

Ueber die Festigkeit des Schwarzföhrenholzes.

Nach Untersuchungen von

H. Gollner¹⁾,

o. ö. Professor der k. k. deutschen technischen Hochschule zu Prag.

428

(Mit Tafel XVI—XVII.)

Die Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit der Hölzer im Allgemeinen gehören zu den schwierigsten Arbeiten mit der Festigkeitsmaschine. Zunächst sind es zwei Eigenthümlichkeiten der Hölzer, nämlich ihre Inhomogenität und stete Veränderlichkeit, welche die Durchführung der angedeuteten Experimente in jeder Phase bis zum Abschlusse erschweren und in einzelnen Fällen schon bei der Feststellung der Formen der Probematerialien fühlbar werden. Wenn zunächst die Inhomogenität der genannten Materialien die Genauigkeit der Untersuchung der Elasticitätsverhältnisse sehr ungünstig beeinflusst und die gleichzeitige Beobachtung einer grösseren Anzahl von Materialfasern erfordert, worin die Quelle grosser und zuweilen ganz unüberwindlicher Schwierigkeiten gelegen, wenn dieselbe Eigenschaft der Holzmaterialien zu ganz anormalen, unerwarteten Lagen und Formen der Bruchlinien führt, ja zuweilen die Durchführung einer bestimmten Versuchsart unmöglich macht, nachdem plötzlich eine andere als die zu untersuchende Festigkeit überwunden erscheint, wie dies bei Zug-, Biegungs- und Torsionsversuchen beobachtet werden konnte, während welchen nicht selten die Abscheer- oder Schubfestigkeit unerwartet erreicht wurde; wenn endlich die Inhomogenität der Holzmaterialien diverse Messungen nach erreichter Bruchgrenze kaum genau durchführen lassen, so liegt wieder in der steten Veränderlichkeit der Hölzer eine Summe von Störungen für die exacte Durchführung der fünf charakteristischen Festigkeitsproben (Zug, Druck, Biegung, Torsion und Schub), wie sie eben nur insbesondere für Metalle und selbst für Baumaterialien edlerer Sorten im Allgemeinen möglich erscheint.

Die beiden genannten Eigenschaften im Zusammenhange und in ihrer unvermeidlichen Wechselwirkung verhindern geradezu einen Abschluss der zur gründlichen und umfassenden Erforschung der mechanischen Eigenschaften der Hölzer unternommenen Studien, so dass die Vollendung der letzteren niemals in Aussicht zu nehmen ist, und zwar eben so wenig, wie die Gewinnung von solchen Mittelwerthen für die wichtigsten mechanischen Grössen für dieselben Materialien, welche für die Wissenschaft und Praxis mit genügender Sicherheit und Genauigkeit verwerthet werden könnten.

¹⁾ Herr Professor H. Gollner wurde im Sinne des §. 5 unseres Statutes für die Vornahme einzelner Versuche und Untersuchungen gewonnen.

Aus den dargestellten Verhältnissen ergeben sich nun unmittelbar die Gründe für die so mangelhaften Kenntnisse der mechanischen Eigenschaften der Hölzer, sowie für das wenig hoffnungsvolle Stadium, in welchem sich heute noch die experimentellen Studien über deren Elasticität und Festigkeit befinden und naturgemäss befinden müssen.

Es ergibt sich sonach von selbst, dass auf dem offenen Gebiete der experimentellen Untersuchungen über die Festigkeitsverhältnisse der Holzmaterialien der Weg in monographischer Richtung allein zu einem praktischen Ziele führen wird, dass aber selbst die mit Monographien der Hölzer eng verknüpften Specialstudien noch Arbeiten von grosser Ausdehnung und reich an ganz speciellen Schwierigkeiten bedeuten.

Die nun im Folgenden mitgetheilten Festigkeitsuntersuchungen sollen zunächst die Möglichkeit der Durchführung solcher Versuche nachweisen, sowie die Methode derselben klarstellen; dieselben mögen auch als ein, wenn auch kleiner, Beitrag zum monographischen Studium der Schwarzföhre angesehen werden und wurden über Anregung des Leiters des forstlichen Versuchswesens in Wien, k. k. Regierungsrathes Dr. Freiherr v. Seckendorff, mit der Festigkeits-Probirmaschine der k. k. technischen Hochschulen zu Prag¹⁾ durchgeführt, nachdem die Wichtigkeit möglichst genauer Festigkeitsproben mit besonderer Berücksichtigung und graphischer Darstellung der innerhalb der bezüglichen Elasticitätsgrenzen des Materiales stattfindenden Vorgänge und mit Bestimmung der Elasticitäts- und Bruchgrenzen, sowie der Intensität der bleibenden Formveränderungen an letzteren anerkannt wurde.

Es wurden von der Versuchsstation in Prag im Ganzen 30 Festigkeitsproben, u. zw. 10 Dehnungs- und Zerreiß-, 6 Druck-, 8 Torsions- und 6 Biegungsversuche durchgeführt. Das Versuchsmateriale wurde zum Theile geharzten und ungeharzten Stämmen des grossen Föhrenwaldes am Steinfeld der Commune Wiener-Neustadt in Niederösterreich, zum Theile einer ungeharzten Schwarzföhre des Revieres Gutenstein des gräflich Hoyos'schen Gutes Gutenstein in Niederösterreich entnommen. Die folgende tabellarische Zusammenstellung gewährt einen Ueberblick über die Gewinnungsstellen für die einzelnen Probestücke, über die Gesamtzahl und Vertheilung der Versuche auf die vier Versuchsarten, d. i. Zug-, Druck-, Torsions- und Biegungsversuche.

| Grosser Föhrenwald der Commune Wiener-Neustadt in Niederösterreich | | | | | | Revier Gutenstein des Gutes Gutenstein in Niederösterreich | | | | | |
|--|---------|----------|--------|-----------|-----------|--|---------|----------|--------|-----------|-----------|
| Gewinnungsstellen für die Probematerialien | Zeichen | Zug- | Druck- | Torsions- | Biegungs- | Gewinnungsstellen für die Probematerialien | Zeichen | Zug- | Druck- | Torsions- | Biegungs- |
| | | Versuche | | | | | | Versuche | | | |
| Untertrum | | | | | | Derselben ungeharzten Baumes | | | | | |
| eines geharzten Stammes .. | I | 2 | 1 | 2 | 1 | Untertrum | IV | 2 | 1 | 2 | 1 |
| eines geharzten Stammes .. | II | — | 1 | — | 1 | Mitteltrum | V | 2 | 1 | 1 | 1 |
| eines ungeharzten Stammes | III | 2 | 1 | 2 | 1 | Ast | VI | 2 | 1 | 1 | 1 |

¹⁾ Auch: „Ueber die Elasticität und Festigkeit der wichtigsten Nutzhölzer Böhmens“ von Ingenieur Carl Mikolaschek. Mittheilungen: Band II, Heft 1.

Ueber die Boden-, Standorts- und Bestands-Verhältnisse des grossen Föhrenwaldes (Waldort Wiesboden) der Commune Wiener-Neustadt am Steinfeld, welchem jene geharzten und ungeharzten Stämme angehörten, aus denen die mit I, II und III bezeichneten Probestücke gekloben wurden, erhielten wir von der Versuchsleitung in Wien die nachstehenden Daten:

Die Bodenverhältnisse sind im grossen Föhrenwalde annähernd überall die nämlichen. Das Terrain ist ein ebenes, angeschwemmtes. Humusstärke 2 Cm., Walderde 25 Cm., darunter Schotter. In einer Tiefe von circa 80 Cm. befindet sich eine undurchdringliche Conglomeratschichte, auf welcher sich die Wurzeln der älteren Stämme verflachen. Der Boden ist vergrast, trocken, locker, seichtgründig. Die Meereshöhe erreicht 310 M. Der Bestandesschluss ist schlecht, Laubholzunterwuchs vorhanden.

Die Stämme, aus deren Untertrumme die mit I und III bezeichneten Probestücke gekloben wurden, haben die nämlichen Standorts- und Bestandsverhältnisse. Die Probestücke (I) sind dem Untertrumm eines bereits zehn Jahre geharzten Stammes entnommen, dessen Gesamtlänge 15 M. beträgt, während bei 5 M. der Kronenbeginn befunden wurde. Der Brustdurchmesser des 97 Jahre alten Stammes betrug 30 Cm.

Die Probestücke (III) sind dem Untertrumm eines 93 Jahre alten ungeharzten Stammes von 15 M. Länge bei 8·5 M. Kronenbeginn und 31 Cm. Brustdurchmesser entnommen.

Die mit (II) bezeichneten Probestücke entstammen einem Scheite, welches unweit vom Wiesboden einem Holzzaine (Holzstoss) entnommen wurde. Die Probestücke wurden aus dem genannten Scheite nach der Holzfaser herausgekloben; das Scheit selbst entstammt dem Untertrumm eines geharzten Stammes.

Die Boden-, Standorts- und Bestandverhältnisse der im Reviere Gutenstein des Gutes Gutenstein gelegenen Waldes (Waldort: grosse Holzriese) sind durch Folgendes charakterisirt:

Der Boden ist Opponitzer Dolomit, die Meereshöhe beträgt 620 M., W. N. W.-Lehne steil (20—28°). Die Humusschichte erreicht 3—4 Cm., die Walderde 50—60 Cm., darunter liegt grober Kalkschotter; die Streudecke ist gering, von Gras und Haidekraut durchsetzt, der Boden frisch, locker, mitteltiefgründig. Räumlicher Schwarzföhrenbestand, hie und da Weissföhren. Der ungeharzte Stamm, welchem die mit IV, V und VI bezeichneten Probestücke (16) entnommen wurden, hatte ein Alter von 179 Jahren, eine Länge von 14·3 M. bei 6·3 M. Kronenanfang und 35 Cm. Brustdurchmesser.

Die Fällungszeit der vier Stämme, welche das in Rede stehende Probematerial lieferten, war für die sub I, II und III zusammengefassten Probestücke der 19. Februar 1878, für die sub IV, V und VI angegebenen Probestücke der 21. Februar 1878, während die Erprobung der 30 Probestücke zwischen den 27. März und den 13. Juni 1878 fiel, welche während dieser Zeit in einem periodisch mässig geheizten Raume (Locale der Festigkeitsmaschine) gelagert wurden.

Die Probekörper.

Nach den einleitenden Bemerkungen, durch welche sowohl die Tendenz sowie der Umfang der Aufgabe präcisirt und eine kurze Charakteristik der für die Erprobung vorbereiteten Materialien geliefert werden sollte, erscheint es sehr wesentlich, die Vorbereitung der Probematerialien für die speciellen Erprobungen zu besprechen und die endgiltige

Gestalt derselben hervorzuheben, nachdem besonders letzteres Moment von entscheidendem Einflusse auf die erlangten Schlussresultate ist und dieser sich umso mehr geltend macht, je inhomogener das zu erprobende Materiale ist.

Die Vorbereitung der 30 Stück Probematerialien für die Versuche bestand in einer Bearbeitung derselben mit Hobel und Drehstahl, um für die Probekörper mit kreis- und rechteckigem Probequerschnitt zunächst eine genaue Centrirung aller Stabquerschnitte gegen die Stabachse, sowie die möglichst vollkommene Uebereinstimmung der auf die Strecke der sogenannten „Probelänge“ fallenden Probequerschnitte zu erhalten und schliesslich den Probekörpern jene Form zu geben, welche eine ungestörte Durchführung der Versuche erwarten liess. So mussten die Probestücke für Dehnungs- und ZerreiBversuche von kreis- oder rechteckigem Querschnitte mit sogenannten „Köpfen“ versehen werden, welche dem Zugquerschnitte nach wesentlich widerstandsfähiger waren als der gewählte Probequerschnitt, wobei eben auf die Eventualität der Ueberwindung der Schubfestigkeit desselben Materiales bei definitiver Bemessung der „Kopfquerschnitte“ gebührende Rücksicht genommen wurde. Um letztere für die Probestäbe mit rechteckigem Querschnitte besonders zu verstärken, wurden die zwei grösseren parallelen Flächen der Stabköpfe mit Fournieren von Apfel- und Birnenholz belegt und letztere möglichst sicher auf die genannten Flächen geleimt; für die Stäbe mit kreisförmigem Querschnitte wurde eine solche Fournier für die äusserste Abschlussfläche der beiden Köpfe angewendet und hiedurch wenigstens in einigen Fällen die Abscheerung der Stabköpfe verhindert, welche sonst für die sogenannten „Flachstäbe“ in Folge des energischen Angriffes des „Gebisses“ zum Festhalten der Strebekörper und für die sogenannten „Rundstäbe“ in Folge der Lagerung der kopfartigen Enden derselben in den bezüglichen Theilen der Festigkeits-Probemaschine kaum zu vermeiden gewesen wäre.

Die Thatsache, dass unter übrigens ganz gleichen Umständen das Schlussresultat der Festigkeitsprobe auch von der Form des Probequerschnittes abhängig ist, konnte auch bei den in Rede stehenden Versuchen constatirt werden. Die Annahme einer und derselben Querschnittsform für Versuche derselben Art wie speciell für Dehnungs- und ZerreiBversuche erschien mit Rücksicht auf das unter VI zusammengefasste Probematerial aus „Astholz“ nicht zulässig. Die definitive Form der Flach- und Rund-Zugstäbe ist mit der Form einiger Bruchstücke und des Bruches selbst neben den mittleren Dehnungscurven auf Tafel XVI angegeben.

Die Probekörper für „Druckversuche“ sollten ursprünglich durchaus die kubische Gestalt erhalten, da diese für Materialien von minderer Homogenität die günstigste ist und die prismatische Form bei gleichen Druckflächen durchaus einen minderen Coefficienten der absoluten Druckfestigkeit ergibt, welche mit Zunahme der Höhe des Prisma bei ungedänderten Querschnittsverhältnissen stetig abnimmt. Die reine kubische Form der Druck-Probekörper wurde, wie die Tabelle II erkennen lässt, nicht genau erreicht, da sehr genaue Messungen des Abstandes der drei Paare von parallelen Flächen kleine Differenzen (0.5 bis 1.2 Mm.) ergaben, welche, um die Probekörper nicht weiter bearbeiten zu müssen, unberücksichtigt gelassen wurden. Hingegen wurde die normale Lage aller Flächen, d. i. die genaue Grösse aller Kanten und Flächenwinkel (90°), beziehungsweise der Parallelismus der bezüglichen Flächen genau hergestellt. Dieselben Probekörper von unveränderlicher Grösse ihrer Druckflächen, allein in cylindrischer Form ausgeführt, würden ohne Zweifel andere Schlusswerthe ergeben, wie jene mit sehr naher Würfelform, wobei noch der Höhe des Cylinders ein weiterer Einfluss auf das Schlussresultat (abs. Druckfestigkeit) zufällt.

Die Charakteristik über die Lage der Materialschichten, beziehungsweise Fasern, gegen die eingestellte Druckachse ist in allen bemerkenswerthen Fällen in Tab. II speciell hervorgehoben; ferner die definitive Form der Probekörper, sowie der Bruchstücke derselben neben den mittleren Druckcurven auf Tafel XVI angegeben.

Die Probekörper für „Torsions-Versuche“ erhielten naturgemäss die cylindrische Form, also den kreisförmigen Probequerschnitt, da andere Probequerschnittsformen (rechteckig, quadratisch) für die Durchführung der Torsionsversuche nicht geeignet sind. Die Probestäbe nach ersterer Form wurden gegen die Stab-Längsachse durch Nachdrehen genau centrirt, ferner die an den Enden derselben angearbeiteten Köpfe von quadratischer Querschnittsform behufs Einpassen in die auf Torsion adjustirte Festigkeitsmaschine an den Aussenflächen mit Fournieren von Apfel- und Birnenholz belegt, um den durch die sogenannten „Mitnehmer“ der Maschine auf erstere übertragenen Druck auf eine grosse Fläche möglichst gleichmässig zu vertheilen. Die bezüglichen Probekörper sind nebst den erlangten Bruchstücken und mittleren Verdrehungscurven auf Tafel XVII zusammengestellt.

Die Probematerialien für die Biegungs- und Brechungsversuche erhielten zweckmässig den rechteckigen Querschnitt bei Centrirung aller Probequerschnitte gegen die angenommene Stabachse. Das Verhältniss der Höhen- und Breitendimension des Probequerschnittes der sechs Probestäbe konnte nicht constant erhalten werden; übrigens sind die aus Tabelle Nr. IV sich ergebenden bezüglichen Differenzen nicht erheblich; die Probelänge (freie Länge zwischen den Auflagern) wurde für sämtliche Probekörper mit 50 Cm. bemessen. Die Biegekraft ist auf eine kurze Strecke gleichmässig vertheilt und wirkt genau in der Mitte der Länge der hochkantig auf lose Rollen gelegten Probekörper. Die Dimensionen der Probekörper, die Form der Bruchstücke, die mittleren Biegungscurven sind auf Tafel XVII zusammengestellt.

Die Versuche und die graphischen Darstellungen ihrer Ergebnisse.

Die Resultate der Festigkeitsproben hängen unter Voraussetzung einer bestimmten Qualität der Probekörper nicht nur von ihrer Totalform und der Gestalt der Probequerschnitte, sondern auch von der Methode ihrer Untersuchung ab. Es erscheint daher auch nothwendig, Probekörper ein und derselben Reihe oder Gruppe nach einer einheitlichen Methode zu untersuchen, wenn die bezüglichen Schlussergebnisse als Grundlage für weitere praktisch - wissenschaftliche Unternehmungen und speciell zur Bestimmung der relativen Werthe der Resultate dienen sollen.

Die Untersuchungsmethoden selbst sind von der Art der Probematerialien und der durch die Versuche zu bestimmenden Grössen abhängig und können daher sehr verschiedene Grundlagen haben. Für die in Rede stehenden Untersuchungen von Holzmaterialien erscheint behufs möglichster Genauigkeit der Resultate zunächst die gleichzeitige Beobachtung mehrerer Materialfasern, deren Länge durch die „Probelänge“ fixirt ist und eine constante, verhältnissmässig kleine Zunahme der äusseren Zug- und Druckbelastungen, beziehungsweise Biegungs- und Torsionsmomente bei gleicher Dauer ihrer Einwirkungen auf die Probematerialien nothwendig. Insbesondere ist für die Nähe der Elasticitäts- und Bruchgrenze die Zunahme der Belastungen und Momente zu reduciren, um erstere wesentlichen mechanischen Grössen mit der erforderlichen Schärfe bestimmen zu können.

Für die Festigkeitsproben jeglicher Art ist selbstverständlich der richtige Einbau der Probestücke in die Festigkeitsmaschine selbst unerlässlich und hängt die Erfüllung dieser für die Richtigkeit des Versuchsergebnisses entscheidenden Bedingung sowohl von der Vollkommenheit des Versuchesapparates, als auch von der Sorgfalt des Experimentators ab.

Bei den mitzutheilenden Untersuchungen wurden die eben hervorgehobenen Bedingungen und Merkmale der genauen Untersuchungen berücksichtigt, daher die Ergebnisse derselben den Anspruch auf Verlässlichkeit haben.

Die interessanteste Phase der genannten Untersuchungen ist entschieden jene, innerhalb welcher es sich mit Benützung genauer Instrumente (Multiplicatoren) um die Ermittlung und graphische Darstellung der Formveränderungen der Probekörper innerhalb der sogenannten Elasticitätsgrenze, ferner jener an dieser selbst handelt. Indem die Ermittlung der angedeuteten Formveränderungen das Material für eine überaus deutliche und übersichtliche graphische Darstellung derselben (Diagramm) liefern, gestattet letztere wieder die unmittelbare Bestimmung der praktischen Elasticitätsgrenze für jede der vier hervorgehobenen Versuchsarten, sowie des mittleren Elasticitäts-Modulus innerhalb der Elasticitätsgrenze und mehrerer anderer für die Elasticitätsverhältnisse wichtige Grössen.

Die Methode, nach welcher die Diagramme zweckmässig construiert werden können, setzt die Wahl eines rechtwinkligen Ordinaten-Systems voraus, auf dessen Ursprung die Beobachtungspunkte der zu verzeichnenden Curven zu beziehen sind. Werden nun auf der Abscissenaxe desselben Systemes die äusseren Kräfte (Zug- und Druckkräfte), beziehungsweise die zur Wirkung gebrachten Biegungs- und Torsionsmomente vom Ordinaten-Ursprunge aus in einem zweckmässig zu wählenden Massstabe aufgetragen, ferner auf den durch die eben gewonnenen Punkte die Ordinaten, d. i. die durch die zur Wirkung gebrachten Kräfte und Momente hervorgebrachten und möglichst genau beobachteten Formveränderungen (Dehnungen, Verkürzungen, Biegungen und Verdrehungen) gleichfalls in einem eigentlich beliebigen Massstabe aufgetragen, so ergeben sich die Beobachtungspunkte der genannten Curve als Fixpunkte derselben, durch deren Verbindung die resultirende Curve der Formveränderungen gewonnen wird. Da es sich um die Bestimmung der praktischen Elasticitätsgrenze handelt, so werden in der vermeintlichen Nähe derselben die Belastungszunahmen immer geringer, also die Beobachtungen immer häufiger und die Anzahl der Beobachtungspunkte stets grösser sein müssen. Gewöhnlich werden schliesslich noch einige Beobachtungen über die Elasticitätsgrenze hinaus gemacht, um die weitere Entwicklung der Curve der bleibenden Formveränderungen anzudeuten.

Um die mehrgenannten Curven der Formveränderungen innerhalb der Elasticitätsgrenze und an dieser selbst mit der erforderlichen Genauigkeit zu erhalten, müssen, wie erwähnt, je nach dem Grade der Homogenität und der Grösse des Probequerschnittes eine mehr minder grössere Anzahl von gleichzeitigen Beobachtungen an besonders markirten Fasern gemacht werden, welche eine mittlere Beobachtung ergeben, so dass die Ordinaten jedes einzelnen Beobachtungspunktes der in Rede stehenden Curven bereits Mittelwerthe einer Reihe von Ordinaten bedeuten, welch' letztere durch Einzelbeobachtung einer gleichen Anzahl von Fasern bestimmt wurden. Es sind daher, wenigstens für Zug-, Druck- und Biegungsversuche, für welche stets mindestens zwei Beobachtungen für jeden Punkt der bezüglichen Curve gemacht wurden, die resultirenden Curven als mittlere Dehnungs-, Druck- und Biegungscurven aufzufassen; für Torsionsversuche wurde nur eine Beobachtung zur Ermittlung der Ordinaten je eines Fixpunktes der Verdrehungcurve gemacht.

Die Nothwendigkeit der mehrfachen Beobachtungen behufs Gewinnung der Ordinate jedes Punktes dieser Curven ergibt sich sofort, wenn man berücksichtigt, dass mit dem Grade der Inhomogenität des Probematerials die Verschiedenheit der Aenderungen einzelner Fasern unter dem Einflusse einer und derselben äusseren Belastung (Moment) zunimmt und die Beobachtung einer Faser unfehlbar eine unrichtige und geradezu unbrauchbare Curve ergeben muss, sowie dass es trotz der vollkommenen Einrichtungen der Versuchsapparate und aller Vorsicht und Gewandtheit des Experimentators praktisch nicht möglich ist, eine absolut genaue Einstellung der Probekörper in den Versuchsapparat zu erreichen, wodurch eben eine ungleichmässige Uebertragung von Kräften und Momenten auf den Probequerschnitt, d. i. ein ungleichmässiges Verhalten einzelner Fasern des Probekörpers hervorgerufen wird.

Nachdem mit der Vermehrung der Anzahl der Beobachtungen für einzelne Punkte der genannten Curven die Schwierigkeiten der Durchführung der Versuche im potencirten Verhältnisse zunehmen und ebenso die Dauer der Versuche in ausserordentlichem Masse verlängert wird, so muss man sich in normalen Fällen für Dehnungs-, Druck- und Biegeversuche mit zwei, für Torsionsversuche selbst mit einer Beobachtung begnügen, obschon der letztere Umstand ein minder genaues Resultat für mehr inhomogene Materialien bedingen muss.

Diese mittleren Curven für Dehnungen, Zusammendrückungen, Biegungen und Verdrehungen sind für die verschiedenen Materialien sehr charakteristische Linien und wird deren Verlauf vielfach schon sichere Anhaltspunkte zur Beurtheilung einzelner wesentlicher physikalischer Eigenschaften derselben liefern, welche letztere durch Discussion der gewonnenen Linien noch genauer bestimmt werden können. Alle genannten Curven entwickeln sich vom Ordinaten-Ursprunge aus annähernd als gerade Linien, wodurch die Richtigkeit des Hooke'schen Gesetzes nachgewiesen erscheint. Je homogener das zu untersuchende Material, je genauer die Durchführung des Versuches und der bezüglichen Beobachtungen, desto mehr nähert sich die „Anfangs“-Strecke der Beobachtungcurve einer gegen die Abscissenaxe geneigten Geraden, welche letztere in einzelnen Fällen selbst auf längeren Strecken mit mathematischer Genauigkeit beobachtet werden konnte.











Dieser im Allgemeinen annähernd geraden Strecke, die übrigens durch unregelmässige Formen der Versuchskörper, also äussere Ursachen, gestört sein kann, folgt nun allgemein eine nach einer linearen Curve gekrümmte Strecke, der ein Element mit kleinstem Krümmungsradius zukommen wird, welche letzterer Strecke weiters wieder eine annähernd gerade oder doch sehr schwach gekrümmte Linie folgen wird. In jenes Element der grössten Krümmung der in Rede stehenden Curven wird der Beobachtungspunkt für die praktische Elasticitätsgrenze gelegt und in auffälliger Weise bezeichnet. Auf jener Strecke der Curven, die vom Ordinatenursprunge an sich entwickelt und nach früher annähernd gerade ist, wird weiters ein zweiter Punkt gewählt, für welchen die Proportionalität der äusseren Kräfte (Momente) und den durch diese hervorgerufenen Formveränderungen entweder noch genau oder doch sehr nahe besteht und die Ordinate desselben zur Berechnung des mittleren Elasticitätsmodulus innerhalb der Elasticitätsgrenze verwendet, welche Operationen bei den einzelnen Versuchsarten speciell hervorgehoben sind.

Trotz der notorischen Inhomogenität der untersuchten Probekörper konnten einzelne sehr regelmässige und weiters verwendbare Diagramme gewonnen werden, wie sich aus den Darstellungen Tafel XVI erkennen lässt. Um nun schliesslich eine völlige Uebersicht des

Verlaufes einzelner charakteristischer Versuche zu erhalten, werden im Folgenden für jede der vier Versuchsarten mehrere Versuche in ihren einzelnen Phasen sammt den Ergebnissen der Beobachtungen mit den Instrumenten vorgeführt werden.

Zugversuche.

Unter den dreissig Versuchen kommen zehn Zugversuche vor, von welchen vier Versuche mit Materialien aus dem Föhrenwalde von Wiener-Neustadt und sechs Versuche mit Gutensteiner Materiale zur Durchführung kamen. Die Wiener-Neustädter Probekörper sind mit I und III, jene aus dem Gutensteiner Walde mit IV, V und VI bezeichnet, wobei jede der angegebenen Ziffer zwei Versuchskörper umfasst, von welchen je einer für kreisförmigen und rechteckigen Querschnitt adjustirt ist, welcher Umstand in der auf Seite 391 zusammengestellten Tabelle Nr. I durch eine besondere Figur hervorgehoben ist.

| Zeichen | Charakteristik und Beschreibung der Probekörper | |
|--|---|--|
| I.  | Föhrenwald am Steinfeld bei Wiener-Neustadt | Aus dem Untertrumme eines geharzten Stammes. Material ungleich dicht, zeigt breit gelagerte Jahresringe; es wechseln sehr verharzte Partien mit harzfreien. Färbung lichtgelb bis braunroth. |
| I.  | | Aus dem Untertrumme eines geharzten Stammes. Material wenig dicht, breit angelegte Jahresringe, sehr harzreich. Färbung hochgelb bis braun. |
| III.  | | Aus dem Untertrumme eines ungeharzten Stammes. Material wenig dicht, breite Jahresringe mit harzigen Partien; Harzgänge deutlich sichtbar. Färbung blassgelb, unterbrochen von braungestreiften Linien. |
| III.  | | Aus dem Untertrumme eines ungeharzten Stammes. Material hat dicht gelagerte Jahresringe. Färbung blassgelb bis grau mit dunkelgefärbten Punkten. |
| IV.  | Föhrenwald in Gutenstein | Aus dem Untertrumme eines ungeharzten Stammes. Material sehr dicht; an einer Seite des Stabkopfes sehr harzreich. Färbung blassgelb, längs den Jahresringen dunkelbraun gefärbte Punkte und Striche. |
| IV.  | | Aus dem Untertrumme eines ungeharzten Stammes. Material sehr ungleichmässig dicht, einzelne Partien sehr dicht und harzreich. Färbung lichtgelb bis dunkelbraun-roth. Stabkanten zum Theile durchscheinend. |
| V.  | | Aus dem Mitteltrumme desselben ungeharzten Baumes. Material feinfaserig und sehr astreich; ein Ast nimmt circa 40% des Probequerschnittes ein. Längsfaser parallel zur Richtung der äusseren Zugkraft. Färbung hochgelb bis dunkelbraun. |
| V.  | | Aus dem Mitteltrumme desselben ungeharzten Baumes. Material mittelmässig dicht. In der Nähe des einen Stabkopfes ein quer durchgehender Ast. Sehr reine Spiegel. Färbung licht-hochgelb. |
| VI.  | | Astholz desselben ungeharzten Baumes. Material feinfaserig, dicht. Ein Kopfende sehr harzreich. |
| VI.  | | Astholz desselben ungeharzten Baumes. Material inhomogen; ein kräftiger Quērast. Färbung gleichmässig lichtgrau. |

Betreffend die Durchführung der Zugversuche und Construction der mittleren Dehnungscurven ist Folgendes zu bemerken: Die Belastungszunahme variirt zwischen 100 und 250 K.; ersterer Werth für die Belastungen in der Nähe der Elasticitätsgrenze, letzterer für die anfänglichen Belastungen geltend.

Für die Beobachtung der Dehnungen innerhalb der Elasticitätsgrenze wurden zwei möglichst entfernt von einander liegende Fasern, deren (Probe-) Länge zwischen 17·5 und 22 Cm. variirt, markirt und an den Enden derselben die Multiplicatoren, welche die Formveränderungen dieser beiden Fasern in 25facher Vergrößerung anzeigten, gekuppelt. Für den Abscissen - Massstab wurde angenommen: 100 K. = 10 Mm., für die Verzeichnung der Ordinaten der Beobachtungspunkte der mittleren Dehnungscurven eine Vergrößerung von 50 : 1 (Wr. Neustadt) und 100 : 1 (Gutenstein) gewählt. Die praktische Elasticitätsgrenze ist mit (⊙), der gewählte Punkt der Dehnungscurve zur Berechnung des mittleren Elasticitäts-Modulus mit \ominus bezeichnet und schliesslich dem betreffenden Punkte der zugehörige Werth beigesetzt.

Bei zwei Versuchen, und zwar bei Nr. 151 und 152 konnte wegen Unregelmässigkeit der Dehnungen kein Diagramm, bei sieben unter zehn Versuchen konnte die Zug-Elasticitätsgrenze nicht ermittelt werden, da in zwei Fällen schon innerhalb der genannten Grenze wegen Inhomogenität der Probematerialien mit rechteckigem Probequerschnitte die Bruchgrenze (absolute Zugfestigkeit) in vier Fällen innerhalb derselben Grenze die Schubfestigkeit der Materialien mit kreisförmigem Querschnitte überwunden wurde, und sich trotz der früher angegebenen Verstärkung der Stabköpfe diese vom mittleren Theile der Probestäbe abscheerten. Für Versuch Nr. 153 war wegen bedeutenden Wurfens des Rundstabes die Anbringung der Instrumente nicht möglich. Dieses Abscheeren wurde bei den Zugstäben mit rechteckigem Probequerschnitte niemals innerhalb der Elasticitätsgrenze, wohl aber im Momente des Bruches, also an der Bruchgrenze selbst, beobachtet, so dass eine Zerstörung der Zugstäbe durch absolutes Zerreißen der Fasern thatsächlich ein ausnahmsweises Vorkommen und mit Rücksicht auf das Gefüge der Holzmaterialien im Vorhinein unwahrscheinlich war.

Um nun auch das Detail über Zugversuche gebührend zu berücksichtigen, sollen im Folgenden zunächst zwei Zugversuche mit allen wesentlichen Einzelheiten vorgeführt, die Interpretation der bezüglichen mittleren Dehnungscurven mitgetheilt werden.

V. Nr. 101.

Zeichen VI.

D. Nr. 53.

| Nummer | Belastung in Kilogramm | Dehnungen in Millimetern | | Mittlere Dehnungen in Millimetern | Differenz der mitt- leren Dehnungen pro Belastungs- zunahme | Differenz der Dehnungen rechts und links | Bemerkungen |
|--------|---------------------------|--------------------------------|----------------|---|--|--|--|
| | | Faser rechts | Faser links | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | |
| 1 | 250 | 0·0800 | 0·1000 | 0·0900 | 0·0900 | 0·0200 | |
| 2 | 500 | 0·2180 | 0·2250 | 0·2220 | 0·1320 | 0·0070 | |
| 3 | 750 | 0·3600 | 0·3600 | 0·3600 | 0·1380 | 0 | ad 5. Längsrisse nach den Jahresringen. |
| 4 | 1000 | 0·5950 | 0·6450 | 0·6200 | 0·2600 | 0·0500 | ad 9. Beide Instrumente ausgelöst. |
| 5 | 1100 | 0·7650 | 0·8300 | 0·7980 | 0·1780 | 0·0650 | ad 16. Bruch plötzlich, theils durch Zer- reissen, theils durch Abscheeren. |
| 6 | 1200 | 0·8500 | 0·9100 | 0·8800 | 0·0820 | 0·0600 | Harzaustritt an den Köpfen. |
| 7 | 1300 | 1·0200 | 1·0800 | 1·0500 | 0·1700 | 0·0600 | |
| 8 | 1400 | 1·1300 | 1·1750 | 1·1530 | 0·1030 | 0·0450 | |
| 9 | 50 | 0·2100 | 0·2500 | 0·2300 | 0·0770 | 0·0400 | NB. Das Material zwischen den Jahres- ringen tritt in Folge der Zugbela- stungen gegen jene deutlich zurück. |
| 10 | 1400 | | | | | | |
| 11 | 1500 | | | | | | |
| 12 | 1600 | | | | | | Streckung und Contraction nicht be- stimmbar. |
| 13 | 1700 | | | | | | |
| 14 | 1750 | | | | | | |
| 15 | 1800 | | | | | | |
| 16 | 1850 | | | | | | |

V. Nr. 149.

Zeichen III.

D. Nr. 82.

| Nummer | Belastung in Kilogramm | Dehnungen in Millimetern | | Mittlere Dehnungen in Millimetern | Differenz der mitt- leren Dehnungen pro Belastungs- zunahme | Differenz der Dehnungen rechts und links | Bemerkungen |
|--------|---------------------------|--------------------------------|----------------|---|--|--|---|
| | | Faser rechts | Faser links | | | | |
| 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | |
| 1 | 40 | 0·0050 | 0·0200 | 0·0130 | 0·0130 | —0·0150 | |
| 2 | 75 | 0·0350 | 0·0100 | 230 | 100 | +0·0250 | |
| 3 | 175 | 0·0650 | 0·0250 | 450 | 220 | 400 | |
| 4 | 200 | 0·0850 | 0·0380 | 620 | 170 | 470 | |
| 5 | 250 | 0·1050 | 0·0450 | 750 | 170 | 600 | |
| 6 | 300 | 0·1250 | 0·0600 | 930 | 180 | 650 | Dehnungen sehr regelmässig. |
| 7 | 350 | 0·1450 | 0·0720 | 0·1090 | 160 | 730 | |
| 8 | 400 | 0·1650 | 0·0850 | 1250 | 160 | 800 | ad 20. Ein Stabkopf wurde nach den sehr glatten Spiegeln vor Errei- chung der Zugelasticitätsgrenze total abgescheert. |
| 9 | 500 | 0·1950 | 0·1100 | 1530 | 180 | 850 | |
| 10 | 600 | 0·2250 | 0·1300 | 1780 | 250 | 950 | |
| 11 | 700 | 0·2550 | 0·1500 | 2030 | 250 | 1050 | |
| 12 | 800 | 0·2850 | 0·1700 | 2280 | 250 | 1150 | |
| 13 | 1000 | 0·3450 | 0·2100 | 2780 | 500 | 1350 | Versuch abgebrochen. |
| 14 | 1250 | 0·4050 | 0·2550 | 3300 | 520 | 1500 | |
| 15 | 1500 | 0·4750 | 0·3150 | 3950 | 650 | 1600 | |
| 16 | 1750 | 0·5400 | 0·3700 | 4550 | 600 | 1700 | |
| 17 | 2000 | 0·6100 | 0·4350 | 5230 | 680 | 1750 | |
| 18 | 2250 | 0·6800 | 0·4950 | 5880 | 650 | 1850 | |
| 19 | 2500 | 0·7500 | 0·5700 | 0·6600 | 0·0720 | 0·1800 | |
| 20 | 2750 | — | — | — | — | — | |

Die nach den Angaben der Tabelle für V.-Nr. 101 und 149 verzeichneten Diagramme Nr. 53 und 82, welche auf Tafel XVI eingezeichnet sind, sind vollständig geeignet, zur Bestimmung der Zug-Elasticitätsgrenze, der Dehnung an derselben, sowie des mittleren Elasticitäts-Modulus dienen.

Nach Diagramm Nr. 53 entspricht dem Curvenelemente der grössten Krümmung eine Abscisse $Pe = 900 \cdot 0$ K.; berücksichtigt man, dass der Probequerschnitt (f), welcher der Mittelwerth von zehn Beobachtungen und Berechnungen ist, $5 \cdot 676$ □Cm. Flächeninhalt hat, so ergibt sich für $\approx \frac{k}{\square\text{Cm}}$ = der specifischen Inanspruchnahme des Materiales an der Zug-Elasticitätsgrenze

$$\approx \frac{k}{\square\text{Cm.}} = \frac{P_e^k}{f \square\text{Cm.}} = \frac{900 \cdot 0}{5 \cdot 676} = 158 \cdot 5.$$

Nachdem weiters die Ordinate des Elementes der mittleren Dehnungcurve von grösster Krümmung die Grösse $\lambda_e = 0 \cdot 0450$ Cm. erreicht, so berechnet sich mit Berücksichtigung der Probelänge $l = 22 \cdot 000$ Cm., die absolute (λ_e), verhältnissmässige $\left(\frac{\lambda_e}{l}\right)$ und procentische $\left(100 \frac{\lambda_e}{l}\right)$ Ausdehnung an der Elasticitätsgrenze:

$$\text{absolut: } \lambda_e = 0 \cdot 0450$$

$$\text{verhältnissmässig: } \frac{\lambda_e}{l} = 0 \cdot 002040,$$

$$\text{in Percent der Probelänge } 100 \frac{\lambda_e}{l} = 0 \cdot 2040.$$

Bezeichnet weiters P in K eine Zugkraft, welche auf den Probequerschnitt f □Cm. einwirkt und noch kleiner als die früher genannte Grösse (P_e) ist, und für welche erstere die mittleren Dehnungen der beiden beobachteten Fasern noch genau oder doch sehr nahe proportional den sie hervorbringenden Zugkräften sind, bezeichnet nach λ in Centimetern die der Zugkraft P entsprechende Dehnung (aus Diagramm zu messen), ferner E_z den mittleren Elasticitäts-Modulus des Materiales innerhalb der Elasticitätsgrenze (in $\frac{k}{\square\text{Cm.}}$), so ist bekanntlich

$$E_z = \left(\frac{P}{f}\right) \left(\frac{l}{\lambda}\right) = \frac{750 \cdot 0 \times 22 \cdot 0}{5 \cdot 676 \times 0 \cdot 0138} = 210 \cdot 000 \frac{k}{\square\text{Cm.}},$$

wobei die Grössen P und λ dem Diagramme entnommen sind. Für den Coefficienten der absoluten Zugfestigkeit ergibt sich endlich:

$$P \text{ max} = \frac{1850 \cdot 0}{5 \cdot 675} = 325 \cdot 9 \frac{k}{\square\text{Cm.}}$$

Aus dem Diagramme Nr. 82 konnte nur der mittlere Elasticitäts-Modulus nach

$$E_z = \left(\frac{P}{f}\right) \left(\frac{l}{\lambda}\right) = \frac{2250 \cdot 0 \times 17 \cdot 50}{7 \cdot 02 \times 0 \cdot 0588} = 95 \cdot 400 \frac{k}{\square\text{Cm.}}$$

bestimmt werden, wofür n. fr. der Abscissen-Massstab mit $1000 \cdot 0$ K. = $10 \cdot 0$ Mm. angenommen und die Ordinaten im Verhältnisse von $50 : 1$ vergrössert wurden.

Nachdem nunmehr durch obige Mittheilungen die Gewinnung und Benützung der Diagramme zur Bestimmung der für die Zug - Elasticitätsverhältnisse massgebenden Grössen

klargelegt, mögen auf Tafel XVI die sieben Zugdiagramme mit den Dimensionen der Zugstäbe und einigen durch die Form der Bruchlinien interessante Bruchstücke zusammengestellt werden.

Bemerkungen zu den Zug - Diagrammen.

Die auf Tafel XVI verzeichneten Zugdiagramme über Dehnungs- und Zerreißversuche mit Materialien aus geharzten und ungeharzten Trümmern der Schwarzföhre vom Steinfeld und in Gutenstein lassen selbstverständlich keine umfassende und entscheidende Interpretation zu. Sie zeigen vielmehr nur, dass durch Mühe und Umsicht selbst für so sehr inhomogene Materialien, wie sie durch die Hölzer repräsentirt sind, eine eingehendere Untersuchung der Elasticitätsverhältnisse derselben nicht unmöglich ist, dass aber auch die Discussion der erlangten Resultate mit aller Vorsicht durchzuführen ist, wenn eben nicht Trugschlüsse gemacht werden sollen.

Zunächst ist hervorzuheben, dass die Zug-Elasticitätsgrenze sich in allen bisher beobachteten Fällen nicht sehr scharf ausdrückt und zu erkennen ist; wenigstens stehen die Holzmaterialien in dieser Beziehung sehr weit hinter den Metallen, welche sämmtlich das Element des kleinsten Krümmungsradius der mittleren Dehnungcurve sehr deutlich und mit genügender praktischer Genauigkeit sofort erkennen lassen. Weiters ist zu bemerken, dass die mittlere Dehnung der untersuchten Probematerialien innerhalb der Elasticitätsgrenze eine im Allgemeinen ziemlich regelmässige ist, wie sich auch nach der Entwicklung der bezüglichen Strecken der sieben Diagramme sofort erkennen lässt; ebenso zeigt die schon früher besprochene Strecke derselben Diagramme ausserhalb der Zug - Elasticitätsgrenze, eine sehr regelmässige Entwicklung, welche auch ganz allgemein bei Untersuchung der Metalle zu beobachten ist.

Der bei einigen Diagrammen sichtbare Bruch der Anfangsstrecke der Dehnungcurve zunächst dem Ordinatenursprunge, ist erfahrungsmässig in dem Umstande begründet, dass die Probestäbe im unbelasteten Zustande gekrümmt waren und dieselben erst durch die äusseren Zugkräfte in die normale Form und Lage gebracht werden mussten.

Die so sehr variirenden Neigungen der Dehnungscurven ein und derselben Gruppe gegen die Abscissenaxe weist zunächst sehr verschiedene Elasticitätsverhältnisse für die Materialien derselben Gruppe nach, für welche sich überhaupt eine ganz ausserordentliche Verschiedenheit ergibt, die erst durch eingehende und äusserst zahlreiche Versuche im Allgemeinen bezüglich ihrer äussersten Grenzen bestimmt werden könnte. Dehnungscurven mit geringen Neigungen gegen dieselbe Axe entsprechen Materialien von geringer Dehnungs- und Streckungsfähigkeit und grosser Steifheit, welche Verhältnisse noch sehr klar durch den resultirenden hohen Werth des Elasticitäts-Modulus nachgewiesen werden; Dehnungscurven von grosser Neigung gegen dieselbe Achse entsprechen Materialien von entgegengesetzten Eigenschaften.

Der Zusammenhang der Zug-Elasticitätsverhältnisse der Zugstäbe aus geharzten und ungeharzten Bäumen mit Harzung oder Nichtharzung kann aus den genannten Versuchen selbstverständlich nicht gefunden werden, die wohl nur geeignet sind, ein anschauliches Bild über die inneren Vorgänge während der Dehnungsperiode für wenige und ganz specielle Fälle zu liefern und die Möglichkeit der Durchführung solcher Untersuchungen nachzuweisen.

Tabelle Nr. I.
Resultate der Dehnungs- und Zerreiss-Versuche.

| Nummer des Versuches | Nummer des Diagrammes | 1878 | | Charakteristik des Problematerials | Aus dem Föhrenwalde von | Zeichen | Probörlänge in Cm. | Dimensionen des Probestabes | | | | Elasticitätsgrenze | | | Mittlerer Elasticitäts-Modulus in Kgr./□Cm. | Bruchgrenze | | Bemerkungen über den Verlauf des Versuches | |
|----------------------|-----------------------|-----------|------|------------------------------------|-------------------------|---------------|--------------------|-----------------------------|---------------|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---|-----------------------|-----------------------|--|-----------------------|
| | | Fällungs- | Zeit | | | | | Probe - Querschnitt | | Dehnung | | Total in Kgr. | Speziellsch Zugkraft | Total in Kgr. | | Speziellsch Zugkraft | | | |
| | | | | in Centimeter | | in Centimeter | | Absolut | Verhältniss- | in Procenten | Total in Kgr. | | Speziellsch | | | | | | |
| | | | | Höhe | Breite | Diameter | Fläche | Form | in Centimeter | in Procenten | Speziellsch Kgr./□Cm. | Speziellsch Kgr./□Cm. | Speziellsch Kgr./□Cm. | Speziellsch Kgr./□Cm. | Speziellsch Kgr./□Cm. | Speziellsch Kgr./□Cm. | Speziellsch Kgr./□Cm. | Speziellsch Kgr./□Cm. | Speziellsch Kgr./□Cm. |
| 107 | 59 | 19 | 30 | IV | 1.07 | 5.98 | — | 6.398 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 151 | — | 19 | 17 | VI | — | — | 3.01 | 7.115 | ● | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 106 | 58 | 19 | 30 | III | 1.035 | 5.82 | — | 6.02 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 149 | 82 | 19 | 14 | VI | — | — | 2.99 | 7.021 | ● | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 103 | 55 | 21 | 29 | III | 1.58 | 5.98 | — | 9.45 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 152 | — | 21 | 17 | VI | — | — | 3.03 | 7.21 | ● | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 108 | 60 | 21 | 1 | V | 1.03 | 5.98 | — | 6.128 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 150 | 83 | 21 | 17 | VI | — | — | 2.98 | 6.97 | ● | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 101 | 53 | 21 | 27 | III | 1.59 | 3.57 | — | 5.676 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 153 | — | 21 | 17 | VI | — | — | 2.09 | 3.43 | ● | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

S i e h e S e i t e 386.

S i e h e S e i t e 392.

Föhrenwald am Steinfelde bei Wiener Neustadt

Föhrenwald in Gutenstein

Bemerkungen zur Tabelle Nr. I.

Verlauf der Versuche, Aussehen der Bruchstücke.

- Ad V. Nr. 107. Der Probestab wurde vor der Probe einer spezifischen Zugspannung von $212 \cdot 7 \text{ K./□Cm.}$ ausgedehnt und dann plötzlich völlig entlastet.
Dehnungen regelmässig. Durch die Zugbelastungen ist das Material zwischen den Jahresringen merklich gegen diese zurückgetreten. Bei 2500 K. Belastung: starkes Krachen. Bruch sehr hackig, zum Theile ausserhalb der Probelänge.
- Ad V. Nr. 151. Der eine Stabkopf wurde bei 3400 K. totaler, oder $477 \cdot 8 \text{ K./□Cm.}$ spezifischer Zugbelastung abgescheert.
- Ad V. Nr. 106. Der Probestab wurde vor der Probe zweimal, und zwar mit $205 \cdot 6$ und $232 \cdot 4 \text{ K./□Cm.}$ belastet und dann mitbelastet. Dehnungen regelmässig. Material zwischen den Jahresringen tritt gegen diese sehr merklich zurück. Bruch sehr hackig, kein Harzaustritt.
- Ad V. Nr. 149. Dehnungen regelmässig. Der eine Stabkopf wurde innerhalb der Zugelastizitätsgrenze bei (2750 K.) d. i. $391 \cdot 7 \text{ K./□Cm.}$ nach den Spiegelflächen der Jahresringe abgescheert.
- Ad V. Nr. 103. Bruch innerhalb der Zugelastizitätsgrenze nach den Spiegeln der Jahresringe. Bruchfläche gegen die Zugachse um 23° geneigt. Das Probematerial wurde in Folge der Lage der Jahresringe theilweise auf Abscheerung beansprucht.
- Ad V. Nr. 152. Bei 1900 K., d. i. $263 \cdot 5 \text{ K./□Cm.}$ Belastung, Abscheeren des einen Stabkopfes nach den Spiegeln der Jahresringe innerhalb der Zugelastizitätsgrenze.
- Ad V. Nr. 108. Von der Probe mit 180 K./□Cm. auf Zug beansprucht, dann entlastet. Bruch innerhalb der Zugelastizitätsgrenze durch reines Zerreißen durch den Querast.
- Ad V. Nr. 150. Bei 1500 K. Belastung Riss Faserpartie. Bei 1800 K., d. i. $258 \cdot 2 \text{ K./□Cm.}$ Belastung Abscheeren des einen Stabkopfes nach den Spiegeln der Jahresringe.
- Ad V. Nr. 101. Bruch ausserhalb der Probemarken, theils durch Riss, theils durch Abscheeren. An den Köpfen Harzaustritt. Bei 1100 K. Belastung treten Längsrisse auf; durch 1600 K. Belastung deutliches Knistern des Materiales hervorgerufen.
- Ad V. Nr. 153. Probestab krumgezogen, Bruch an der Aststelle zwischen den Köpfen. Kein Abscheren.

Die in der Tabelle Nr. I zusammengestellten Versuchsergebnisse sind derart lückenhaft, dass an eine erfolgreiche Discussion derselben nicht gedacht werden kann. Wie klar ersichtlich, ist insbesondere die so wenig entwickelte Eigenschaft der Homogenität der Probematerialien die Ursache der so mannigfachen Störungen und Unterbrechungen der Versuche. Es scheinen überhaupt die Untersuchungen, betreffend die Zug-Elastizitätsverhältnisse derselben erfolgreicher werden zu können, als jene, welche die Bestimmung der absoluten Zugfestigkeit, die Streckungs- und Contractionsverhältnisse zum Zwecke haben.

Druckversuche.

Unter den 30 Festigkeitsproben erscheinen nun auch 6 Untersuchungen, betreffend die absolute Druckfestigkeit, welche mit je 3 Probekörpern aus dem Föhrenwalde am Steinfeld bei Wr. Neustadt und Gutenstein durchgeführt wurden. Die bezüglichen Versuche haben die Nummern 119 bis incl. 124, die Probekörper selbst nach Tabelle Nr. II, Seite 397 die Zeichen I bis incl. VI.

Zur Charakteristik der Probematerialien ist Folgendes hervorzuheben:

Ad: Zeichen I. Aus dem Untertrunne eines geharzten Stammes. Material ist Kernholz, zeigt breit angelegte Jahresringe, sehr harzreich. Färbung: gleichmässig rothbraun.

- Ad: Zeichen II. Aus dem Untertrumme eines geharzten Stammes. Material ist gleichmässig dicht, zeigt enggelagerte Jahresringe, wenig harzig. Färbung: gelblich, durch dunkelbraun gefärbte, gestrichelte Linien unterbrochen.
- III. Aus dem Untertrumme eines ungeharzten Stammes. Material ist Kernholz, übrigens wenig dicht, sehr wenig harzig. Färbung: blassgelb mit grauen Flecken und Linien gemischt.
- IV. Aus dem Untertrumme eines ungeharzten Stammes. Material ist sehr dicht, zeigt eng gelagerte Jahresringe, wenig harzig. Färbung: gelb-braunroth.
- V. Aus dem Mitteltrumme desselben ungeharzten Stammes, aus dessen Untertrumme der Probekörper, Zeichens IV genommen wurde. Material ist sehr dicht, zeigt gleichmässig gelagerte Jahresringe, ist nicht verharzt. Färbung: blass-hochgelb.
- VI. Astholz desselben ungeharzten Stammes, welcher die Probekörper, Zeichens IV und V lieferte. Material ist Kernholz, zeigt ziemlich dicht gelagerte Jahresringe, ist nicht harzig. Färbung: hochgelb-tiefbraunroth.

Die exacte Durchführung der Druckversuche und insbesondere die Ermittlung der minimalen Verkürzungen der naturgemäss sehr reducirten Probelängen (3·0 Cm.) der gleichzeitig in Beobachtung genommenen Fasern, verursacht ganz wesentliche Schwierigkeiten, die nur bei ganz genauer Anarbeitung der Probekörper (Parallelismus der Auflageflächen), ferner bei richtiger Einstellung der Druckachse in die bezügliche Schwerpunktsachse derselben und endlich bei Anwendung verlässlicher Multiplicatoren überwunden werden können. Selbstverständlich ist es für die Genauigkeit der Versuche dieser Art besonders wichtig, eine grössere Anzahl von Fasern gleichzeitig hinsichtlich ihrer Verkürzungen unter dem Einflusse der äusseren Druckkräfte zu beobachten; die Anzahl der Probefasern betrug für sämtliche Druckversuche zwei, nachdem die Armirung der Probekörper mit mehr als zwei Multiplicatoren wegen den so sehr beschränkten Dimensionen derselben ganz unmöglich war. Die Multiplicatoren zeigten die durch die äusseren Druckkräfte hervorgebrachten Verkürzungen der bezüglichen Probefasern in sehr nahe 50-facher Vergrösserung an, und ergab sich mit Rücksicht auf die specielle Einrichtung der verwendeten Multiplicatoren für jenen Zeichens I die Reductionszahl 0·41186 und für das Instrument Zeichens II die Reductionszahl 0·42910, d. h. die von den Instrumenten I und II unmittelbar angezeigten Verkürzungen der Probefasern mussten beziehungsweise mit den oben angegebenen Zahlen multiplicirt werden, um die „reducirten“ Ablesungen oder die wahren Grössen der eingetretenen Verkürzungen zu erhalten, welche nun auch in den Versuchs-Protokollen, Seite 394 hervorgehoben sind.

Ein Blick auf dieselben Protokolle zeigt, dass die Verkürzungen der zwei beobachteten Probefasern unter dem Einflusse ein und derselben äusseren Belastung in einzelnen Fällen sehr verschieden sind, welche Thatsache vornehmlich ihren Grund in der auffälligen Inhomogenität der Probematerialien und wohl auch in der mehr weniger unvollkommenen, d. h. nur praktisch genauen Anarbeitung der Versuchskörper findet.

Auf Seite 394 sind nun 3 Druckversuche, soweit es sich um Ermittlung der Elasticitätsverhältnisse der bezüglichen Probekörper, Zeichens IV, V und VI handelte, detaillirt vorgeführt und somit Gelegenheit gegeben, die allmählichen Veränderungen der Probefasern durch die einzelnen Belastungen genau verfolgen zu können. Diese Veränderungen, d. i. Verkürzungen der Probefasern sind, wie die Werthe in Colonne: „Mittel der reducirten Ableesungen etc.“ erkennen lassen, in der That minimale, weil ja auch die Grösse der Probelängen der Beobachtungsfasern mit nur 3·0 Cm. bemessen werden konnte; ebenso ergeben die in der rechts folgenden Colonne zusammengestellten Werthe der „Differenzen dieser mittleren Verkürzungen pro Belastungszunahme“ kleine Grössen, wenigstens für jene Belastungsgrössen, welche noch sehr nahe elastische Längenänderungen der bezüglichen Fasern hervorrufen, welche erstere also entweder vollständig verschwinden oder doch nur äusserst kleine bleibende Längenänderungen zurücklassen, wenn die Wirkung der äusseren Druckkräfte aufgehoben wird.

Die Protokolle für Versuche Nr. 121, 122 und 123, sowie jene für die Versuche Nr. 119, 120 und 123, welche letztere nicht speciell mitgetheilt wurden, lieferten noch früher das ausführliche Materiale zur Construction der mittleren Druckcurven, welche auf Tafel XVI mit der Angabe der Form des Probekörpers für Versuch Nr. 122 vor und nach dessen Erprobung zusammengestellt sind. Der Abscissenmassstab wurde für sämtliche Diagramme mit $1000 \cdot 0 \text{ k} = 4 \cdot 0 \text{ Mm.}$, der Ordinatenmassstab mit 300 l gewählt; die letztere sehr bedeutende Vergrösserung war mit Rücksicht auf die schon früher hervorgehobene minimale Grösse der Längenänderungen der Probefasern geboten. Die mittleren Druckcurven repräsentiren durchaus charakteristische Linien von sehr beachtenswerther Regelmässigkeit in ihrer Entwicklung und gestatten die Auffindung der ausgezeichneten Punkte derselben für Berechnung der Druckelasticitätsgrenze, sowie des mittleren Elasticitätsmodulus für Druck mit genügender Schärfe.

Bezeichnet allgemein P_e jene Druckkraft in k , welche die Inanspruchnahme des Materiales an dessen Druckelasticitätsgrenze bewirkte, und welche aus dem bezüglichen Diagramme sofort gefunden werden kann, $f \square \text{ Cm.}$ die effective Druckfläche des Probekörpers, $d \frac{k}{\square \text{ Cm.}}$ die Inanspruchnahme desselben an der Druckelasticitätsgrenze, ferner E_d den mittleren Elasticitätsmodulus für Druck, $l \text{ Cm.}$ die sogenannte Probelänge der beobachteten Fasern ($3 \cdot 0 \text{ Cm.}$) $A \text{ Cm.}$ eine Verkürzung der Probelänge l , welche durch eine Druckkraft Pk hervorgerufen wurde, deren graphischer Werth (Ordinate) noch innerhalb der genau oder noch annähernd geraden Strecke der mittleren Druckcurve liegt, so ergibt sich z. B. für Versuch Nr. 122:

$$d = \frac{P_e}{f} = \frac{8500}{32 \cdot 10} = 264 \cdot 8 \frac{k}{\square \text{ Cm.}},$$

sowie die mittlere absolute Verkürzung an der Elasticitätsgrenze $0 \cdot 0050 \text{ Cm.}$, wobei der Ursprung des Ordinaten-systemes in die Verlängerung der geraden Strecke der Druckcurve versetzt gedacht wurde, da der im Diagramme ersichtliche Bruch der Curve zunächst dem Ordinatenursprunge auf äussere vom Probemateriale unabhängige Ursachen zurückzuführen ist. Man hat daher die mittlere absolute Verkürzung der Fasern an der Elasticitätsgrenze ($v \text{ Cm.}$), sowie dieselbe verhältnissmässig und in Procenten der Probelänge ausgedrückt, der Reihe nach:

$$\begin{aligned} v \text{ Cm.} &= 0 \cdot 0050 \\ \frac{v}{l} &= 0 \cdot 00166 \\ 100 \frac{v}{l} &= 0 \cdot 166 \end{aligned}$$

ferner ergibt sich für

$$E_d = \frac{P \cdot l}{v \cdot f} = \frac{6000 \cdot 3 \cdot 0}{0 \cdot 003180 \cdot 32 \cdot 10} = 176.500 \frac{k}{\square \text{Cm.}}$$

Bezeichnet endlich $D \frac{k}{\square \text{Cm.}}$ den Coefficienten der absoluten Druckfestigkeit, so hat man

$$D = \frac{14000}{32 \cdot 10} = 436 \cdot 1 \frac{k}{\square \text{Cm.}}$$

Der Probekörper wurde nach Protokoll Nr. 122 bei der Maximalbelastung von 14000 Klg. plötzlich und ohne vorherige Anzeichen zerdrückt, d. h. auf allen Verticalflächen des würfelförmigen Körpers erschienen einzelne Längsfaserpartien völlig zerknickt und zum Theile angerissen und gespalten. Die möglichst genaue Aufnahme der vier Verticalflächen des Probekörpers ergab die 4 Figuren, Tafel XVI, aus welchen nicht nur die Lage und Neigung der ganz entschieden ausgedrückten Bruchlinien, sondern auch die Veränderung der Lage und Gestalt der ursprünglich genau parallel gelegenen verticalen Kanten desselben zu ersehen ist. Bei dauernder Einwirkung der Bruchbelastung trat endlich völliges Spalten des Probekörpers in mehrere, in ihrem Zusammenhange schon stark gelockerte Materialpartien ein.

Die auf Tafel XVI zusammengestellten Diagramme weisen zunächst wohl die Möglichkeit der gründlichen Untersuchung der Druckelasticitätsverhältnisse der Hölzer nach, liefern aber in ihrer Minderheit kein geeignetes Materiale für eine eingehende Analyse, deren Ergebniss etwa als Grundlage für weitere Schlussfolgerungen dienen sollte. Dieselben Diagramme lassen aber jedenfalls auch die grossartige Verschiedenheit der Hölzer in Hinsicht ihrer Druckelasticitätsverhältnisse erkennen, welche mit aller Entschiedenheit durch die so sehr verschiedenen Charakteristiken der Linien selbst zur Anschauung gebracht wird. Die verschiedenen Neigungen derselben Linien gegen die zu Grunde gelegten bezüglichen Abscissenachsen, die so sehr variirenden Grössen der Coordinaten für das Element der grössten Krümmung der einzelnen Curven u. s. w. begründen im Besonderen die Verschiedenheit der Charakteristik der mittleren Druckcurven, welche entschieden die interessantesten, weil am schwierigsten zu gewinnenden Diagramme repräsentiren.

Die auf Seite 397 zusammengestellten Schlussergebnisse der Druckversuche, deren Verlauf in den Hauptmomenten gleichfalls skizzirt ist, zeigen eine genügende Vollständigkeit, da für dieselben jene bei den Zugversuchen speciell hervorgehobenen störenden Einflüsse nicht zur Wirkung kommen konnten. Eine eingehende Interpretation dieser Schlussergebnisse ist selbstverständlich wegen der so geringen Anzahl der Versuche nicht zulässig; trotzdem mag aber doch auf die Ergebnisse der Versuche mit den Probekörpern, Zeichens IV, V und VI, welche einem und demselben Stamme entnommen sind, wenn auch mit aller Vorsicht hingewiesen und die auffällig wenig differirenden Werthe der absoluten Druckfestigkeit für Unter- und Mitteltrumm sowie für Astholz hervorgehoben werden, wenn auch die Elasticitäts-Coefficienten derselben Materialien bei nahezu vollständig übereinstimmenden Dimensionen der Probekörper wesentlich grössere Differenzen zeigen, welche auch für die Dehnungen an der Druckelasticitätsgrenze und endlich auch für die Elasticitätsmodule nachgewiesen sind.

Im Grossen und Ganzen werden die Druckversuche für die technische Praxis von entschieden grösserem Werthe sein, als die früher entwickelten Zugversuche. Es wäre daher eine recht zahlreiche Durchführung der ersteren Versuche sehr erwünscht, deren Ergebnisse bei genügender Zahl als Grundlage für Specialstudien, z. B. über den Einfluss des Harzens, über die Veränderungen der Elasticitäts- und Festigkeitsverhältnisse der Materialien aus dem Unter-, Mitteltrumme und dem Astbereiche derselben Bäume u. s. w. dienen könnten.

Tabelle Nr. II.
Resultate der Untersuchungen der Druckelastizität und Festigkeit.

| Nummer | des Versuches | des Diagrammes | 1878 | | Fällungs-Zeit | Charakteristik des Probenmaterials | Zeichen | Bestand | Dimensionen der Probekörper | | | | Elastizitätsgrenze | | | | Bruchgrenze | | | | Verlauf des Versuches, Aussehen der Bruchstücke | |
|--------|---------------|----------------|------------|------------|---------------|------------------------------------|---|---------|-----------------------------|-------------------|--------------------------------------|------------------|-----------------------------|---------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|---|--|
| | | | Probelänge | Länge | | | | | Breite | Flächeninhalt | Derselben entspricht eine Druckkraft | Zusammendrückung | | | Derselben entspricht eine Druckkraft | | Zusammendrückung | | | | | |
| | | | Centimeter | Centimeter | Centimeter | | | | Total in Kgr. | Speziell Kgr./Cm. | Absolut in Centimeter | Verhältnismässig | In Procenten der Probelänge | Total in Kgr. | Speziell in Kgr./Cm. | Absolut in Centimeter | In Procenten der Probelänge | | | | | |
| 119 | 61 | II | 19 | 7 | V | I | | 3·00 | 5·74 | 5·66 | 32·50 | 4000 | 123·0 | 0·00455 | 0·00152 | 0·152 | 95·000 | 7000 | 215·4 | 0·21 | 7·0 | ad 119. Richtung der Druckkraft parallel zur Längsfaser des Probestückes. Bei 5000 K. Belastung reichlicher Harzaustritt an allen Verticalflächen. 6000 K. Bel. Ausbauchen der Seitenflächen. Bei 7000 K. Bel. Knicken der Längsfaser und totales Zerdrücken. ad 120. Richtung der Druckkraft zur Längsfaser des Probestückes. Vor Probe mit 237·5 K./□Cm. belastet, dann entlastet. Bei 10·000 K. Bel. Ausbauchen der Seitenflächen, kein Harzaustritt. Knicken der Fasern ausgezeichnet ausgedrückt. ad 124. Im Momente des Bruches kein Harzaustritt. ad 122. Im Momente des Zerdrückens kein Ausbauchen oder Harzaustritt. Entschiedenes Knicken der Fasern. ad 123. Im Momente des Bruches die Kanten des Probestückes nicht mehr gerade; kein Harzaustritt. ad 121. Nach Bel. mit 10·000 K. entlastet. Kanten nicht mehr gerade. Bei 12·500 K. Bel. Verticalanten stark (S)-förmig. An einer Verticalfläche reichlicher Harzaustritt. Sehr deutliches Knicken der Längsfasern im Momente der Zerstörung. |
| 120 | 62 | II | 19 | 9 | V | II | Föhrenwald am Steinfeld bei Wiener Neustadt | 3·00 | 5·61 | 5·70 | 32·00 | 9500 | 296·8 | 0·00149 | 0·00049 | 0·049 | 3·000·000 | 16000 | 500·0 | 0·14 | 4·5 | |
| 124 | 66 | II | 19 | 11 | V | III | | 3·00 | 5·66 | 5·70 | 32·26 | 4000 | 124·0 | 0·00798 | 0·00266 | 0·266 | 48·500 | 8250 | 255·7 | 0·22 | 7·3 | |
| 122 | 64 | II | 21 | 11 | V | IV | | 3·00 | 5·65 | 5·68 | 32·10 | 8500 | 264·8 | 0·00500 | 0·00166 | 0·166 | 176·500 | 14000 | 436·1 | 0·19 | 6·3 | |
| 123 | 65 | II | 21 | 11 | V | V | | 3·00 | 5·75 | 5·62 | 32·30 | 10500 | 325·1 | 0·00350 | 0·0117 | 0·1170 | 396·000 | 13000 | 402·5 | 0·08 | 2·6 | |
| 121 | 63 | II | 21 | 10 | V | VI | Föhrenwald in Gutenstein | 3·00 | 5·65 | 5·68 | 32·10 | 7500 | 233·6 | 0·01230 | 0·00410 | 0·4100 | 65·700 | 13800 | 429·9 | 0·125 | 4·2 | |

Torsionsversuche.

Zur Untersuchung der Torsionselasticität und Festigkeit des Schwarzföhrenmaterialies wurden 8 Versuche, und zwar je 4 mit Materialien aus dem Wr. Neustädter und Gutensteiner Föhrenwalde durchgeführt, wobei die Gutensteiner Materialien wieder dem Unter- und Mitteltrumme, sowie dem Geäste eines und desselben ungeharzten Baumes entnommen sind.

Die wesentliche Charakteristik der 8 Versuchskörper lautet:

- Ad Zeichen I_a. Aus dem Untertrumme eines geharzten Stammes. Material ungleich dicht, in einzelnen Partien stark verharzt.
- I_b. Aus dem Untertrumme eines geharzten Stammes. Material sehr ungleichmässig dicht. Der Probestab enthält einige kräftige Queräste. Die Färbung der Staboberfläche war licht gelbroth. Ein Kopf des Stabes ist stark verharzt.
- III_a. Aus dem Untertrumme eines ungeharzten Stammes. Material astfrei, mitteldicht. Färbung: Gelbgrau. Keine Harzung sichtbar.
- III_b. Aus dem Untertrumme eines ungeharzten Stammes. Material gleichmässig dicht, enthält aber einige kräftige Queräste. Färbung: Blassgelb mit grauen Flecken und Streifen.
- IV_a. Aus dem Untertrumme eines ungeharzten Stammes. Material völlig astfrei und gleichmässig dicht. Der Probestab ist an einem Ende stark verharzt. Färbung: Gelblich-grau.
- IV_b. Aus dem Untertrumme desselben ungeharzten Stammes. Material ungleich dicht und astig, aber nicht verharzt. Färbung: Hellgelb.
- V. Aus dem Mitteltrumme desselben ungeharzten Stammes. Ein Querast, sonst gleichmässig dicht; nicht verharzt.
- VI. Astholz vom selbigen ungeharzten Baume. Material sehr dicht und astig, nicht verharzt. Färbung: Hellgelb.

Die Torsionsversuche sind entschieden einfacher und leichter durchzuführen, als die bisher behandelten Zug- und Druckversuche. Zunächst ist der Einbau der Probematerialien in den Versuchsapparat nach einfacher Methode präcis durchzuführen, dann erscheinen im Allgemeinen verhältnissmässig grosse Formveränderungen der beobachteten Fasern, wodurch die Behandlung der bezüglichen Messinstrumente und die Ausnutzung ihrer Indicationen bedeutend erleichtert wird. Nur ist die gleichzeitige Beobachtung mehrerer Fasern, beziehungsweise die Adjustirung mehrerer Messinstrumente schwierig und umständlich. Bei den behandelten Torsionsversuchen ist daher nur eine Beobachtungsfaser vorausgesetzt, daher die auf Tafel XVII verzeichneten Verdrehungscurven nicht als mittlere elastische Curven aufzufassen sind, wodurch — wie schon früher hervorgehoben — die Genauigkeit der auf die Torsionselasticität bezughabenden Schlussergebnisse eine geringere ist, als jene, welche für die Zug-, Druck- und Biegeelasticitäts-Untersuchungen erreicht werden konnte.

| V. Nr. 140. | | Zeichen V. | | D. Nr. 74. | | V. Nr. 144. | | Zeichen III. | | D. Nr. 78. | |
|-------------|--|------------|--|------------|--|-------------|-------------|--------------------------------------|---------|---------------------------------|-------|
| Nummer | Belastung in Kgr., wirksam am Hebelarme von 15·0 Cm. | | Verdrehung der Fasern an der Staboberfläche in Millimetern | | Differenz der Verdrehungen pro Belastungszunahme | | Bemerkungen | Verdrehung der Fasern in Millimetern | | Differenz der Belastungszunahme | |
| | am Instrumente | reduirt | am Instrumente | reduirt | am Instrumente | reduirt | | am Instrumente | reduirt | | |
| 0 | 5·0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 10·0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 25·0 | 2·080 | 0·5178 | 0·5178 | 0·5178 | 0·5178 | 50·0 | 0·500 | 0·201 | 0·201 | 0·201 |
| 2 | 37·5 | 3·490 | 0·8904 | 0·8904 | 0·3726 | 0·3726 | 100·0 | 1·140 | 0·458 | 0·458 | 257 |
| 3 | 50·0 | 5·715 | 1·4579 | 1·4579 | 0·5675 | 0·5675 | 150·0 | 1·840 | 0·740 | 0·740 | 282 |
| 4 | 62·5 | 8·510 | 2·1709 | 2·1709 | 0·7130 | 0·7130 | 200·0 | 2·505 | 1·008 | 1·008 | 268 |
| 5 | 75·0 | 13·325 | 3·3992 | 3·3992 | 1·2282 | 1·2282 | 250·0 | 3·265 | 1·314 | 1·314 | 306 |
| 6 | 5·0 | 7·700 | 1·9642 | 1·9642 | — | — | 300·0 | 4·095 | 1·647 | 1·647 | 333 |
| 7 | 75·0 | 13·265 | 3·3839 | 3·3839 | — | — | 350·0 | 4·995 | 2·011 | 2·011 | 364 |
| 8 | 87·5 | — | — | — | — | — | 400·0 | 6·125 | 2·464 | 2·464 | 453 |
| 9 | 100·0 | — | — | — | — | — | 450·0 | 7·325 | 2·947 | 2·947 | 483 |
| 10 | 125·0 | — | — | — | — | — | 550·0 | 10·000 | 4·023 | 4·023 | — |
| 11 | 150·0 | — | — | — | — | — | 650·0 | — | — | — | — |
| 12 | 175·0 | — | — | — | — | — | 675·0 | — | — | — | — |
| 13 | 200·0 | — | — | — | — | — | 700·0 | — | — | — | — |
| 14 | — | — | — | — | — | — | 725·0 | — | — | — | — |

ad 7. Instrumente abgenommen.
ad 13. Bruch. Bruchfläche zeigt sehr reine Spiegel. Kein Austritt des Harzes.

ad 10. Instrument abgenommen.
ad 14. Bruch total; an seiner Fläche treten reine Spiegelflächen hervor. Kein Harzaustritt.

Die oben zusammengestellten Special-Protokolle liefern für die Versuche Nr. 140 und 144 das vollständige Materiale für die Construction der zugehörigen Verdrehungscurven, aus welchen wieder in bereits bekannter Weise die Daten zur Berechnung der Torsionselasticitäts-grenze, der bei derselben stattfindenden Verdrehungen und des Torsionselasticitäts-Modulus gewonnen werden. Zu den in der 3., 4. und 5. Colonne dieser Special-Protokolle zusammengestellten Werthen ist zu bemerken, dass die Werthe der Colonne 3 die direct vom Instrumente in circa 20-facher Vergrösserung angezeigten Verdrehungen (in Mm.) bedeuten, welche aber behufs Auffindung der durch die einzelnen Torsionsmomente (deren constanter Hebelarm 15·0 Cm. beträgt), hervorgerufenen wahren Verdrehungen mittelst eines Coefficienten „reducirt“ werden müssen, so dass in Colonne 4 beider Protokolle die „reducirten“ Able-sungen, d. h. die bezüglichen Verdrehungen in natürlicher Grösse, und zwar gemessen am Umfange des cylindrischen Probekörpers, erscheinen, welch' letztere nochmals in Colonne 5 aufgenommen sind.

Da der Reductions-Coefficient naturgemäss auch vom Durchmesser des cylindrischen Probestabes abhängt, so ergab sich in Folge der speciellen Einrichtung des angewendeten Messinstrumentes für das Diagramm Nr. 74 die Reductionszahl 0·25510 bei einem Diameter des Probestabes von 4·99 Cm. und für Diagramm Nr. 78 bei 8·870 Cm. Stabdiameter der Coefficient 0·40230.

Zur Verzeichnung der Verdrehungscurven, welche sich (siehe Tafel XVII) sämmtlich durch eine sehr regelmässige Form auszeichnen, wurde der Abscissenmassstab mit 50·0 Klg. = 10·0 Mm., der Ordinatenmassstab mit 20 : 1 angenommen; auf gleicher Tafel sind noch die Formen und Dimensionen der Probestäbe, sowie die Bruchstücke derselben nach Versuch Nr. 139 und 141 aufgenommen.

Bezeichnet M_e das aus dem Diagramme ermittelte Torsionsmoment an der Elasticitätsgrenze in Cm. k , l Cm. die Probelänge des Stabes, f □Cm. den Inhalt des Kreisschnittes für die Probestrecke, φ den in Graden ausgedrückten Torsionswinkel, $t \frac{k}{\square\text{Cm.}}$ die Inanspruch-nahme des Probematerials an der Torsionselasticitätsgrenze, $T \frac{k}{\square\text{Cm.}}$ jene an der Bruch-grenze, $E_t \frac{k}{\square\text{Cm.}}$ den mittleren Elasticitätsmodulus für Torsion, endlich m_p den polaren Modul des Probestabquerschnittes reducirt auf Centimeter, so ergibt sich z. B. für Versuch Nr. 144, Diagramm Nr. 78

$$t = \frac{M_e}{m_p} = \frac{375 \times 15}{95 \cdot 54} = 58 \cdot 88 \frac{k}{\square\text{Cm.}}$$

Die Verdrehung an der Elasticitätsgrenze findet sich nach Diagramm mit $v = 0 \cdot 2240$ Cm., daher der Verdrehungswinkel φ_e in Graden:

$$\varphi_e = \frac{v \cdot 360}{U} = \frac{0 \cdot 224 \times 360}{24 \cdot 724} = 3^\circ 15 \cdot 8'$$

wenn U in Centimeter den Umfang des kreisförmigen Probequerschnittes bezeichnet. Weiters ergibt sich für

$$E_t = \frac{M \cdot l \cdot 360}{f^2 \varphi^0} = \frac{150 \times 15 \times 37 \cdot 5 \times 360}{48 \cdot 645^2 \times 1 \cdot 08^0} = 11900 \frac{k}{\square\text{Cm.}},$$

wenn M ein Torsionsmoment bezeichnet, dessen Proportionale im Diagramme (Ordinate) innerhalb der annähernd geraden Strecke des Diagrammes liegt, ferner φ in Graden den diesem Momente entsprechenden Verdrehungswinkel angibt. Schliesslich erhält man für

$$T = \frac{725 \times 15}{m_p} = \frac{725 \times 15}{95 \cdot 54} = 113 \cdot 8 \frac{k}{\square \text{Cm.}}$$

Nachdem die einzelnen Probestäbe verschiedene Durchmesser nachweisen und für dieselben auch verschiedene Probelängen angenommen erscheinen, so ist ein Vergleich der aus den Diagrammen gewonnenen mechanischen Grössen für die 7 Probestäbe nicht zulässig und eine Discussion der Diagramme nicht möglich, obschon durch dieselben der Nachweis geliefert ist, dass die Untersuchung der Torsionselasticität der Holzmaterialien mit vollkommen ausreichender Genauigkeit und Uebersichtlichkeit hinsichtlich ihrer Ergebnisse möglich ist.

Die auf Seite 402 tabellarisch zusammengefassten Resultate über die bezüglichen Untersuchungen bis zur Bruchgrenze gewähren im Zusammenhange mit den Verdrehungscurven einen vollständigen Ueberblick über den Verlauf und Abschluss der einzelnen Versuche, welch' letzterem noch eine genaue Besichtigung der Bruchstücke folgte, die durchaus sehr interessante Formen und Trennungsflächen zeigten. Die Messungen, betreffend die bleibende Verdrehung der Probestäbe an der Bruchgrenze, deren Verkürzungen etc. mussten wegen totaler Zerstörung der Probekörper unterbleiben.

Tabelle Nr. III.
Resultate der Untersuchungen der Torsions - Elasticität und Festigkeit.

| Nummer | 1878 | Zeit | | Charakteristik des Probenmaterials | Zeichen | Bestand | Dimensionen | | Elasticitätsgrenze | | | Bruchgrenze | | Verlauf des Versuches, Aussehen der Bruchstücke | | | |
|--------|------|-----------|-----------|------------------------------------|------------------|---|---------------------------|-----------------|---------------------------------|---|---------------|----------------|-----------|---|---|--|--|
| | | Fällungs- | Prüfungs- | | | | Probelaenge in Centimeter | Diameter in Cm. | Polarer Modul, reducirt auf Cm. | Derselben entspricht ein Drehmoment in Kgr. Cm. | Klgr. / □ Cm. | Absolut in Cm. | in Graden | | Mittlerer Elasticitäts - Modul in Klgr. / □ Cm. | Derselben entspricht ein Drehmoment in Klgr. Cm. | Klgr. / □ Cm. |
| 141 | 75 | 19 II | 5 VI | | I. | Föhrenwald in Gutenstein | 40.0 | 5.007 | 24.50 | 100 × 15 | 61.20 | 0.2925 | 6°.42.4' | 8800 | 225 × 15 | 137.7 | ad 141. Verdrehungen sehr regelmässig. Bruch plötzlich durch die Aeste erfolgt. Kein Harzaustritt. |
| 142 | 76 | 19 II | 6 VI | | I ₁ | Föhrenwald am Steinfeld bei Wiener Neustadt | 40.0 | 8.02 | 101.10 | 375 × 15 | 55.63 | 0.3230 | 4°.36.8' | 9200 | 575 × 15 | 85.3 | ad 142. Verdrehungen sehr regelmässig. Bruch durch einen Stabkopf erfolgt, an diesem Harzaustritt. |
| 139 | 73 | 19 II | 4 VI | | III ₁ | | 40.0 | 4.855 | 22.36 | 82.5 × 15 | 55.35 | 0.1975 | 3°.18.0' | 12900 | 250 × 15 | 167.7 | ad 139. Bruchfläche durch die ganze Länge des Stabes. Kein Harzaustritt. |
| 144 | 78 | 19 II | 13 VI | | III ₂ | | 37.5 | 7.870 | 95.54 | 375 × 15 | 58.90 | 0.2240 | 3°.15.8' | 11900 | 725 × 15 | 113.8 | ad 144. Totaler Bruch, durch astige Stellen begrenzt. An Bruchfläche reine Spiegelflächen hervorretend. Kein Harzaustritt. |
| 143 | 77 | 21 II | 7 VI | | IV _a | | 40.0 | 7.838 | 94.45 | 400 × 15 | 63.52 | 0.3160 | 4°.37.1' | 9600 | 675 × 15 | 107.2 | ad 143. Bruchfläche zeigt reine Spiegel. An beiden Enden des Stabes Harzaustritt. |
| 145 | 79 | 21 II | 13 VI | | IV _b | | 28.0 | 4.890 | 22.92 | 45 × 15 | 29.40 | 0.0920 | 2°.9.3' | 11300 | 125 × 15 | 81.6 | ad 145. Bruchfläche kurz gewunden durch die dichteren Partien des Stabes. An einem Stabkopfe sehr schwacher Harzaustritt. |
| 140 | 74 | 21 II | 5 VI | | V | | 40.0 | 4.99 | 24.35 | 47.5 × 15 | 29.20 | 0.1500 | 3°.26.7' | 6700 | 200 × 15 | 122.9 | ad 140. Keine Spiegell auf der Bruchfläche. Kein Harzaustritt. |
| 146 | — | 21 II | 13 VI | | VI | | 50.0 | 4.23 | 14.83 | — | — | — | — | — | 137.5 × 15 | 139.1 | ad 146. Stab sehr stark krumm gezogen. Bruchfläche kurz gewunden. Keine Spur von Spiegelflächen, kein Harzaustritt. |

Biegungsversuche.

Ausser den vorerwähnten Zug-, Druck- und Torsionsversuchen wurden schliesslich 6 Biegungsversuche durchgeführt, für welche je 3 Probekörper aus dem W. Neustädter und Gutensteiner Föhrenwalde genommen wurden, deren Charakteristik durch folgende Bemerkungen im Wesentlichen gegeben ist:

- ad Zeichen I. Aus dem Untertrumme eines geharzten Stammes. Material ungleich dicht, astig, sehr verharzt. Färbung: blassgelb-blassroth.
- „ II. Aus dem Untertrumme eines geharzten Stammes. Material dicht, enggelagerte Jahresringe, astfrei, nicht verharzt.
- III. Aus dem Untertrumme eines ungeharzten Stammes. Material mitteldicht, astig, nicht verharzt. Färbung: gelb-grau.
- IV. Aus dem Untertrumme eines ungeharzten Stammes. Material dicht, astfrei, nicht verharzt. Färbung: blassgelb-grau.
- V. Aus dem Mitteltrumme desselben ungeharzten Baumes. Material sehr gleichmässig dicht, enggelagerte Jahresringe, astig, nicht verharzt. Färbung: hochgelb.
- VI. Astholz vom selben ungeharzten Baume. Material feinastig, an einzelnen Stellen stark verharzt. Färbung: blassgelb.

Die Biegungsversuche sind gleich den Torsionsversuchen wesentlich einfacher durchzuführen, als die Zug- und Druckversuche. Sowohl der Einbau der Probekörper als auch die Adjustirung zweier Instrumente zur Messung der durch die äusseren Biegungskräfte hervorgebrachten Einbiegungen verursacht keine wesentliche Schwierigkeit. Indem noch bei entsprechender Probelänge d. i. freie Länge der Probekörper zwischen den Auflagerrollen (50·0 Cm.) selbst durch verhältnissmässig kleine Biegungskräfte schon deutlich wahrnehmbare Einbiegungen resultiren, so ist eine bedeutende Vergrösserung der letzteren durch Multipliatoren nicht erforderlich, in welchem Umstande ohne Zweifel auch eine einfachere und sichere Verwendung der bezüglichen Instrumente begründet ist.

Es sei noch speciell hervorgehoben, dass sämtliche Probekörper behufs Untersuchung der Biegungselasticität und Festigkeit hochkantig auf die in der Entfernung von 50 Cm. adjustirten Rollen eines starken sogenannten Biegungsträgers frei aufgelegt wurden und die äussere Biegungskraft durch ein 2·0 Cm. breites Druckstück unmittelbar übertragen wurde, wobei sich nach genauer Adjustirung desselben dieselbe Biegungskraft auf die erwähnte Länge von 2·0 Cm. gleichmässig vertheilen musste, welcher Umstand aber bei Ermittlung des effectiven Biegemomentes seines geringen Einflusses halber nicht berücksichtigt wurde.

| Nummer | Belastung, wirksam in der Mitte der Probefänge | Ableseungen in Millimeter | | | | Mittlere Einbiegung | Differenz der mittleren Einbiegungen pro Belastungszunahme | Differenz der Einbiegungen I und II | Verlauf des Versuches |
|-------------|--|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------------|---------------------|---|---|------------------------------------|
| | | am Instrumente Nr. I | reducirt oder Einbiegung I | am Instrumente Nr. II | reducirt oder Einbiegung II | | | | |
| V. Nr. 128. | | Zeichen: I. | | | | D. Nr. 68. | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | |
| 1 | 250·0 | 0·365 | 0·365 | 0·355 | 0·355 | 0·360 | 0·360 | + 0·010 | |
| 2 | 500·0 | 0·755 | 0·755 | 0·755 | 0·775 | 0·765 | 405 | — 0·020 | |
| 3 | 750·0 | 1·208 | 1·208 | 1·250 | 1·250 | 1·229 | 464 | — 0·042 | ad 7. Die Instrumente abgenommen. |
| 4 | 1000·0 | 1·825 | 1·825 | 1·850 | 1·850 | 1·838 | 609 | — 0·025 | ad 13. Bruch; derselbe erfolgte in |
| 5 | 1100·0 | 1·168 | 2·168 | 2·170 | 2·170 | 2·169 | — | — 0·002 | den äussersten Fasern auf der |
| 6 | 1300·0 | 3·000 | 3·000 | 2·880 | 2·880 | 2·940 | 0·771 | + 0·120 | Zugseite des gefährlichen Quer- |
| 7 | 1500·0 | | | | | | | | schnittes. Auf der Druckseite |
| 8 | 1700·0 | | | | | | | | desselben Querschnittes starker |
| 9 | 1900·0 | | | | | | | | Harzaustritt. Bruch sehr zackig. |
| 10 | 2000·0 | | | | | | | | |
| 11 | 2100·0 | | | | | | | | |
| 12 | 2200·0 | | | | | | | | |
| 13 | 2300·0 | | | | | | | | |
| V. Nr. 131. | | Zeichen: IV. | | | | D. Nr. 71. | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | |
| 1 | 250·0 | 0·240 | 0·240 | 0·185 | 0·185 | 0·213 | 0·213 | 0·055 | ad 6. Instrumente abgenommen. |
| 2 | 500·0 | 0·500 | 0·500 | 0·390 | 0·390 | 0·445 | 232 | 0·110 | ad 7. Knistern. |
| 3 | 750·0 | 0·820 | 0·820 | 0·625 | 0·625 | 0·722 | 277 | 0·195 | ad 13. Bruch; derselbe erfolgte |
| 4 | 1000·0 | 1·400 | 1·400 | 1·000 | 1·000 | 1·200 | 0·478 | 0·400 | gleichzeitig in den äussersten |
| 5 | 1100·0 | 1·625 | 1·625 | 1·150 | 1·150 | 1·388 | — | 0·475 | Zug- und Druckfasern des ge- |
| 6 | 1300·0 | | | | | | | | fährlichen Querschnittes; insbe- |
| 7 | 1500·0 | | | | | | | | sondere ist das Zerknicken der |
| 8 | 1600·0 | | | | | | | | Druckfasern sehr deutlich aus- |
| 9 | 1700·0 | | | | | | | | geprägt. An derselben Stelle |
| 10 | 1800·0 | | | | | | | | reichlicher Harzaustritt. |
| 11 | 2000·0 | | | | | | | | |
| 12 | 2200·0 | | | | | | | | |
| 13 | 2300·0 | | | | | | | | |
| V. Nr. 132. | | Zeichen: V. | | | | D. Nr. 72. | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | |
| 1 | 250·0 | 0·315 | 0·315 | 0·280 | 0·280 | 0·298 | 0·298 | 0·035 | ad 5. Instrumente abgenommen. |
| 2 | 500·0 | 0·605 | 0·605 | 0·565 | 0·565 | 0·585 | 287 | 0·040 | |
| 3 | 750·0 | 0·985 | 0·985 | 0·950 | 0·950 | 0·968 | 383 | 0·035 | ad 10. Bruch im gefährlichen Quer- |
| 4 | 1000·0 | 1·565 | 1·565 | 1·505 | 1·505 | 1·535 | 567 | 0·060 | schnitte durch gleichzeitiges Zer- |
| 5 | 1100·0 | 1·815 | 1·815 | 1·725 | 1·725 | 1·770 | — | 0·090 | reißen und Zerknicken der |
| 6 | 1300·0 | | | | | | | | äussersten Zug- und Druckfasern |
| 7 | 1500·0 | | | | | | | | entstanden. |
| 8 | 1700·0 | | | | | | | | |
| 9 | 1900·0 | | | | | | | | |
| 10 | 2100·0 | | | | | | | | |



Auf Seite 404 sind die Versuche Nr. 128, 131 und 132 ausführlich dargestellt und insbesondere die von den Instrumenten I und II in circa 20fachen Vergrößerungen angezeigten Einbiegungen, sowie deren Mittelwerth tabellarisch zusammengestellt. Die reducirten Ablesungen I und II sind mit Rücksicht auf die specielle Einrichtung der Messinstrumente gleich den wahren Einbiegungen in natürlicher Grösse. Die Daten der Protokolle auf Seite 404 wurden, wie die der übrigen hier nicht besonders hervorgehobenen, in bekannter Weise zur Verzeichnung der mittleren Biegungscurven verwendet, welche nunmehr auf Tafel XVII mit Hervorhebung ihrer ausgezeichneten Punkte nebst den Dimensionen und Formen der Probekörper beziehungsweise Bruchstücke durch Versuche Nr. 128 und 132 dargestellt sind.

Sämmtliche Diagramme, für deren Abscissen der Massstab: 100 K. = 5.0 Mm., für deren Ordinaten das Vergrößerungsverhältniss 20:1 zur Anwendung kam, zeigen eine sehr regelmässige Entwicklung und lassen das Element mit kleinsten Krümmungsradius mit genügender Schärfe erkennen.

Die Bruchstücke weisen fast durchaus nach, dass die äussersten Fasern der Zugseite des gefährlichen Querschnittes zuerst zerstört und so die völligen Brüche der bezüglichen Probekörper eingeleitet wurden. Nur in wenigen Fällen konnte eine gleichzeitige Zerstörung der äussersten auf der Zug- und Druckseite desselben Querschnittes gelegenen Fasern constatirt werden.

Bezeichnet M_e das der Biegungs-Elasticitätsgrenze entsprechende Biegemoment, P in K die entsprechende Biegungskraft, l in Cm. die freie Länge der Probekörper zwischen den Auflagerrollen, a in Cm. die Strecke, auf welche sich die äussere Biegungskraft gleichmässig auf den Rücken der Probekörper vertheilt, deren Mittelkraft nach früher genau in die Mitte der Probekörperlänge fällt, m den Modul des Probequerschnittes reducirt auf Cm., E_b den mittleren Elasticitäts-Modulus für Biegung, $s \frac{K}{\square \text{Cm.}}$ die spezifische Inanspruchnahme der äussersten im gefährlichen Querschnitte gelegenen Zug- und Druckfaser an der Elasticitätsgrenze, $B \frac{K}{\square \text{Cm.}}$ den Coefficienten der Biegungsfestigkeit, so ergibt sich genau

$$M_e = P_e (2l - a) = 8.m.s,$$

wobei $m = \frac{1}{6} b h^2$ wird, wenn b die Breiten- und h die Höhendimension in Cm. des Probequerschnittes bedeutet; wofür für $a = 0$ mit genügender Genauigkeit gesetzt werden kann:

$$M_e = P_e.l = 4.m.s = \frac{2}{3} b h^2.s \text{ und daher}$$

$$s \frac{K}{\square \text{Cm.}} = \frac{3.P_e.l}{2 b h^2}$$

wird; ferner ist E_b gleichfalls für $a = 0$

$$E_b = \frac{1}{4} \cdot \frac{P.l^3}{f.b h^3}$$

wenn P eine sicher innerhalb der Biegungselasticitätsgrenze liegende Biegungskraft (nach Diagramm) und f in Cm. die dieser Biegungskraft entsprechende grösste Einbiegung (gleichfalls nach Diagramm zu nehmen) bedeutet; endlich erhält man für den Coefficienten der Biegungsfestigkeit:

$$B \frac{K}{\square \text{Cm.}} = \frac{3.P \max.l}{2 b h^2},$$

wenn eben $P \max$ die grösste Biegungskraft bezeichnet, welche den Bruch des Probekörpers herbeiführte.

So ergibt sich z. B. für den Versuch Nr. 131, Zeichen IV

$$s = \frac{3 \times 680 \times 50}{2 \times 3.77 \times 97.22} = 139.15 \frac{K}{\square \text{Cm.}}$$

weilers für den Biegungselasticitäts-Modulus mit Benützung des Diagrammes Nr. 71

$$E_b = \frac{500 \times 125000}{4 \times 0.0445 \times 3.77 \times 958.59} = 97000 \frac{K}{\square \text{Cm.}}$$

und endlich für

$$B = \frac{3 \times 2300 \times 50}{2 \times 3.77 \times 97.22} = 470.6 \frac{K}{\square \text{Cm.}}$$

da nach Special-Protokoll Nr. 71 *P max* mit 2300 *K* gefunden wurde.

Die auf Seite 407 zusammengestellte Tabelle Nr. IV bringt in übersichtlicher Darstellung die wesentlichen Ergebnisse der Biegungsversuche, welche wegen ihrer Minderzahl keineswegs geeignet sind, die Grundlage für weitere Spekulationen zu bilden, aber doch die Möglichkeit der Durchführung eingehender Versuche betreffend die Biegungselasticität und Festigkeit der Holzmaterialien nachweisen.

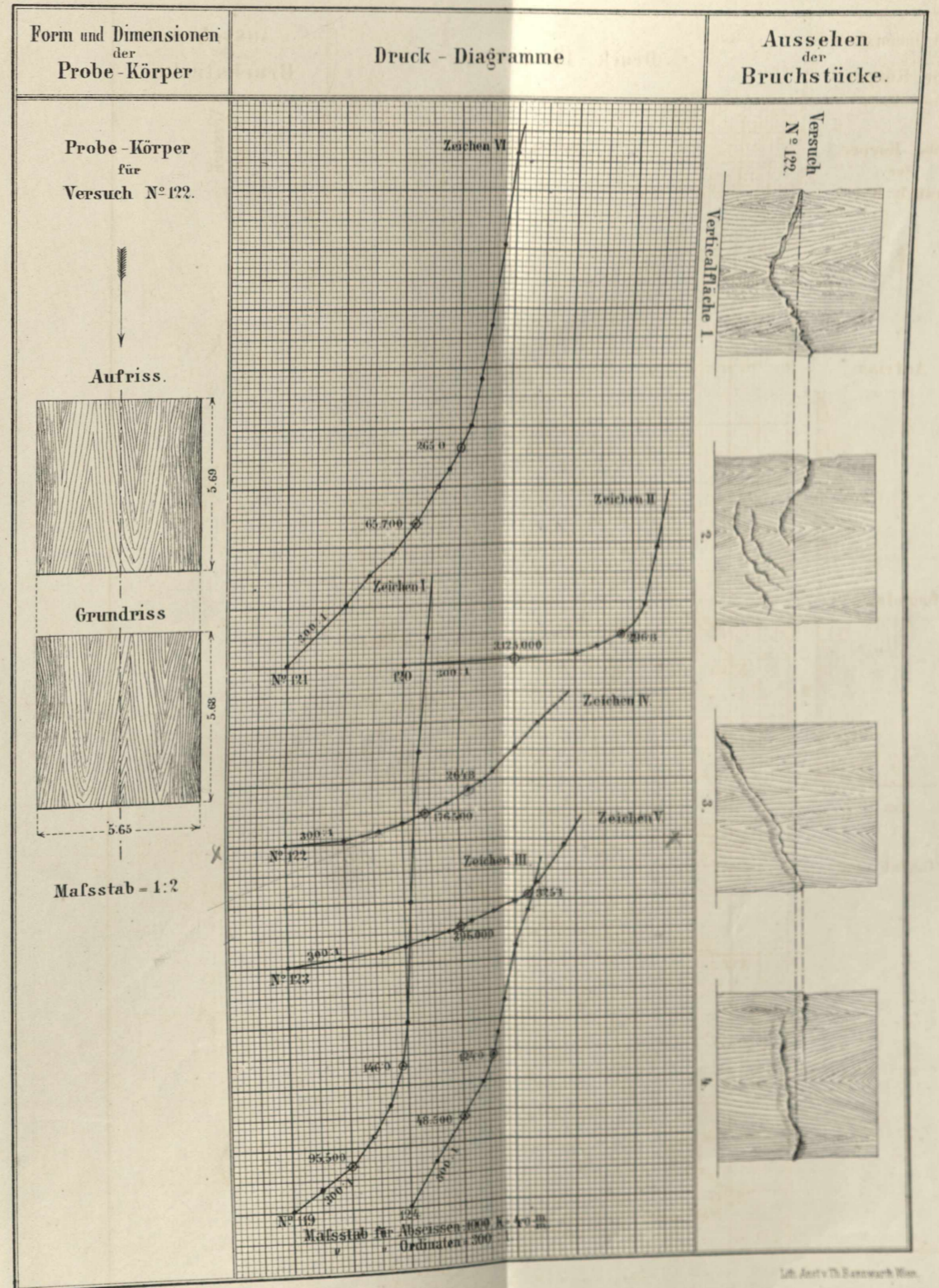
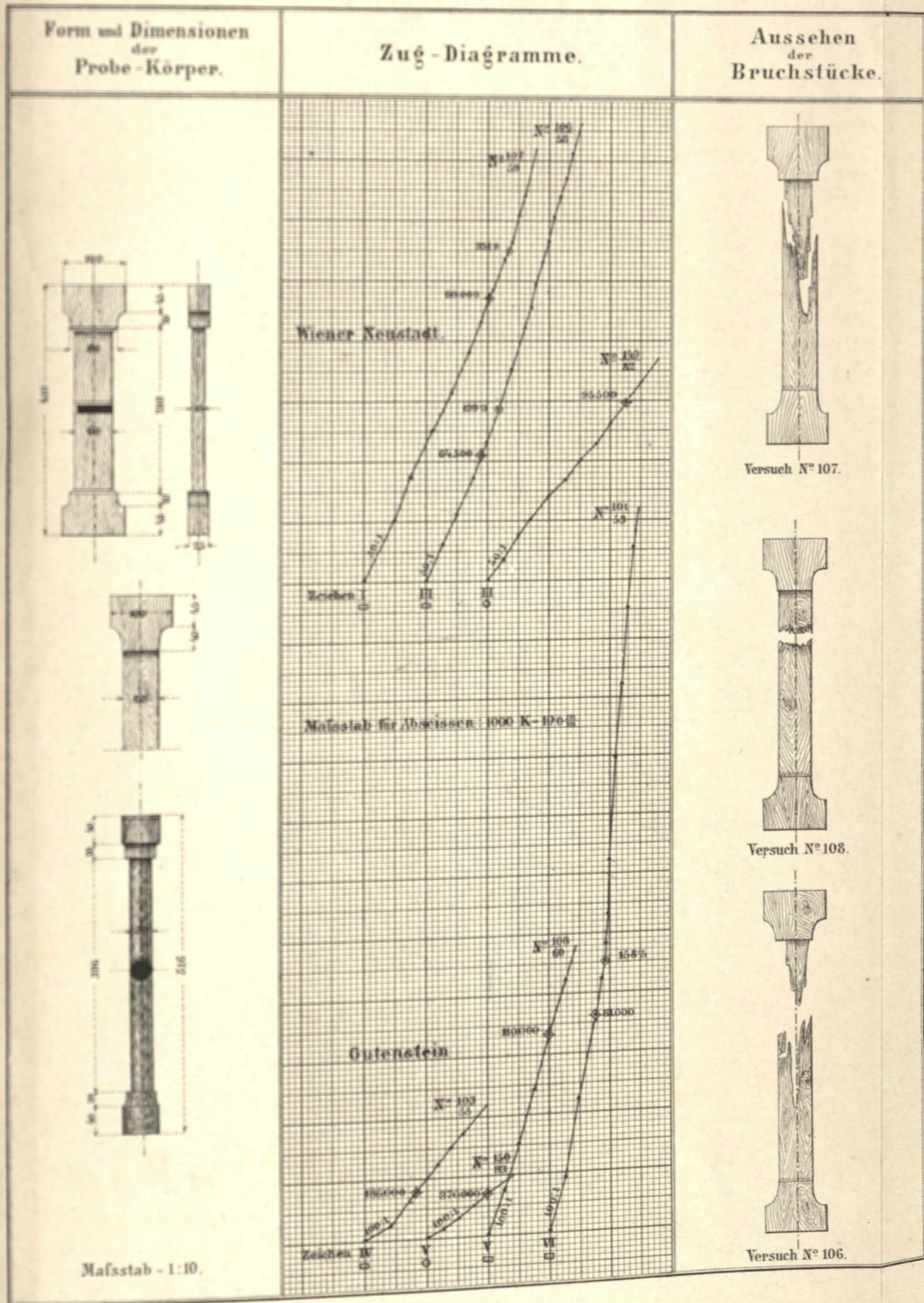
Ueber den Verlauf beziehungsweise Abschluss der Biegungs- und Brechungsversuche sind nachfolgende Bemerkungen anzuschliessen:

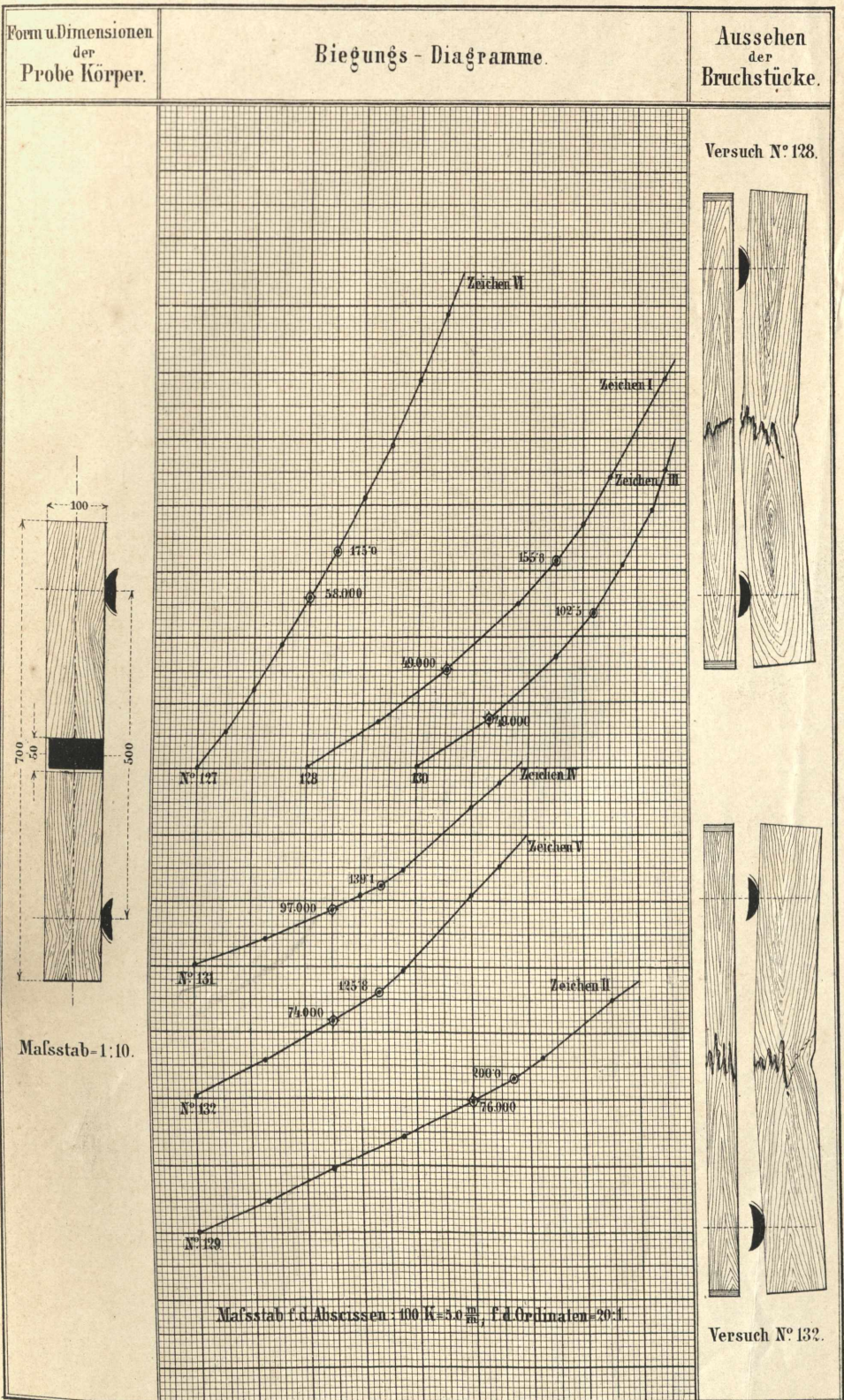
- ad Versuch Nr. 128. Bruch in den äussersten Zugfasern des gefährlichen Querschnittes. Auf der Druckseite desselben starker Harzaustritt. Bruch sehr zackig.
129. Bruch durch die äussersten Zugfasern des gefährlichen Querschnittes. Im Momente des Bruches entstand ein mächtiger Längsriß, der sich auf der einen Hälfte des Probestabes fortsetzte.
130. Bruch nur durch die äussersten Zugfasern des gefährlichen Querschnittes. Auf der Druckseite desselben Harzaustritt.
131. Bruch durch die äussersten Zug- und Druckfasern des gefährlichen Querschnittes. Das Knicken der Druckfasern sehr deutlich ausgeprägt. An denselben reichlicher Harzaustritt.
132. Bruch im gefährlichen Querschnitte durch Zerreißen und Zerknicken der äussersten Zug- und Druckfasern entstanden.
127. Bei 1100 *K*. Belastung zuerst Riss in den äussersten Fasern der Zugseite im gefährlichen Querschnitte; bei 1750 *K*. Belastung totaler Bruch. Bruch sehr zackig.

Die bisherigen Mittheilungen über die für die Untersuchung der Elasticitäts- und Festigkeitsverhältnisse von Schwarzföhrenhölzern einzuschlagenden Methoden, über die Adjustirung und Ausnützung der mehrgenannten Multiplicatoren und Instrumente, endlich über das Verhalten der Holzmaterialien in der Festigkeitsprobir-Maschine genügen die schon in der Einleitung dieser Mittheilungen hervorgehobenen Schwierigkeiten bei Behandlung von Holzmaterialien nachzuweisen und zu bestätigen, dass eben die auffällige Inhomogenität und Veränderlichkeit derselben Materialien der rationellen Durchführung von Elasticitäts- und Festigkeitsproben wesentliche Hindernisse bereiten, welche nur durch Umsicht, Ausdauer und lebhaftes Interesse für derlei Experimente und ihre Ergebnisse bewältigt werden können, und dass endlich nur durch sehr zahlreiche Versuchsreihen wenigstens für Specialstudien ein ausreichendes Studienmaterial geschaffen werden kann.

Tabelle Nr. IV
Resultate der Untersuchungen der Biegeelastizität und Festigkeit.

| Nummer des Versuches | des Diagrammes | 1878 | | Charakteristik der Probematerialien | Zeichen | Bestand | Dimensionen des Probestabes | | | | Elastizitätsgrenze | | Bruchgrenze | | Verlauf des Versuches | | |
|-------------------------|----------------|-----------|-----------|---|---------|---|-----------------------------|------|---|---------------|------------------------------------|--|--|---------------|-----------------------|-------|--------------------------|
| | | Fällungs- | Prüfungs- | | | | Probestab | | | Klgr. / □ Cm. | Einschiebung in Centi- meter | Mittlerer Elastizitäts- Modulus in Klgr. / □ Cm. | Derselben entspricht ein Biegemoment in Cm. Klgr. | Klgr. / □ Cm. | | | |
| | | | | | | | Breite | Höhe | Modulus, reducirt auf Centi- meter | | | | | | | | |
| 128 | 68 | 19 II | 13 V | Föhrenwald am Steinfelde bei Wiener Neustadt | I | Föhrenwald am Steinfelde bei Wiener Neustadt | 50.0 | 4.72 | 9.58 | 72.197 | 255.0 × 50 | 155.8 | 0.155 | 49000 | 575.0 × 50 | 398.2 | S i e h e S e i t e 406. |
| 129 | 69 | 19 II | 14 V | | II | | 50.0 | 4.64 | 9.68 | 72.465 | 290.8 × 50 | 200.0 | 0.116 | 76000 | 800.0 × 50 | 552.0 | |
| 130 | 70 | 19 II | 15 V | | III | | 50.0 | 4.82 | 9.85 | 77.941 | 159.2 × 50 | 102.5 | 0.117 | 49000 | 475.0 × 50 | 304.7 | |
| 131 | 71 | 21 II | 21 V | Föhrenwald in Gutenstein | IV | Föhrenwald in Gutenstein | 50.0 | 3.77 | 9.86 | 61.086 | 170.0 × 50 | 139.1 | 0.060 | 97000 | 575.0 × 50 | 470.6 | |
| 132 | 72 | 21 II | 21 V | | V | | 50.0 | 4.72 | 9.29 | 67.951 | 170.9 × 50 | 125.8 | 0.080 | 74000 | 525.0 × 50 | 386.3 | |
| 127 | 67 | 21 II | 13 V | | VI | | 50.0 | 3.55 | 7.77 | 35.720 | 125.0 × 50 | 175.0 | 0.165 | 58000 | 437.5 × 50 | 612.4 | |

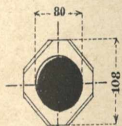




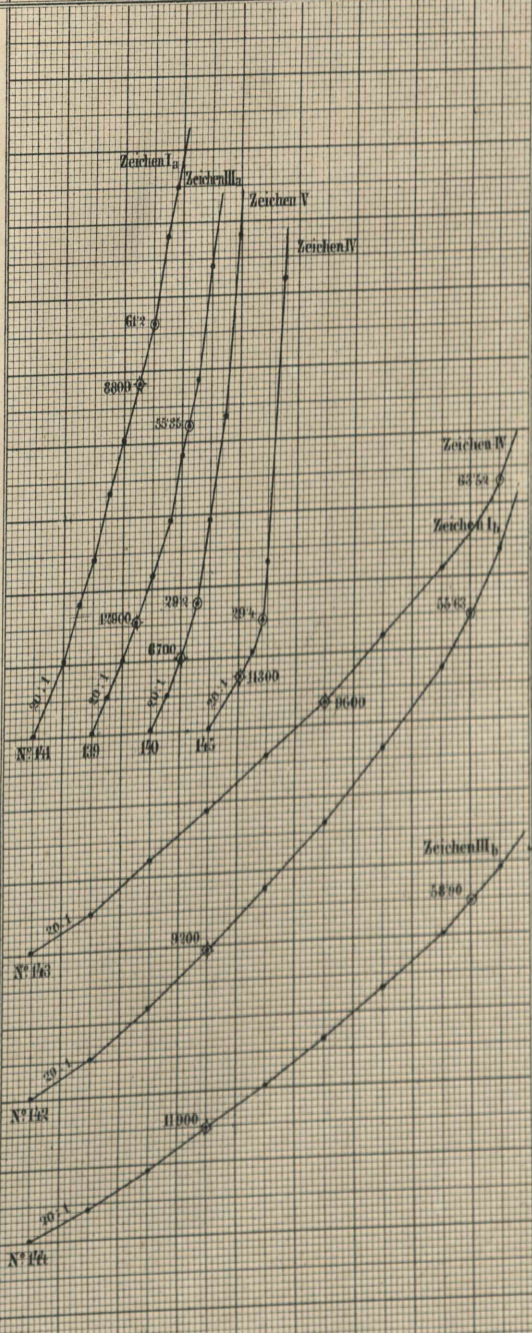
Form und Dimensionen
der
Probe-Körper.

Torsions - Diagramme.

Aussehen
der
Bruchstücke.



Maßstab - 1:10.



Maßstab für Abscissen 50 kg/100 $\frac{mm}{m}$ für Ordinaten 20 l.

Versuch N° 139.



Versuch N° 141.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien](#)

Jahr/Year: 1881

Band/Volume: [2_1881](#)

Autor(en)/Author(s): Gollner H.

Artikel/Article: [Über die Festigkeit des Schwarzföhrenholzes. 379-407](#)