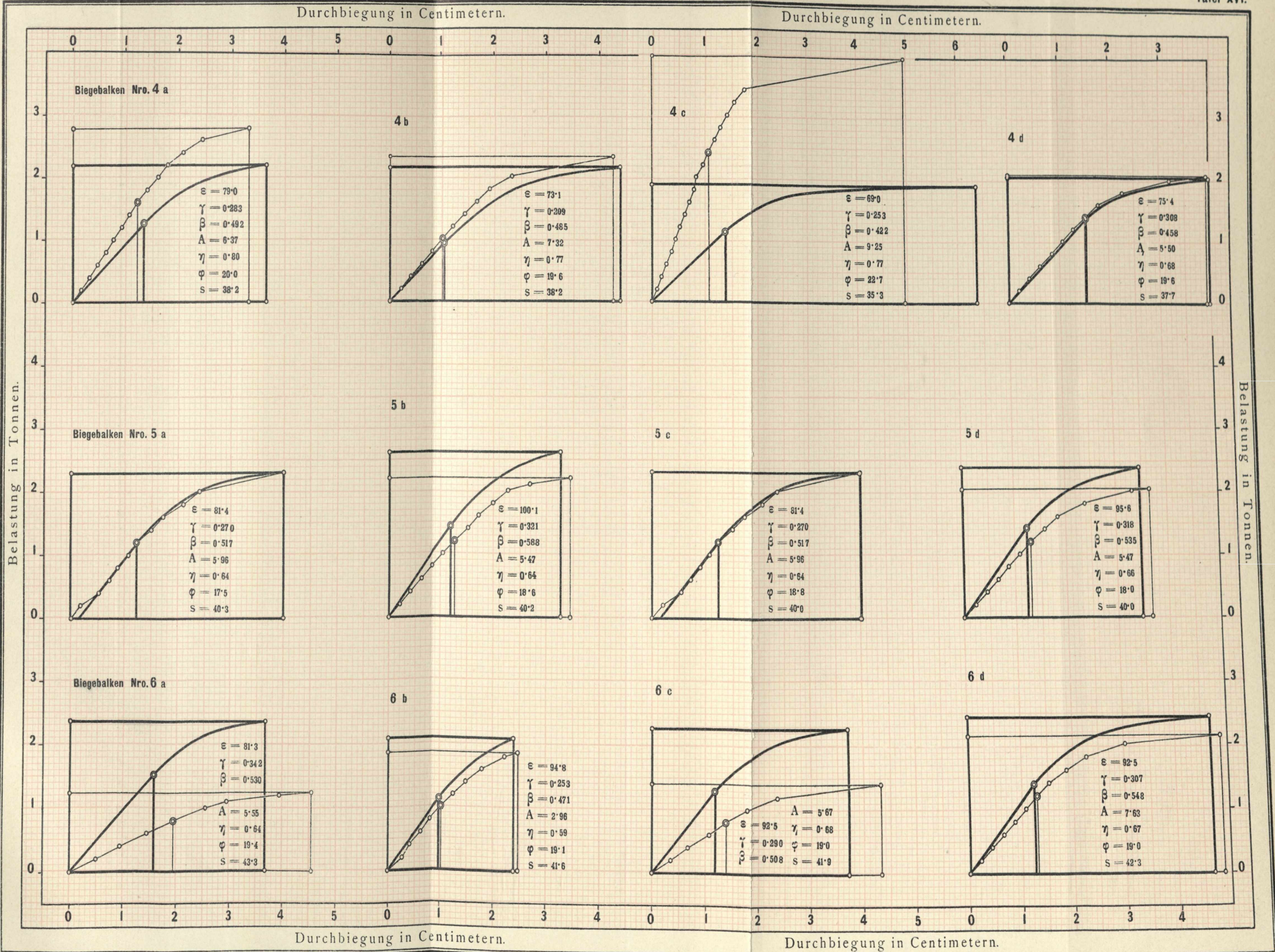
Zeichen-Erklärung.

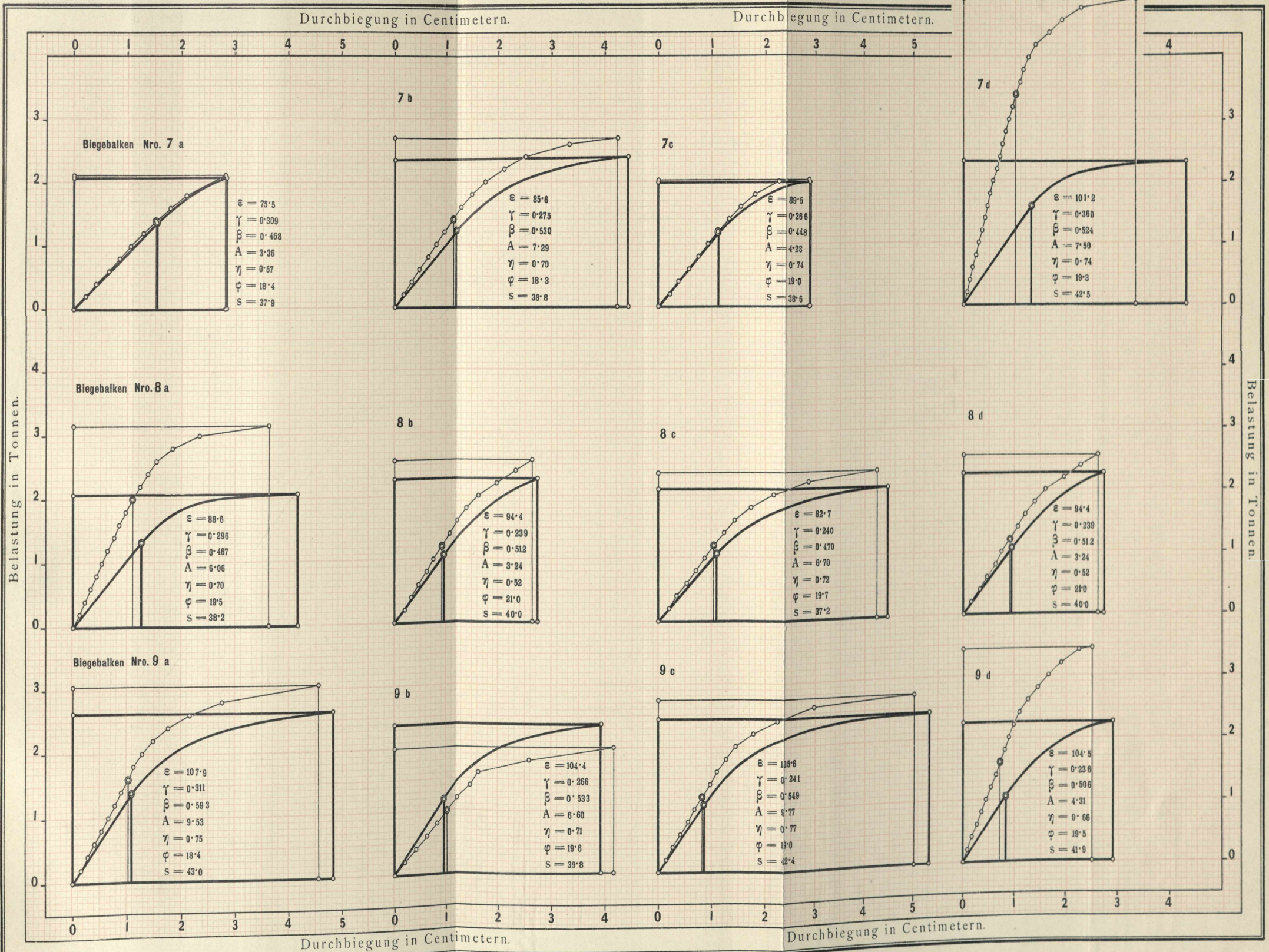
- Diagramm nach dem Versuchsergebnisse.
- — Diagramm, reducirt auf den Normalstab von 10×10 cm Querschnitt bei 1·50 m Stützweite.
- = Elasticitätsgrenze.
- ϵ = Elasticitätsmodul in t/cm^2 .
- γ = Grenzmodul in t/cm^2 .
- β = Biegungsfestigkeit in t/cm^2 .
- A** = Deformationsarbeit beim Bruche in t/cm für den Normalstab.
- η = Völligkeitscoëfficient.
- φ = Wassergehalt während der Materialprüfung, ausgedrückt in Procenten des absoluten Trockengewichtes.
- s** = Specifisches Gewicht (100fach) für den Feuchtigkeitsgehalt von 15⁰ o.

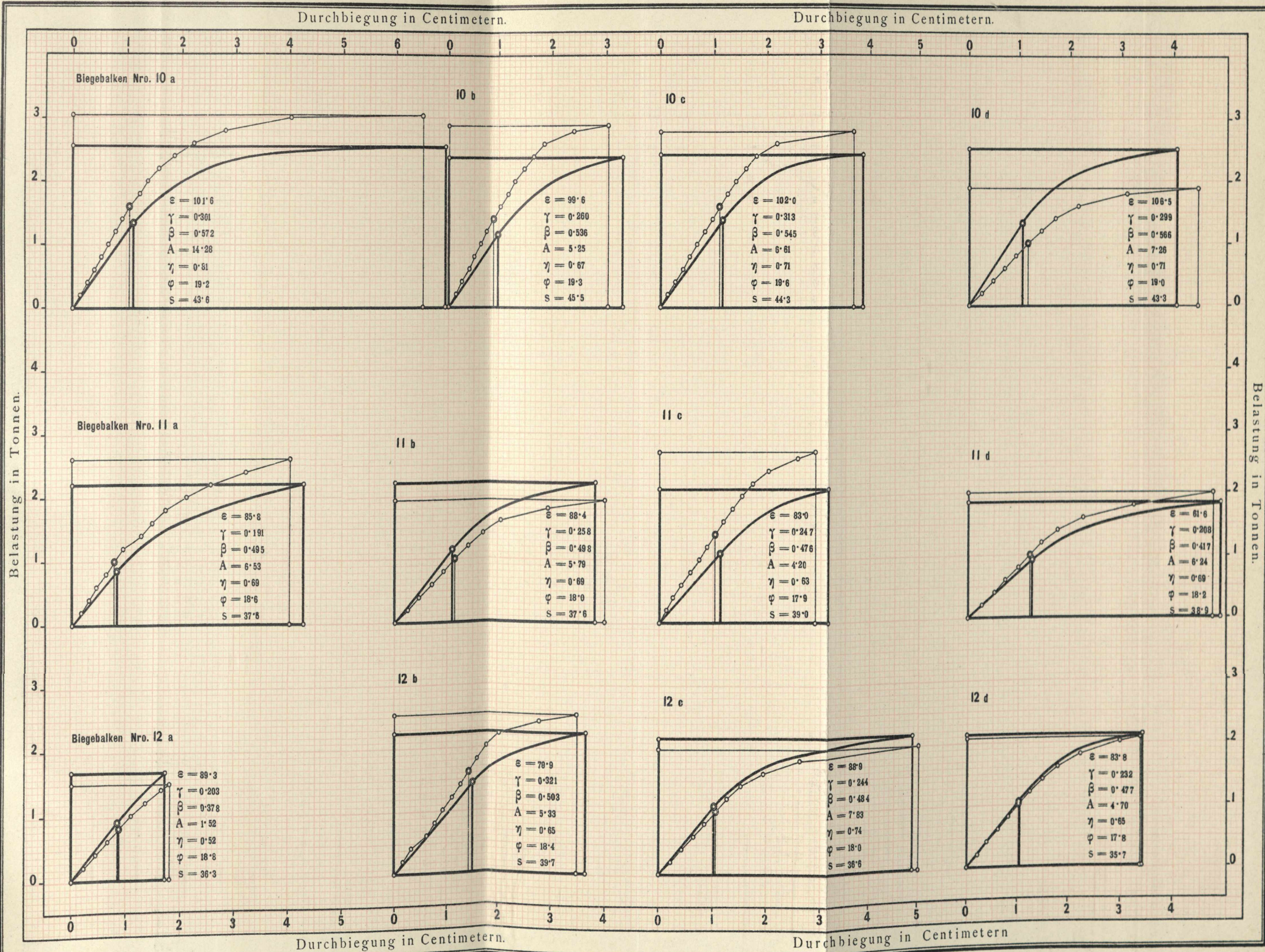




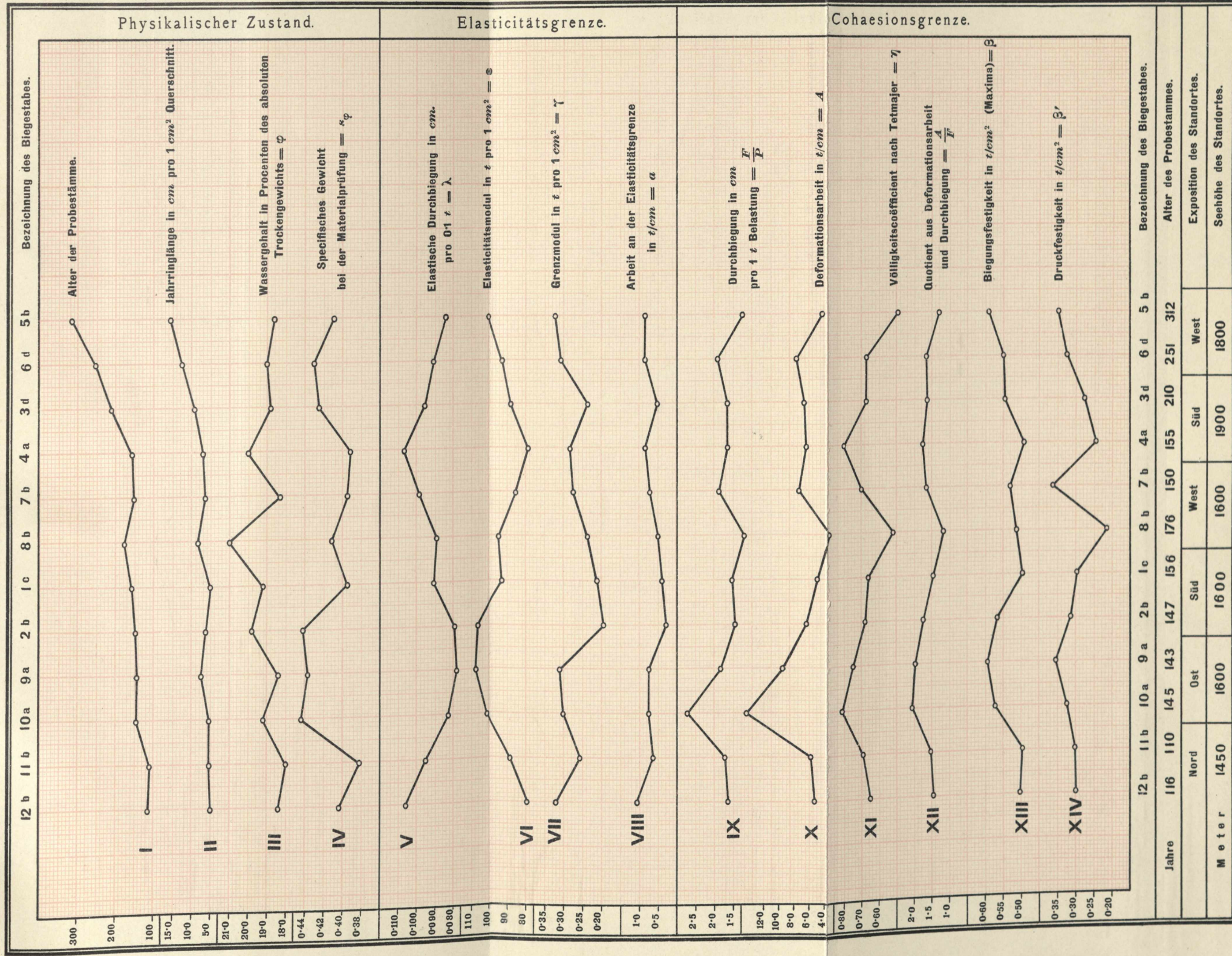








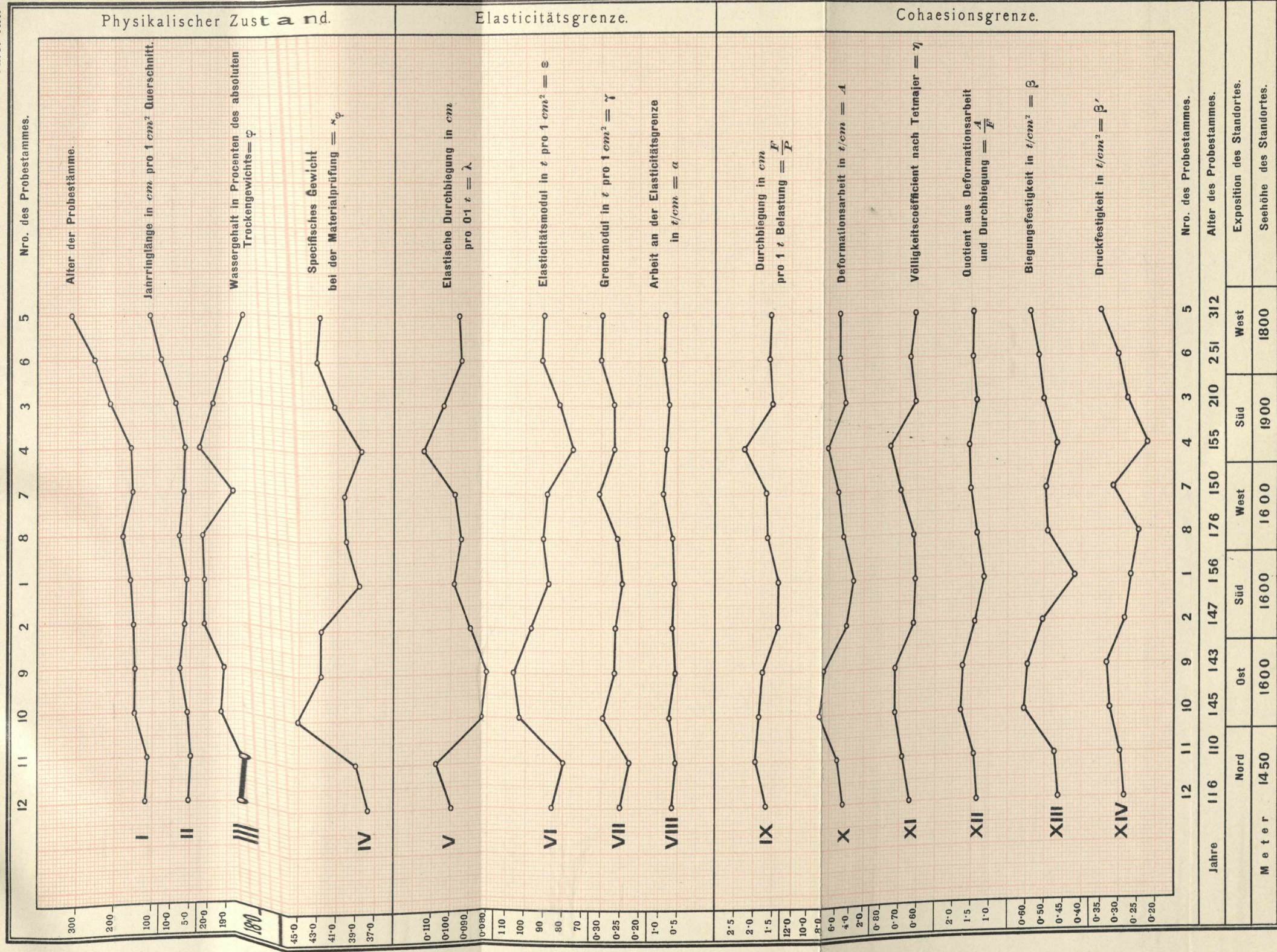




über die gegenseitigen Beziehungen der Coefficienten der Biegezugfestigkeit, ihr Verhältnis zur Druckfestigkeit und zum physikalischen Zustande des Holzkörpers, untersucht an Balken von $1.7 m$ Länge bei $1.5 m$ Stützweite, reducirt auf den Normalquerschnitt von $10 \times 10 cm$.

(a. Pro Stamm der jeweilig die grösste Biegezugfestigkeit aufweisende Probekörper.)





Diagramme

über die gegenseitigen Beziehungen der Coefficienten der Biegezugfestigkeit, ihr Verhältnis zur Druckfestigkeit und zum physikalischen Zustande des Holzkörpers, untersucht an Balken von $1.7 m$ Länge bei $1.5 m$ Stützweite, reducirt auf den Normalquerschnitt $10 \times 10 cm$.

(b. Mittel aus je 4 Probekörpern pro Stamm.)