

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA — FINSKA FORSTSAMFUNDET

ACTA
FORESTALIA FENNICA

37.

ARBEITEN DER
FORSTWISSENSCHAFTLICHEN
GESELLSCHAFT
IN SUOMI

PUBLICATIONS OF THE
SOCIETY OF FORESTRY
IN SUOMI

PUBLICATIONS DE LA
SOCIÉTÉ FORESTIÈRE
DE SUOMI

HELSINKI 1931

Suomen Metsätieteellisen Seuran julkaisusarjat:

ACTA FORESTALIA FENNICA. Sisältää Suomen metsätaloutta ja sen perusteita käsitteleviä tieteellisiä tutkimuksia. Ilmestyy epäsäännöllisin väliajoin niteinä, joista kukin yleensä käsittää useampia tutkimuksia.

SILVA FENNICA. Sisältää Suomen metsätaloutta käsitteleviä kirjoitelmia ja pienehköjä tutkimuksia. Ilmestyy epäsäännöllisin väliajoin. Kukin kirjoitus muodostaa yleensä oman niteen.

COMMENTATIONES FORESTALES. Sisältää muiden maiden kuin Suomen metsätaloutta ja siihen liittyviä aihepiirejä käsitteleviä tutkimuksia ja muita kirjoituksia. Ilmestyy epäsäännöllisin väliajoin. Kukin nide sisältää yleensä vain yhden tutkimuksen.

Finska Forstsamfundets publikationsserier:

ACTA FORESTALIA FENNICA. Innehåller vetenskapliga undersökningar rörande skogshushållningen i Finland och dess grunder. Banden, vilka icke utkomma periodiskt, omfatta i allmänhet flere avhandlingar.

SILVA FENNICA. Omfattar uppsatser och mindre undersökningar rörande skogshushållningen i Finland. Utkommer icke periodiskt; varje uppsats som skilt band.

COMMENTATIONES FORESTALES. Innehåller undersökningar och andra uppsatser rörande skogshushållningen och i samband med denna stående frågor utom Finland. Utkommer icke periodiskt. I allmänhet ingår i varje band endast en avhandling.

ACTA
FORESTALIA FENNICA

37.

ARBEITEN DER
FORSTWISSENSCHAFTLICHEN
GESELLSCHAFT

IN SUOMI

PUBLICATIONS OF THE
SOCIETY OF FORESTRY

IN SUOMI

PUBLICATIONS DE LA
SOCIÉTÉ FORESTIÈRE

DE SUOMI

Acta forestalia fennica 37.

1. **Lassila, I.:** Untersuchungen über den Einfluss des Waldtyps auf die Qualität der Kiefer 1—128
Selostus (Tutkimuksia metsätyypin vaikutuksesta männyn laatuun) .. 129—138
2. **Kokkonen, P.:** Untersuchungen über die Wurzeln der Getreidepflanzen. I. Die Wurzelformen, ihr Bau, ihre Aufgabe und Lage im Wurzelsystem 1—123
Selostus (Tutkimuksia viljelyskasvien juurista. I. Juurimuodot niiden rakenne, tehtävä ja asema juuristossa) 124—144
3. **Pöntynen, V.:** Suomen puunjalostusteollisuuden raaka-aineen käyttö vuosina 1911—29 1— 98
Referat (Der Rohholzverbrauch der finnischen Holzveredlungsindustrie in den Jahren 1911—29) 99—112
4. **Saari, Eino:** Tutkimuksia Suomen puuvanuketeollisuuden raaka-ainekustannuksista 1— 92
Summary (Investigations into the costs of raw material in the Finnish wood pulp industry) 93— 99

UNTERSUCHUNGEN
ÜBER DEN
EINFLUSS DES WALDTYPS AUF DIE
QUALITÄT DER KIEFER

VON
I. LASSILA

*TUTKIMUKSIA METSÄTYYPIN VAIKUTUKSESTA
MÄNNYN LAATUUN*

HELSINKI 1931

Vorwort.

Für die Anregung zur Ausführung der vorliegenden Untersuchung schulde ich aufrichtigsten Dank meinem lieben Lehrer und Chef, Herrn Generaldirektor, Prof. Dr. A. K. CAJANDER, dem Schöpfer der Waldtypentheorie, dessen Schüler ich über ein Vierteljahrhundert gewesen bin und dessen Verdienst es ausserdem ist, dass für das forsttechnologische Institut der Universität die für forsttechnologische Untersuchungen notwendigen Apparate angeschafft worden sind.

Zugleich spreche ich den vielen Gelehrten meinen Dank aus, die mich auf meiner Studienreise im Jahre 1930 unterstützt haben und von denen ich besonders nennen möchte Prof. Dr. SCHWAPPACH, Prof. Dr. SCHWALBE, Prof. Dr. DENGLER und Prof. Dr. HILF in Eberswalde, Prof. Dr. RUBNER und Forstassistent PRIEMER in Tharandt, Prof. Dr. MATHIESEN und Dozent WERBERG in Tartu, Forstingenieur LADISLAS BARANSKI in Warschau und Dozent ARVIDS KALNINS in Riga.

Meinen Assistenten, den Forstmeistern PAUL WALLDEN und EINARI VUOTI, die mir bei der Beschaffung des Materials und auf andere Weise zur Hand gegangen sind, sei dafür bestens gedankt.

Schliesslich sei es mir gestattet, Herrn Prof. Dr. GUSTAV SCHMIDT für die Gestaltung meiner Arbeit in deutscher Sprache meinen besten Dank zu sagen.

Der Verfasser.

HELSINKI 1931

DRUCKEREI-A.G. DER FINNISCHEN LITERATUR-GESELLSCHAFT

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Über die forsttechnologische Bedeutung der Bonitierung und der Waldtypen auf Grund der bisherigen Untersuchungen	5
A. Die in Mitteleuropa ausgeführten Untersuchungen	8
B. Die in Schweden ausgeführten Untersuchungen	25
C. Die Untersuchungen von KALNINŠ über die Bedeutung der mechanisch-technischen Eigenschaften des Holzes als Charakteristika der Waldtypen	30
II. Untersuchungen des Verfassers über den Einfluss der Waldtypen auf die mechanisch-technischen Eigenschaften des Holzes	37
A. Einleitung	37
B. Die Einsammlung des Materials	39
C. Die Behandlung des Materials	41
1. Das spezifische Gewicht bei absolut trockenem Zustand und bei 15 % H ₂ O	41
2. Die durchschnittliche Breite der Jähringe und das durchschnittliche Sommerholzprozent	53
3. Die Methoden zur Bestimmung und Reduktion der Druckfestigkeit ..	67
III. Die Ergebnisse der Untersuchungen	76
A. Die Beziehungen zwischen der Breite des Jährings, dem Waldtyp und der Druckfestigkeit	76
B. Der Prozentsatz des Herbstholzes als Massstab der Druckfestigkeit und der Bonität.	87
C. Das Verhältnis zwischen Kern- und Splintholz auf verschiedenen Waldtypen	113
D. Der Qualitätsquotient JANKAS auf verschiedenen Waldtypen	118
IV. Schlussfolgerungen über den Einfluss des Waldtyps auf die Qualität der Kiefer	121
Literaturverzeichnis	125
<i>Suomenkielinen selostus</i>	129

I. Über die forsttechnologische Bedeutung der Bonitierung und der Waldtypen auf Grund der bisherigen Untersuchungen.

Auf die Standortsgüte wirken sehr verschiedenartige Faktoren ein. Die wichtigsten von diesen sind die geographische Lage des Ortes, das Klima, die Oberflächengestaltung, die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens, die Feuchtigkeitsverhältnisse, die Orientierung des Ortes zum Licht, sein Verhältnis zu den Tieren, zum Menschen u. dgl. m. Da die wirksamen Faktoren so zahlreich sind, und da es überdies sehr schwierig ist, sie getrennt für sich wie auch ihrer Gesamtwirkung nach zu bestimmen, liegt es auf der Hand, dass die Bonität nicht durch irgendeine absolute mathematische Zahl ausgedrückt werden kann.

Aus diesem Grunde hat man die Bonitierung in der Weise ausgeführt, dass man ungefähr gleichwertige Standorte zu grösseren Bonitätsklassen, d. h. zu Gruppen zusammengefasst hat, die mehrere verschiedene Bonitätsabstufungen in sich begreifen können, aber doch, wie man annehmen darf, dem Zweck entsprechen, zu dem die Bonitierung jeweils ausgeführt worden ist.

Bei der Bonitierung ist man von verschiedenen Prinzipien ausgegangen. Man hat sie auf Grund meteorologischer, geologischer, mineralogischer, botanischer, physikalischer, chemischer und rein wirtschaftlicher Weiser vorgenommen. Jedenfalls hat der Bonitierende einen bestimmten oder mehrere bestimmte Weiser angewandt, mit deren Hilfe er die Standorte zu klassifizieren versucht hat. Am häufigsten hat jedoch sowohl in der Land- als in der Forstwirtschaft als Weiser die Fähigkeit des Bodens gedient, eine Ernte hervorzubringen, die wiederum auf verschiedene Weise, z. B. als Kornzahl, als mittlere Länge, als Volumen usw. ausgedrückt werden konnte. Ausserdem hat man auf die eine oder andere Weise versucht, Bonitierungsgrundlagen durch physikalische und chemische Bodenanalyse ausfindig zu machen.

Jegliche Bonitierung des Waldbodens ist auch forsttechnologisch von Bedeutung. Hat doch die Bonitierung in engem Zusammenhang mit der

Ausarbeitung der Ertragstafeln gestanden, und deren Bedeutung ist ganz ebensowohl forsttechnologischer wie forsttaxatorischer Art. Beispielsweise spielen die Stammverteilungsreihen bei der Forsteinrichtung eine grosse Rolle, und ebenso können die Ertragstafeln auch sonst als Richtschnur dienen, wenn in dringenden Fällen eine Nutzung ausgedehnter Waldflächen geplant werden soll.

Durch die Waldtypentheorie ist der Forsttaxationswissenschaft ein biologisches Fundament verschafft worden. Vorher war diese Wissenschaft ziemlich von den biologischen Disziplinen der Forstwissenschaft isoliert. Die Bonitäten waren grösstenteils derartige, dass sie nicht einmal für dieselbe Holzart miteinander verglichen werden konnten, und ein Vergleich des Ertrags verschiedener Holzarten ist auf den mitteleuropäischen Bonitäten noch heutigentags unmöglich, weil sich die Bonitätsklassifikationen bei verschiedenen Holzarten auf verschiedene Prinzipien stützen. Sämtlichen mitteleuropäischen Bonitäten haftet der Fehler an, dass sie kein wirkliches Gegenstück in der Natur haben, d. h. solche Ertragsklassen, wie sie in den Ertragstafeln unterschieden sind, gibt es in Wirklichkeit nicht.

Die Waldtypentheorie hat auf allen Gebieten der Forstwissenschaft stets zunehmende Bedeutung gewonnen. Sie hat sowohl unmittelbar als mittelbar gewirkt. Unmittelbar dadurch, dass auf allen Gebieten der Forstwissenschaft fast täglich eine grosse Menge Untersuchungen erschienen sind und erscheinen, in denen versucht wird, mittels der Waldtypen forstwissenschaftliche Fragen aufzuhellen, und dadurch, dass die Waldtypentheorie auf dem Gebiet der praktischen Forsttaxation und sogar für Besteuerungsfragen entscheidende Bedeutung erlangt hat und bei der Lösung waldbaulicher Fragen zu einer allgemeinen Grundlage geworden ist; mittelbar dadurch, dass die Waldtypentheorie unbedingt die ganze Denkweise auf dem Gebiet der Forstwissenschaft und zwar auch der wirtschaftlichen Forstwissenschaft geändert hat. Die Waldtypentheorie hat entschieden aufs nachdrücklichste zu der gegenwärtig herrschenden biologischen Richtung in den forstwissenschaftlichen Disziplinen beigetragen.

Vom forsttechnologischen Standpunkt aus ist zu wünschen, dass der Wald in der Weise bewirtschaftet wird, dass er möglichst viel solche absetzbare Holzwaren produziert, deren Tauschwert möglichst gross ist. Wenn in der Forstwirtschaft ein Kontinuitätsprinzip befolgt wird, zeigt die richtig geführte Buchhaltung, welches Resultat vom forsttechnologischen Standpunkt aus am befriedigendsten ist. Aus diesem Grund ist es vom Standpunkt der Forsttechnologie auch natürlich, dass der Wald »mathematisch« behandelt wird.

Wie der Verfasser in zwei Publikationen gezeigt hat, sind die mechanisch-technischen Eigenschaften des Holzes zum grossen Teil von rein biologischen Faktoren abhängig.¹ Der Verfasser ist denn auch der Ansicht, dass das Biologische im Gebiet der Forsttechnologie bisher im allgemeinen zu sehr vernachlässigt worden ist. Man hat die Forsttechnologie im allgemeinen in zu hohem Grade als eine rein technische Wissenschaft angesehen, was zur Folge gehabt hat, dass manche, auch technisch wichtige biologische Momente ganz unberücksichtigt geblieben sind.

Beispiele lassen sich von mehreren, recht wichtigen Gebieten anführen. So sind die biologischen Voraussetzungen für die Lufttrocknung des Holzes sehr wenig studiert worden. ULLÉN hat diesem bedeutsamen Verhalten seine Aufmerksamkeit zugewandt und unter anderem gezeigt, dass die Zahl der Regentage und der trockenen Tage sowie die Geschwindigkeit der Luft bei der Trocknung des Holzes im Walde von ausschlaggebender Bedeutung sind. Sicher aber ist die Beschaffenheit der Pflanzendecke, die Verteilung der Niederschlagsmenge auf die Jahreszeiten, die innere Struktur des Holzes, die Belaubungsart des Baumes usw. bei der Lösung dieser wichtigen praktischen Frage von grossem Belang. Schon die verschieden üppige Bodenvegetation der verschiedenen Waldtypen zeigt, dass der Wasserhaushalt der letzteren verschieden ist, und sicher ist auch, dass der verschiedene vitale Feuchtigkeitsgehalt der Bäume auf die eine oder andere Weise von dem Waldtyp, d. h. von dem Standort abhängig ist. Welcher Art diese Abhängigkeit ist, wissen wir nicht, dass eine solche aber existiert, hat schon TH. HARTIG erkannt. Auch für die künstliche Trocknung ist die Kenntnis der biologischen Faktoren von Bedeutung. Es genügt nicht, den anatomischen Bau eines Baumes und die Bewegungsrichtung des Wassers im Holze sowie den Trocknungsprozess zu kennen, sondern man muss auch wissen, woher der Baum stammt. Man darf behaupten, dass die Bäume jedes Waldtypes einen ihnen eigentümlichen Wasserhaushalt haben. Ihre Fähigkeit, Wasser aufzusaugen und zu verdunsten, ist dadurch bedingt, wie sich ihre Lebensfunktionen auf dem Standort, wo sie gewachsen sind, entwickelt haben. Der Wasserhaushalt ist bei einer Reisermoorkiefer ein ganz anderer als z. B. bei einer auf dem OMT gewachsenen Kiefer. Aus diesem Grunde haben sich auch die wassertransportierenden Organe bei einer Reisermoorkiefer ganz an-

¹ LASSILA, I.: Puun mekaanillis-teknillisten ominaisuuksien tutkimuksesta, sen tuloksista ja tehtävistä. A. F. F. 31. Helsinki 1930.

—»-- Metsätöypin vaikutuksesta puun painoon. Ibidem 36. Helsinki 1929.

ders entwickelt als bei einer Kiefer, die auf dem OMT gewachsen ist. Dabei kann es sich um allerfeinste Verschiedenheiten handeln, deren Konstatierung nicht möglich ist, wenn man nicht wirklich die Herkunft beider Bäume kennt und mithin bei der Untersuchung nicht wissen kann, durch welchen Umstand die Verschiedenheit verursacht ist. Der verschiedene natürliche Feuchtigkeitsgehalt der Bäume, ihr verschiedener Wasserhaushalt usw. wirkt auch dazu mit, wie der Baum auch künstlich getrocknet werden muss. Beispielsweise ist der Feuchtigkeitsgehalt des Kernholzes der grossen amerikanischen Nadelbäume so gering, dass sie überhaupt nicht luftgetrocknet zu werden brauchen.

An welche technische Eigenschaft des Holzes man auch denken mag, kann man in der Tat sagen, dass sie stets in einer oder der anderen Weise von dem Standort bedingt sein muss. Dies ist schon dadurch bewiesen, dass man die Abhängigkeit des Gewichts des Holzes von dem Standort, der Bodenart und dem Waldtyp festgestellt hat. Schon daraus, dass konstatiert werden konnte, dass das Gewicht des Holzes von dem Waldtyp abhängt, wenn auch die Gesetze dieser Abhängigkeit nicht ermittelt wären, hat sich ohne weiteres ergeben, dass die technischen Eigenschaften des Holzes mit dem Waldtyp zusammenhängen müssen. Es ist nämlich längst dargetan, dass man als Weiser der mechanisch-technischen Eigenschaften des Holzes in einer oder der anderen Form das Gewicht des Holzes anwenden kann. Die chemischen Eigenschaften des Holzes, d. h. seine chemische Zusammensetzung und seine Verwendbarkeit in der chemischen Industrie, sind schon aus dem Grunde von dem Gewicht des Holzes abhängig, weil das Holz um so mehr chemische Stoffe enthält, je mehr es wiegt.

Die Frage nach der Abhängigkeit der mechanisch-technischen Eigenschaften des Holzes vom Waldtyp fällt eigentlich ungefähr mit der Frage nach der forsttechnologischen Bedeutung der Waldtypen zusammen. Bedenkt man nämlich, dass das Gewicht eine entscheidende Rolle spielt, wenn man die auch für die chemische Industrie wichtigsten Eigenschaften des Holzes beurteilt, so wird es ohne weiteres klar, dass schon auf Grund der Kenntnis der mechanisch-technischen Eigenschaften des Holzes in der Hauptsache entschieden werden kann, welche Bedeutung den Waldtypen in der Forsttechnologie zukommt.

A. Die in Mitteleuropa ausgeführten Untersuchungen.

Schon früher habe ich über die Untersuchungen berichtet, die über den Einfluss der Bonität auf das Gewicht des Holzes angestellt worden

sind. In diesem Zusammenhang habe ich besonders die Resultate der Untersuchungen von SCHWAPPACH erwähnt.¹ SCHWAPPACH benutzte die in Mitteleuropa übliche Einteilung in fünf Bonitäten, aber seine Untersuchungen sind in der Hinsicht von ausserordentlichem Interesse, dass seine Bonitäten wenigstens in gewissen Fällen natürlichen Bonitäten zu entsprechen scheinen. Ausser dem Einfluss der Bonität auf das Gewicht des Holzes hat SCHWAPPACH auch die Druckfestigkeit auf verschiedenen Bonitäten studiert.

Im Zusammenhang mit seinen Gewichtsuntersuchungen verweist SCHWAPPACH auf die Forschungen von R. HARTIG und äussert u. a.:

»Hartig hat diesen Einfluss der Standortsgüte auf die Qualität des Holzes bereits 1885² erkannt, indem er namentlich auf das geringe Raumgewicht der Kiefern aus dem Nürnberger Reichswalde im Verhältniss zu jenem aus Oberbayern und Brandenburg hinwies.»

Diese Untersuchungen SCHWAPPACHS sind darum die ersten ihrer Art, weil er früher als seine Vorgänger über die Biologie des Waldes Bescheid wusste. Hiermit soll keineswegs gesagt sein, dass nicht auch z. B. DUHAMEL DU MONCEAU, NÖRDLINGER, GAYER u. a. Forstmänner gewesen wären, sondern dass man zu SCHWAPPACHS Zeiten viel mehr von den Wachstumsgesetzen und der Biologie des Waldes wusste als zu den Zeiten der genannten klassischen Forscher auf dem Gebiet der Forsttechnologie. SCHWAPPACH seinerseits beherrschte die verschiedenen Zweige der Forstwissenschaft vollständiger als vielleicht irgendein anderer vor ihm. Als Forstpolitiker, als Vertreter der wissenschaftlichen Forsttaxation und des Waldbaues sowie als Forsttechnologe war er sich über die Forstwissenschaft als Ganzes klar, so dass er vielleicht besser als irgendeiner seiner Vorgänger dazu befähigt war, auf vielen Gebieten der Forstwissenschaften Schlüsse zu ziehen, bei denen er wissen konnte, was Ursache und was Wirkung war.

Sein zweibändiges Werk »Untersuchungen über Raumgewicht und Druckfestigkeit des Holzes wichtiger Waldbäume«, dessen erster Teil die Untersuchungen über die Kiefer und dessen zweiter diejenigen über Fichte, Lärche, Strobuskiefer und Buche umfasst, darf als das Erstlingswerk der biologischen Forsttechnologie gelten.

Da die Beschaffenheit, die Behandlung und die Einsammlung des Materials von der grössten Bedeutung sind, wenn man die Ergebnisse jeg-

¹ LASSILA, A. F. F. 36.

² HARTIG, R.: Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume. Berlin 1885.

licher forsttechnologischer Forschung beurteilen will, ist es angebracht, kurz darüber zu berichten, wie SCHWAPPACH sein Material gesammelt und die Probestücke bearbeitet und wie er schliesslich seinen Stoff behandelt hat.

Als Probestämme wurden solche von Massenermittlungs-, Ertrags- und Durchforstungs-Versuchsflächen angewendet. So waren alle Standorts- und Bestandesverhältnisse genau bekannt. Aus den Lehrrevieren der Eberswalder Forstakademie wurden ausserdem besondere Versuchsflächen für diesen Zweck entnommen. Ferner ist zu erwähnen, dass, »um die verschiedenen Altersstufen miteinander vergleichen zu können«, »die Probestämme für die Qualitätsuntersuchungen stets als Mittelstämme der 400 stärksten Stämme ausgewählt« wurden, »und zwar der Regel nach je in zwei Exemplaren, nur in wenigen Beständen wurde diese Zahl überschritten«. Die Zahl der Probestämme war im ganzen 135.

Die Probestämme wurden derart in Probestücke zerteilt, dass das unterste Stück 2 m und die folgenden 4 m lang waren, doch so, dass jedes Probestück etwa $\frac{d}{2}$ cm länger als die volle Meterlänge genommen wurde, also z. B. 2.10, 4.20.

Für die Untersuchung der Druckfestigkeit wurden die Probestücke so genommen, dass durch den Kern der Durchmesser gezogen wurde, der annähernd aus dem grössten und dem kleinsten Radius zusammengesetzt war, und danach wurden auf der Scheibe Quadrate gezeichnet, deren Diagonalen diese Durchmesser bilden. Da die Probestücke würfelförmig gemacht wurden, fielen sie mithin verschieden gross aus je nachdem, wie gross der Durchmesser jeder Scheibe und dessen grösserer und kleinerer Radius waren. Für die Versuche trocknete der Stamm in einem Aufbewahrungsraum so lange, bis sein Gewicht nicht mehr herabging. Die Versuche wurden also in lufttrockenem Zustand ausgeführt.

Es ist auch angebracht, das Material SCHWAPPACHS zu betrachten. Klassifiziert man seine Probestämme nach Altersklassen unter Anwendung von dreissigjährigen Klassen, wie sie SCHWAPPACH selbst z. B. bei seinen Gewichtsuntersuchungen benutzte, so erhält man folgende Tabelle:

Altersklasse						
0—30	31—60	61—90	91—120	121—150	151—180	181—210
2	16	29	46	34	5	3

Die Verteilung der Stämme auf Durchmesserklassen wird durch die folgende Tabelle veranschaulicht. Darin sind die Durchmesser in 4.30 m

Höhe über dem Stockabschnitt angegeben. In Wirklichkeit gehören zu der Klassifikation auch Durchmesser etwas weiter unten bis zu 4.00 m und etwas weiter oben bis zu ungefähr 4.50 m. Solche Ausnahmen sind jedoch recht spärlich, und da die Durchmesser auf $2\frac{1}{2}$ cm-Klassen ausgeglichen sind, ist die Höhenvariation des Messpunktes in diesem Fall nicht von Belang.

Durchmesser in 4.30 m Höhe cm

7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	32.5	35	37.5	40	4.25	40
2	3	3	3	13	14	17	17	8	12	21	16	2	2	1	1

Von den Stämmen waren also die meisten solche, die bei uns Sägebaum-mass erfüllen würden.

Den Waldtyp hat SCHWAPPACH natürlicherweise nicht definiert, und es ist auch nicht möglich, Klarheit darüber zu gewinnen, auf welchen Waldtypen seine Versuchsflächen genommen sind. In den Lehrrevieren von Eberswalde, Chorin, Freienwalde und Biesenthal ist die Bestimmung der Waldtypen mit sehr grossen Schwierigkeiten verbunden. Z. B. werden die Kiefernwälder dort sofort nach einem Abtrieb so dicht gesät oder gepflanzt — mit einem Abstand von etwa 0.5 m zwischen den Reihen, jungen Pflanzen oder Quadraten, — dass während des jüngeren Alters des Waldes und infolge der Beschattung des Bodens fast gar keine Pflanzendecke entsteht. Die Dichte des Bestandes führt auch dazu, dass die Streu sehr reichlich wird. Da der Wald dicht ist, vermodert diese Streuschicht recht langsam, aber wenn die Wälder bei höherem Alter durchforstet werden, ruft die in ihnen vorhandene dicke und nahrungsreiche Streuschicht eine recht üppige Kräutervegetation hervor. Unter diesen Umständen befinden sich die Wälder in diesen Gegenden im allgemeinen nicht in dem Zustand, in dem die Beurteilung der Waldtypen bei uns vorgenommen wird. Die Bestimmung des Waldtyps würde sich, da hier im allgemeinen keine annähernd haubaren Naturbestände anzutreffen sind, selbstverständlich sehr schwierig gestalten. Sie würde spezielle Kenntnisse in der Pflanzengeographie und auch ausgedehnte pflanzengeographische Studien erfordern. Ausserdem ist es ziemlich sicher, dass in diesen Gebieten Typen vorkommen, die noch nicht aufgeklärt sind. Ferner sei noch erwähnt, dass sich hier auch ganz fremde Pflanzen recht schnell verbreiten können, weil keine Pflanzendecke vorhanden ist. So trat in der Nähe von Eberswalde recht häufig eine *Impatiens*-Art auf, ja so häufig, dass man versucht wäre, in ihr eine Art Typenpflanze zu sehen. Nach mündlicher Mitteilung von

DENGLER war sie jedoch aus ein paar Samen hervorgegangen, die ein Schullehrer an einer hohen Stelle ausgesät hatte.

In einigen Fällen ist indes die Konstatierung eines Typs möglich. Sehr wahrscheinlich sind die folgenden Bäume auf einem Typ gewachsen, der ungefähr unserem VT entspricht oder zwischen VT und CT steht.

Probe- stamm	Alter J.	D 4.30 über der Rinde mm	Höhe des Schnittes m	Absol. Trocken- gewicht	Druck- festig- keit kg/cm ²
33	84	236	1.00	539	—
			4.20	426	430
			8.35	376	362
			12.50	416	354
			15.15	393	301
34	84	221	1.00	594	508
			4.20	489	457
			8.35	460	424
			12.50	446	374
			15.15	429	337
35	60	115	1.00	—	411
			3.12	—	359
			5.24	—	289
			8.36	—	301
36	60	120	1.00	—	356
			3.12	—	330
			5.24	—	282
			7.36	—	253
37	89	139	1.10	—	508
			4.20	—	430
			7.30	—	333
38	89	128	1.10	—	397
			4.15	—	355
			7.25	—	309
99			1.05	522	603
			4.15	447	509
			8.25	451	—
100			1.05	498	537
			4.10	432	508
			8.05	428	—

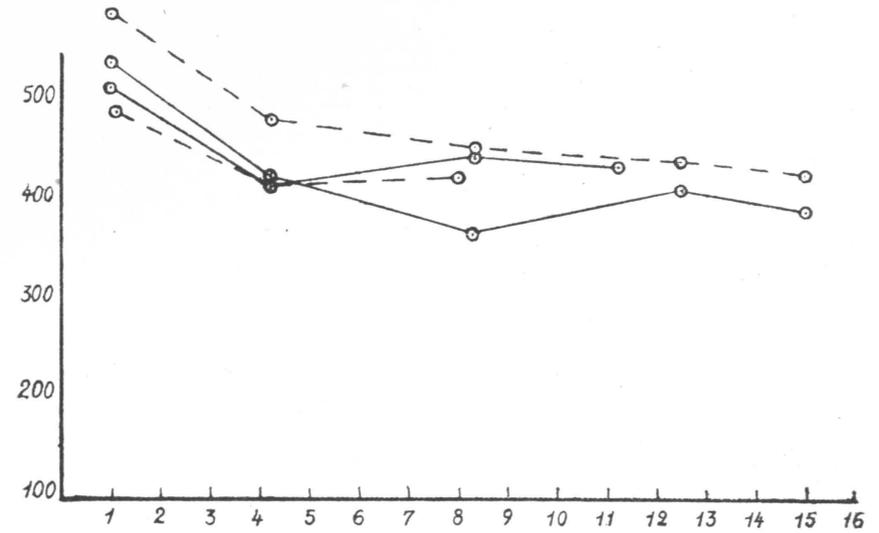


Fig. 1.

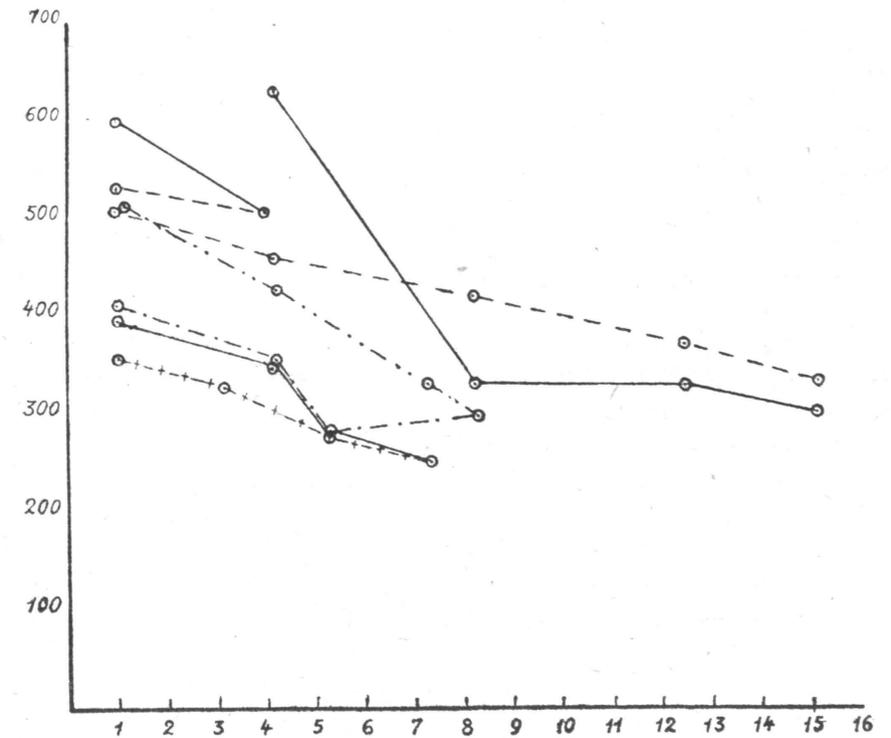


Fig. 2.

Zeichnet man auf Grund der obenstehenden Zahlen Diagramme, in denen die Abszissen von den Schnitthöhen am Stamm und die Ordinaten einerseits von den absoluten Trockengewichten und andererseits von den Druckfestigkeiten gebildet werden, so findet man, dass die Kurven der verschiedenen Stämme sehr wenig voneinander abweichen. (Fig. 1 und 2.) Diese Übereinstimmung weist schon darauf hin, dass bei der Waldtypenklassifikation kein sehr grosses Material vonnöten ist. Sie gibt auch zu erkennen, dass die Klassifikation SCHWAPPACHS wenigstens in diesem Fall natürlichen Bonitäten gefolgt ist. Aus diesem Grunde darf man auch vermuten, dass auch die übrigen Bonitäten SCHWAPPACHS in der Weise bestimmt worden sein können, dass sie wirklich natürlichen Bonitätsklassen entsprechen oder ihnen wenigstens nahestehen. Im Hinblick hierauf kann meines Erachtens den Untersuchungen SCHWAPPACHS auch vom biologischen Standpunkt aus eine ausserordentlich grosse Bedeutung beigemessen werden. Seine vielseitige Vertrautheit mit dem Waldbau und der Forsttaxation hat es ihm ermöglicht, sein Material in der Weise zu sammeln, dass man aus demselben weiterreichende Schlüsse ziehen kann als aus manchem anderen, später gesammelten umfänglichen Material, dessen Sammler und Bearbeiter nicht mit dem Wald vertraut war.

Als Grundlage aller Qualitätsuntersuchungen des Holzes kommt dem spezifischen Gewicht eine sehr grosse Bedeutung zu. Aus diesem Grunde ist auch noch einmal zu erwähnen, dass SCHWAPPACH hier zu Ergebnissen gelangt ist, die man in folgenden Worten zusammengefasst findet:

»Innerhalb des gleichen Wachstumsgebietes und bei gleichem Alter macht sich der Einfluss der Standortsgüte in der Weise geltend, dass die auf geringem Boden (IV. und V. Kl.) erwachsenen Stämme stets ein kleineres Raumgewicht besitzen als jene von besseren Standorten.»

Näher geht der Einfluss der Bonität in dieser Hinsicht aus den folgenden Ziffern für 60—120 jährige Stämme hervor:

	bei d. I., II. und III. Standorts- klasse	bei d. IV. und V. Stand- ortskl.
in Westpreussen u. Posen ein spezifisches Trockengewicht	480	469
von in Brandenburg	485	701
in Ostpreussen	475	430

Dagegen lässt sich aus SCHWAPPACHS Untersuchungen der Einfluss der Bonität auf das Gewicht des Holzes nicht genauer, d. h. nach Güteklassen,

feststellen. In diesem Zusammenhang sei auf das Diagramm Fig. 1 hingewiesen, aus dem sonst hervorgeht, eine wie grosse Regelmässigkeit auf diesem Gebiet herrschen kann. Es ist nämlich zu bemerken, dass die Probestämme mit — — — bezeichnet in Freienwalde und die Probestämme mit — bezeichnet in Dobrilugk, also viele Meilen voneinander entfernt, genommen sind.

Nachdem SCHWAPPACH den Einfluss der Bonität auf das Gewicht des Holzes ermittelt hat, geht er zur Untersuchung der Beziehungen zwischen Raumgewicht und Druckfestigkeit über. Bei der Behandlung dieser Umstände berücksichtigt er, dass die Druckfestigkeit und das Raumgewicht vom Alter, vom Wachstumsgebiet und von der Standortsgüte abhängig sind.

Die diesbezügliche Untersuchung hat SCHWAPPACH graphisch ausgeführt.

Beim Studium des Einflusses des Wachstumsgebiets und des Alters auf das Verhältnis von Druckfestigkeit und absolutem spezifischem Trockengewicht hat SCHWAPPACH sein Material in zwei Altersklassen eingeteilt, und zwar in I. Altersklasse 61—120 Jahre und II. Altersklasse über 120 Jahre. Für jede dieser Altersklassen hat er ein eigenes Diagramm gezeichnet. In diesen wird die Ordinate von dem spezifischen Trockengewicht und die Abszisse von der Druckfestigkeit in kg/cm^2 gebildet. Die schliessliche Zusammenfassung dieser graphischen Darstellungen zeigt, dass die Kurven recht typisch für jedes der Wachstumsgebiete sind. Die Kurve der Altersklasse I lässt erkennen, dass die Druckfestigkeit linear zunimmt in dem Masse, wie das spezifische Trockengewicht ansteigt. Eine Ausnahme macht bloss die Kurve für Sachsen, auf der schon einem spezifischen Trockengewicht von 480—505 dieselbe Druckfestigkeit wie in Ostpreussen und Brandenburg dem spezifischen Trockengewicht von 480—506—540 entspricht. Hieraus zieht SCHWAPPACH den Schluss, dass, »je günstiger die sonstigen Verhältnisse sind, ein desto geringeres Raumgewicht für die gleiche Druckfestigkeit erforderlich ist«. Da die Stämme derselben Altersklasse angehören und ungefähr von gleicher Grösse sind, kann das höhere absolute Trockengewicht hauptsächlich nur durch die Stärke der Zellwände bedingt sein, und daraus folgert SCHWAPPACH, »dass die Zellwand bei gleichem Raumgewicht hinsichtlich ihrer Festigkeit nicht unter allen Umständen ebenfalls gleichwertig ist«. Obwohl die Kurven der I. Altersklasse sich schneiden, lässt schon ihr verschiedener Winkelkoeffizient ihren eigentümlichen Charakter hervortreten, so dass also jede Kurve ihre eigene lineare Gleichung haben wird, und mithin beweist die Kurve

der I. Altersklasse, dass sowohl die Druckfestigkeit als das absolute spezifische Trockengewicht je für sich wie auch ihrer gemeinsamen Wirkung nach von der Bodegüte abhängig sind.

Die Kurven der II. Altersklasse umfassen ebenfalls drei Wachstumsgebiete, und zwar Ostpreussen, Brandenburg und Westpreussen. Sie werden bei höherem Alter charakteristischer, und mithin wird der Einfluss des Wachstumsgebietes auf das Verhältnis von Druckfestigkeit und absolutem spezifischem Trockengewicht immer deutlicher. Bezüglich der verschiedenen Wachstumsgebiete werden folgende Schlussfolgerungen gezogen: »Westpreussen erfordert hier für die gleiche Druckfestigkeit durchweg das geringste spezifische Gewicht, stellt also die günstigsten Verhältnisse dar, hierauf folgt Brandenburg, welches, wenigstens für die mittleren und höheren Beträge zwischen Westpreussen und Ostpreussen steht; letzteres zeigt das ungünstigste Verhalten unter den drei besprochenen Gebieten, wenn man das bei gleichem Wachstumsgebiete gefundene Ergebniss auf die Vergleichung verschiedener Gegenden anwendet. — — — —»

Aus dem Obigen ergibt sich ein bemerkenswerter Grundgedanke, der früher nicht ausgesprochen worden ist, so einfach er auch erscheint. Nach SCHWAPPACHS Ansicht ist ein Baum dann unter günstigeren Verhältnissen erwachsen, wenn seine Druckfestigkeit bei möglichst geringem absolutem spezifischem Trockengewicht möglichst gross ist. Dieser Gedanke ist technisch sehr wichtig, ja so wichtig, dass man ihn das SCHWAPPASCHES Gesetz nennen möchte. Wenn man auf Grund des SCHWAPPASCHEN Gesetzes die Kurven der II. Altersklasse beurteilt, stellt sich ohne weiteres heraus, dass die Verhältnisse in Ostpreussen die ungünstigsten sind, denn hier entspricht durchschnittlich eine 20 kg pro Kubikmeter grössere Gewichtsmenge absolut trockenen Holzes derselben Druckfestigkeitsklasse wie in Brandenburg und annähernd eine weniger als 50 kg pro Kubikmeter betragende Gewichtsmenge derselben Druckfestigkeitsklasse wie in Westpreussen. Diese Untersuchungen erweisen auch aufs deutlichste die entscheidende Bedeutung der Wachstumsgebiete für die Qualitätsfaktoren des Holzes.

Um zu untersuchen, welches der Einfluss von Alter und Standortgüte auf das Verhältnis von Druckfestigkeit und spezifischem Gewicht des gleichen Wachstumsgebietes ist, hat SCHWAPPACH zwei Diagramme gezeichnet, und zwar eins für Brandenburg und eins für Westpreussen und Posen. Das erste Diagramm enthält zur Veranschaulichung der Druckfestigkeit und des absoluten Trockengewichts drei Kurven: 61—120 jäh-

rig, IV. und V. Standortsklasse, 61-120 jährig, I., II. und III. Standortsklasse, und über 120 jährig, I., II. und III. Standortsklasse, und das zweite zur Veranschaulichung der Druckfestigkeit und des Lufttrockengewichts die Kurven: 90—140 jährig, IV. und V. Standortsklasse und I., II. und III. Standortsklasse.

Auch diese Kurven lassen ein ziemlich deutlich lineares Verhältnis erkennen. Insbesondere sind die Klassen 61—120 jährig, IV. und V. Standortsklasse, und 61—120 jährig, I., II. und III. Standortsklasse, gerade Linien, wogegen über 120 Jahre, I., II. und III. Standortsklasse, und die beiden Kurven für Westpreussen und Posen abwärts gekrümmt sind. Jedenfalls zeigen die vorerwähnten graphischen Darstellungen, dass Druckfestigkeit und spezifisches Trockengewicht im Verhältnis zueinander für die verschiedenen Standorte oder richtiger Standortgruppen desselben Wachstumsgebietes charakteristisch sind und dass sich die älteren Bestände im allgemeinen, nach dem Schwappachschen Gesetz beurteilt, günstiger verhalten als diejenigen mittleren Alters und die jungen sowie die auf besseren Standorten erwachsenen Bäume im allgemeinen günstiger als die von geringeren Standorten. Als endgültige Schlussfolgerungen führt SCHWAPPACH ausserdem an:

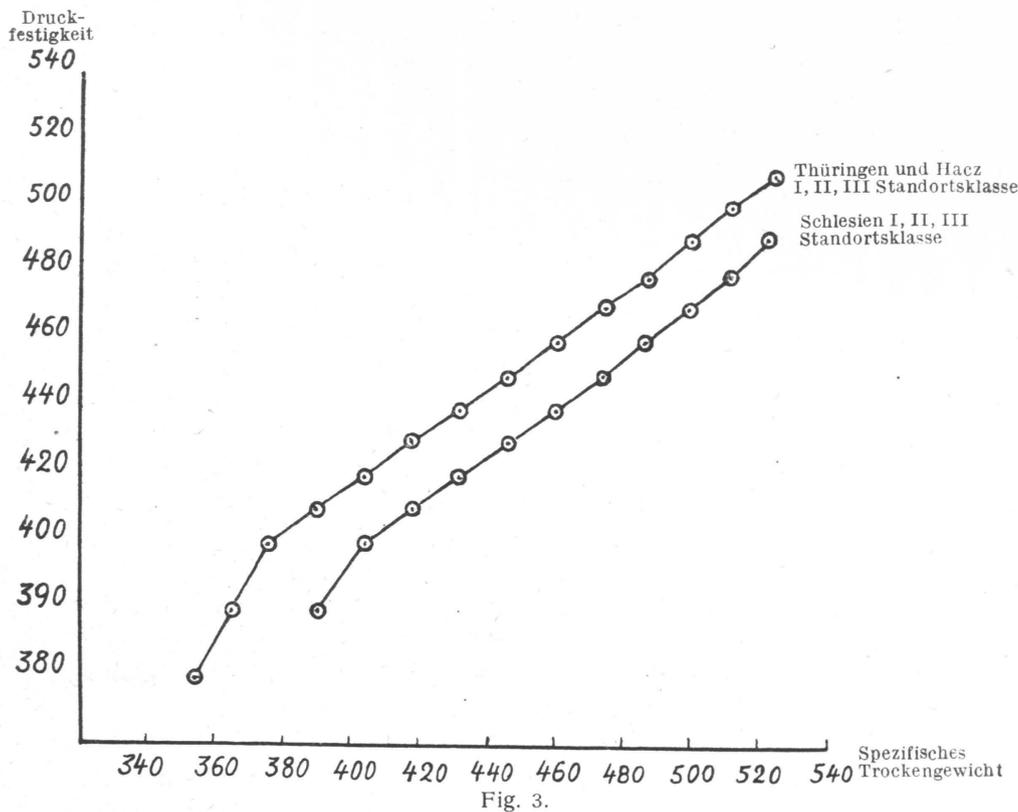
- »1. bei gleicher Standortgüte entspricht im höheren Alter der gleichen Druckfestigkeit ein geringeres Raumgewicht als im jüngeren.
2. Bei gleichem Alter entspricht auf dem besseren Standort der gleichen Druckfestigkeit ein geringeres Raumgewicht als auf schlechterem.

— — — — —
Hieraus folgt allgemein, dass, je günstiger die sonstigen Verhältnisse sind, ein desto geringeres Raumgewicht für die gleiche Druckfestigkeit erforderlich ist. — — — — —»

Ungefähr dieselben Methoden hat SCHWAPPACH bei der Untersuchung der Fichte, Weisstanne, Weymouthskiefer und Rotbuche angewandt. Als Ergebnisse seiner Untersuchungen über den Einfluss der Standortgüte auf das Raumgewicht bei gleichem Wachstumsgebiet bei der Fichte führt er unter anderem folgendes an:

»In dem untersuchten Material tritt auch ein kleiner Unterschied zu Ungunsten der geringeren Standorte hervor, immerhin ist dieser aber erheblich geringer als bei der Kiefer und reicht bei weitem nicht an den Einfluss des Wachstumsgebietes heran.»

In seiner Beurteilung des Verhältnisses zwischen Druckfestigkeit, spezifischem Trockengewicht und Lufttrockengewicht der Fichte bei verschiedenen Wachstumsgebieten und verschiedener Standortgüte ist



SCHWAPPACH zu Resultaten gekommen, die am besten aus dem vom Verfasser gezeichneten Diagramm Fig. 3 hervorgehen. Wie man sieht, ist das Verhältnis auch hier, abgerechnet eine kleine Abweichung im Anfang der Kurven, deutlich linear, und man kann daher sagen, dass auch hier das bereits bei der Kiefer gefundene Gesetz gilt, dass, »je günstiger die sonstigen Verhältnisse sind, ein um so geringeres Raumgewicht zu gleicher Druckfestigkeit gehört, was nur durch einen Unterschied bei gleichem Raumgewicht zu erklären ist.« Dagegen ist für die Fichte kein so deutlicher standörtlicher Unterschied zu bemerken wie für die Kiefer, so dass das Raumgewicht und die Druckfestigkeit eines auf schlechterem Standort gewachsenen Baumes gegen die besseren nicht sehr zurückbleiben. Im Hinblick hierauf spricht denn auch SCHWAPPACH als seinen endgültigen Schluss aus:

»Der Einfluss der Standortsgüte innerhalb der einzelnen Verbreitungsgebiete ist nicht bei allen Holzarten gleichmässig vorhanden.

Bei der Kiefer tritt er sehr deutlich hervor, schwächer bei der Fichte, bei der Buche war er wenigstens nicht nachweisbar.»

Seine Untersuchung schliesst SCHWAPPACH mit einer Erwägung ab, die auch bei uns bedeutungsvoll sein kann. Er sagt nämlich:

»Die vorliegende Arbeit hat gezeigt, wie verschieden die Eigenschaften des Holzes der gleichen Art je nach Wachstumsgebiet, Alter, Standort und wirtschaftlicher Behandlungsweise sind. Hieraus folgt aber, dass die Angaben, welche sich über das Verhalten einer Holzart in technischer Beziehung in der Litteratur finden, ohne nähere Bezeichnung dieser Verhältnisse wenig Werth besitzen. Sichere Aufschlüsse über die technischen Eigenschaften des Holzes sind daher nur durch das Zusammenarbeiten der Forstwirte mit den Ingenieuren zu erreichen.«

Mit diesen Worten hat SCHWAPPACH seine Gedanken über die Bedeutung der biologischen Forschungsrichtung für die Forsttechnologie deutlich ausgesprochen. Wenn man die Verhältnisse, unter denen ein Baum aufgewachsen ist, und die vitalen Eigenschaften des Baumes nicht kennt, kann man auch keine gültigen Prinzipien für die Beurteilung der technischen Eigenschaften und der Qualität des Holzes aufstellen. Sehr schöne Beispiele erwähnt in dieser Hinsicht u. a. JANKA. Er führt u. a. folgende Werte über den Bruchmodul der Fichte für Zug- und Druckkräfte an:

Wiener Bauratgeber von JUNK 1888 Zug=600 kg/cm², Druck=500 kg/cm²
Österr.-ungar. Bauratgeber von R.

HAND 1894..... Zug=600 kg/cm², Druck=276 kg/cm²
Kalender für Eisenbahntechniker
von E. HEUSINGER v. WALDEGG
für weiche Hölzer ohne Unterschied Zug=680 kg/cm², Druck=450 kg/cm²
Baulexikon von MOTHES: Fichte .. Zug=762 kg/cm², Druck=407 kg/cm²
MEYERS Conversationslexicon .. Zug 450-700 kg/cm², Druck=405 kg/cm²

Es versteht sich ohne weiteres von selbst, dass es keinerlei Zahlen für weiche Hölzer ohne Unterschied gibt. Aber der Unbestimmtheit der zur Verfügung stehenden Zahlen haftet auch der Nachteil an, dass man für die Gewinnung voller Sicherheit oftmals Holz verschwenden wird.

HADEK und JANKA haben vielseitige Untersuchungen über die Eigenschaften österreichischer Bauhölzer angestellt. Von diesen verdient der erste Teil, der die Fichte von Südtirol betrifft, besondere Beachtung. Da sind nämlich die Untersuchungsmethoden aufs genaueste angegeben,

und ebenso ist das Material seinem ganzen Umfang nach veröffentlicht. Unter den Fragen, deren Lösung die Autoren unternommen haben, steht der hier behandelten Bonitätsfrage das Thema 11 der beiden Forscher am nächsten, welches mit folgenden Worten umschrieben ist:

»11. Uebt die Exposition und die Höhenlage des Standortes, ferner das Baumalter einen Einfluss auf die Festigkeitskoeffizienten des Holzes aus?«

Wenn man sich jedoch näher mit den Untersuchungen von HADEK und JANKA bekannt macht, findet man, dass die Frage in denselben ausführlicher behandelt ist, als sie gestellt wird. Bei ihrer Beantwortung sind nämlich auch die Güte des Standortes und der Einfluss des Wachstumsgebietes in Betracht gezogen. Dies darum, weil HADEK und JANKA auf die Lösung recht zahlreicher rein technischer Fragen ausgegangen sind, wie z. B. auf die Fragen nach den Beziehungen zwischen Druckfestigkeit, Feuchtigkeit und spezifischem Gewicht, nach dem Einfluss der Länge des Probekörpers auf die Druckfestigkeit innerhalb der Grenzen, wo die Knickungsfestigkeit noch nicht in Geltung kommt, ob die Form des Querschnittes einen Einfluss auf die Druckfestigkeit hat, nach welchen Richtungen hin die Qualität des Bauholzes untersucht werden soll, wenn man ihren speziellen Verwendungszweck als Konstruktionsmaterial im Auge behält usw., so dass sie der biologischen Seite der Festigkeitsuntersuchung nicht genügend Aufmerksamkeit haben widmen können. Ihr Material ist jedoch mit solcher Sorgfalt gesammelt und über dasselbe sind so genaue Aufzeichnungen gemacht, dass man mit seiner Hilfe auch Untersuchungen über den Einfluss der Bonität auf die Qualitätsfaktoren des Holzes anstellen kann. In bezug auf das Material sind angegeben das Alter, der Brusthöhendurchmesser, die Scheitelhöhe, die Höhe des Kronenansatzes, die geographische Breite und Länge, die örtliche Lage und Exposition, die Meereshöhe, die allgemeine geologische und spezielle Bodenbeschaffenheit, und schliesslich ist noch eine Beschreibung des Bestandes und Probestammes hinzugefügt. Bei dem Bericht über die allgemeine und spezielle Bodenbeschaffenheit haben die Autoren auch die Pflanzendecke beschrieben, doch sind die diesbezüglichen Angaben recht summarisch gewesen, z. B. »Moos- und Nadeldecke, Gras- und Unkrautwuchs, Moos- und Nadeldecke, Vaccinien, Moos- und Vacciniendecke« usw., weshalb sich daraus nichts über den Waldtyp entnehmen lässt. Aus diesem Grunde ist es am besten, die eigenen Bonitäten der Autoren anzuwenden. Es ist allerdings nicht erwähnt, nach welchen Gesichtspunkten dieselben unterschieden sind, aber wahrscheinlich sind acht oder neun

Klassen zur Anwendung gekommen und die Bezeichnungen: I am besten und VIII oder IX am schlechtesten gewesen. Wie schon aus dem Gesagten hervorgeht, geben diese Bonitäten keine natürlichen Klassen an. Im Hinblick hierauf und selbstverständlich auch darum, weil die Zahl der Klassen eine andere als bei SCHWAPPACH ist, lässt sich kein Vergleich nach Bonitäten durchführen. Nichtsdestoweniger werden im folgenden bei der graphischen Darstellung der Untersuchungen von HADEK und JANKA dieselben Methoden angewandt wie bei den Schlussfolgerungen der Untersuchungen SCHWAPPACHS. Dies gilt besonders von dem Alter der in die Statistik aufzunehmenden Bäume.

Der Einfluss des Alters auf das spezifische Gewicht ist nach SCHWAPPACH kurz folgender:

»Bis zum 90. Jahre bleibt auf den besseren Standorten das spezifische Gewicht annähernd gleich, in der Periode von 91 bis 120 Jahren tritt eine langsame, darüber hinaus eine immer raschere Abnahme im Raumgewicht des nunmehr entstehenden Holzes ein.«

Die Gewichtsverhältnisse der auf geringeren Standorten gewachsenen Bäume weicht darin von den vorhergehenden ab, dass das schwerste Holz hier in der frühesten Jugend erzeugt wird, dann nimmt das Gewicht stetig ab, und zwar am raschesten in der Periode des lebhaftesten Wachstums, von 30—60 Jahre; von 60—120 Jahre ist die Abnahme langsam, und später ist eine Fortdauer der Gewichtsabnahme mit Bestimmtheit anzunehmen.

Hieraus ergibt sich, dass der Vergleich am besten auszuführen ist, wenn der Wald 60—120 oder 90—120 jährig ist, da in diesem Alter sowohl auf besseren wie auf geringeren Bonitäten der Einfluss des Alters auf das Gewicht des Holzes der kleinstmögliche ist. Doch ist es klar, dass diese Altersgrenzen nicht zu eng genommen werden dürfen, denn z. B. SCHWAPPACH selbst hat die Klassifikationen 61—120 J. und 121 + J. angewandt oder z. B. zu ein und derselben Gruppe die 90—140 jährigen Bäume zusammengefasst. Aber nach dem, was SCHWAPPACH über den Einfluss des Alters auf das Gewicht des Holzes festgestellt hat, kann man es doch für ausgemacht halten, dass es z. B. bei der Untersuchung des Einflusses der Bonität auf das Gewicht des Holzes nicht richtig ist, z. B. 210—312 jährige und z. B. 110 jährige Bäume miteinander zu vergleichen. Auch die Zunahme der Druckfestigkeit in höherem Alter, die hauptsächlich auf die Vermehrung und Veränderung der organischen Substanz innerhalb des gleichen Volumens zurückzuführen ist, verursacht, dass Bäume, deren Altersunterschied so gross ist, nicht miteinander verglichen werden können.

Beim gegenseitigen Vergleich der Eigenschaften verschiedener Probestämme haben HADEK und JANKA das Gesamtmittel so berechnet, dass der arithmetische Mittelwert aus den Koeffizienten der mechanisch-technischen Eigenschaften der in verschiedenen Höhen des Stammes entnommenen Probekörper gewonnen wurde. SCHWAPPACH hinwieder hat die durchschnittliche Druckfestigkeit berechnet nach der Formel:

$$\text{durchschnittliche Druckfestigkeit} = \frac{v_1 f_1 + v_2 f_2 + v_3 f_3 + \dots}{v_1 + v_2 + v_3 + \dots}$$

worin $v_1, v_2, v_3 \dots$ die Trockenvolumina der betreffenden Sektionen und $f_1, f_2, f_3 \dots$ die zugehörigen Mittelwerte der Druckfestigkeit vorstellen. Es ist leicht einzusehen, dass das Verfahren HADEKS und JANKAS theoretisch nicht richtig ist. Übrigens kann man auch in Frage stellen, ob man berechtigt ist, solche gewogene Mittelwerte zu berechnen, wie SCHWAPPACH getan hat. Man kann nämlich behaupten, dass sie nicht angeben, wie feste Probe- oder Konstruktionskörper man von einem Stamm bekommt, denn z. B. ein Stamm, der keinen einzigen besonders festen, aber auch keinen einzigen besonders schwachen Teil hat, kann bei dieser Berechnung mit einem höheren Mittel auftreten als ein Stamm, an dem sich sehr feste und sehr schwache Teile vorfinden. Von dem letzteren Stamm kann man doch wertvollere Konstruktionskörper erhalten als von dem ersteren.

Wenn z. B. zwei gleichlange und auch sonst ungefähr gleichgrosse Stämme miteinander zu vergleichen sind, muss der Vergleich natürlicherweise so ausgeführt werden, dass man die Koeffizienten der mechanisch-technischen Eigenschaften an denselben Stellen entnommener Probekörper gegeneinanderhält. Auch kann der Vergleich in der Weise stattfinden, dass man dazu die Koeffizienten einer einzigen Höhe benutzt. Dieses letztere Verfahren ist dann am Platz, wenn der betreffende Koeffizient für die Eigenschaften desselben Stammes charakteristisch ist. Dabei ist es nicht von Wichtigkeit, das Volumen der Scheibe zu berücksichtigen, aus der der Probekörper herausgeschnitten ist, denn oben wurde ja angenommen, dass die Stämme ungefähr gleichgrosse gewesen seien. Die Probestämme, die bei dem folgenden Vergleich zur Anwendung kommen, sind ziemlich gleichgrosse gewesen, ihr Durchmesser in 1.3 m Höhe hat nämlich in derselben statistischen Klasse um höchstens 5 cm variiert, d. h. dies ist der Durchmesserunterschied des grössten und des kleinsten Stammes in 1.3 m Höhe. Der grösste Höhenunterschied betrug auf derselben Bonität in einem einzigen Fall ganze 8 m, aber im Durchschnitt hat es sich nur um Variationen von 3—4 m gehandelt. Das Material ist also recht homogen, wenn man bedenkt, dass die Höhenunterschiede um so grösser

sind, je länger die Bäume im Bestand sind, dass der längste Baum 35.4 m und der kürzeste 24 m mass und dass der Mittelwert der Längen der Bäume über 30 m betragen hat.

Hat man die spezifischen Gewichte und die Druckfestigkeiten auf verschiedenen Bonitäten miteinander zu vergleichen, um zu untersuchen, wie die Bonität auf dieselben einwirkt, so müssen die zu dem Vergleich anzuwendenden Probekörper selbstverständlich dem astfreien und mithin am regelmässigsten gewachsenen Teil des Baumes entnommen werden. Im allgemeinen ist der astfreie Teil bei den Probestämmen HADEKS und JANKAS recht lang, denn die Höhe des Kronenansatzes ist 7—18.7 m und durchschnittlich um 14—15 m herum. Unter diesen Umständen kann man alle die Schnitte wählen, die unterhalb 14—15 m liegen. Da sich aber unter den Probestämmen doch solche befinden, bei denen das fragliche Mass 7.0, 8.0, 10.5 m usw. beträgt, ist es klar, dass man weiter unten als bei 14—15 m entnommene Schnitte benutzen muss. Die Probekörper sind in 1.1, 2.7, 5.4, 9.8, 14.2 und 18.6 m Höhe entnommen. Aus dem Obigen geht hervor, dass nur die Höhen 1.1, 2.7 und 5.4 m in Betracht kommen können. Weil die Höhe 1.1 m bei so grossen Stämmen am Wurzelanlauf bleibt, hat sie auszuscheiden. Wenn man eine der Höhen 2.7 und 5.4 m gewählt hat, scheint von ihnen 5.4 m vorteilhafter, weil sich der Wurzelanlauf bei grossen Stämmen reichlich über 1.3 m erstrecken kann, während 5.4 m sicher schon zu dem Teil des Stammes gehört, der eine regelmässige Form hat und dessen Querschnittfläche dem Kreise nahekommt.

Ich habe also auf Grund des Materials von HADEK und JANKA unter Beachtung der obigen Umstände die Durchschnitte zu berechnen versucht, durch welche der Einfluss der Bonität auf das absolute Trockengewicht und die Druckfestigkeit aufgeklärt werden würde. Bei der Durchmusterung des Materials ergab sich alsbald, dass mehrere Bonitäten auf dieselbe Weise zusammengefasst werden mussten, wie es SCHWAPPACH getan hat. Am zweckmässigsten zeigte es sich, zwei Bonitätsgruppen, nämlich die Bonitäten 1) II—III und 2) IV—VII zu vereinigen, wobei wahrscheinlich zu der ersteren Klasse der OMT und schlechtere und zu der letzteren bessere Bestände gehören.

Ferner sei erwähnt, dass es bei der Untersuchung des Einflusses der Bonität auf die mechanisch-technischen Eigenschaften des Holzes natürlicherweise nicht angeht, Stämme miteinander zu vergleichen, die in ungleich dichten Beständen aufgewachsen sind. Wie ich früher dargetan habe¹,

¹ LASSILA, A. F. F. Nr. 31 und 36.

wirkt die Stellung des Baumes im Bestand recht erheblich auf die mechanisch-technischen Eigenschaften des Holzes ein, weshalb man, um zuverlässige Resultate zu gewinnen, nur solche Stämme miteinander vergleichen darf, die derselben Kronenschicht angehören und die in Beständen gewachsen sind, deren Dichte ungefähr die gleiche ist, so dass also der Wuchsraum der Bäume, deren Eigenschaften miteinander verglichen werden, ungefähr derselbe ist. Aus diesem Grunde wurden die Probestämme Nr. 3 und 4 ganz beiseite gelassen, da sie in einem recht lichten Bestand gewachsen sind, dessen Dichte nur 0.3 war, und der Bestand sich also fast in Samenbaumstellung befand. Die Bestockung der übrigen Bestände war 0.9. Sämtliche Probestämme sind aus dem dominierenden Bestand entnommen, und aus ihrer Beschreibung geht hervor, dass sie gesund, vollholzig, zentrisch resp. ziemlich zentrisch gewachsen sind.

Die folgende Tabelle, die nach HADEKS und JANKAS Südtiroler Fichtenmaterial aufgestellt ist, veranschaulicht also das spezifische Trockengewicht (= absolutes Trockengewicht) des in 5.40 m Höhe entnommenen Probekörpers und die Druckfestigkeit des absolut trockenen Holzes.

Bonitätsklassen	Spezifisches Trockengewicht	Druckfestigkeit
II bis III	380	667
IV	344	552

Als Ergebnisse ihrer diesbezüglichen Untersuchungen teilen HADEK und JANKA mit, dass Exposition, Höhenlage und Güte des Standortes keinen erkennbaren Einfluss auf das spezifische Trockengewicht und auf die Festigkeitskoeffizienten des Holzes ausüben, aber es scheint der Einfluss des Wachstumsgebiets sich auf das spezifische Gewicht und die Druckfestigkeit der Südtiroler Fichte insofern geltend zu machen, als die Annäherung an die vertikale und gleichzeitig an die horizontale Verbreitungsgrenze der Fichte die genannten Eigenschaften des Südtiroler Fichtenholzes ungünstig beeinflusst.

HADÉK und JANKA halten es also nicht für sicher, dass die Bonität auf die Qualitätskoeffizienten des Holzes einwirkt. Zu diesem Ergebnis sind sie indes infolge einer unrichtigen Behandlung ihres Materials gelangt. Sie haben zu demselben Durchschnitt Stämme nehmen können, deren Altersunterschiede ungefähr 200 Jahre betragen konnten, und Stämme, die einerseits in volllichtem Bestand, andererseits als einzelne Samenbäume aufgewachsen sind. Diese Fehler sind bei der Berechnung

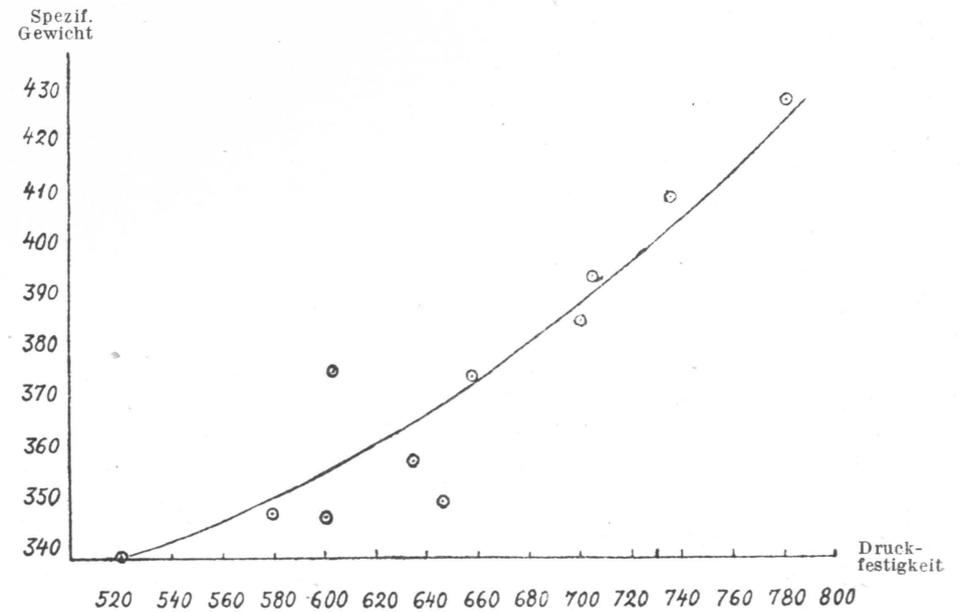


Fig. 4.

der obigen Durchschnitte korrigiert. Wenn man bedenkt, dass in der Bonitätsklassifikation von HADÉK und JANKA die niedrigeren Ziffern bessere Klassen bedeuten, ergibt sich aus dem Obigen ohne weiteres, dass auch bei der Südtiroler Fichte einem höheren spezifischen Gewicht eine grössere Druckfestigkeit entspricht und dass das spezifische Gewicht sowohl als die Druckfestigkeit auf besseren Bonitäten grösser als auf geringeren sind.

Wenn man auf Grund desselben Materials das Abhängigkeitsverhältnis zwischen spezifischem Gewicht und Druckfestigkeit untersucht, erhält man die graphische Darstellung Fig. 4. Aus dieser geht ebenso wie aus den Untersuchungen SCHWAPPACHS hervor, dass die Druckfestigkeit und das absolute Trockengewicht ungefähr in linearem Verhältnis zueinander stehen.

B. Die in Schweden ausgeführten Untersuchungen.

Die ersten eigentlichen Untersuchungen über die mechanisch-technischen Eigenschaften des Holzes wurden in Schweden in den 1890-er Jahren von WIJKANDER in Göteborg ausgeführt. Es versteht sich von selbst,

dass dabei keinerlei biologisch-ökologische Unterscheidung der Standorte in Frage kommen konnte. Allerdings hatte v. Post schon 1862 in Schweden gewisse auf der Zusammensetzung der Vegetation beruhende Grundgedanken über die Bestimmung der Güte des Bodens ausgesprochen, indem er unter anderem äusserte, dass eine gewisse Menge Pflanzen, die zusammen auf ein und demselben Standort vorkommen, dessen Charakter und die Beschaffenheit des Bodens angäben wie auch die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Standorts, welche das Auftreten gerade dieser Pflanzenarten auf dem betreffenden Standort ermöglicht haben, aber seine Theorie fand sehr wenig Beachtung. Ähnliche Umstände führte erst über 30 Jahre später NILSSON vor, der z. B. in Nordschweden 1897 mehrere Waldtypen unterschied. Es ist mithin gar nicht zu verwundern, dass WIJKANDER, der sonst alle möglichen, auf die Eigenschaften der Bäume einwirkenden Momente zu beachten versuchte, den Untersuchungen v. POSTS und NILSSONS keine Aufmerksamkeit geschenkt hat. Sie erweckten nicht einmal bei den Botanikern und Forstmännern gebührendes Interesse, weshalb man leicht begreift, dass ein Vertreter der technischen Mathematik wie WIJKANDER sie nicht berücksichtigte. WIJKANDER war auch nicht mit den in Deutschland praktisch angewandten Bonitierungsprinzipien bekannt. Er klassifizierte die Standorte hauptsächlich geologisch und mineralogisch. Ausserdem teilte er Schweden in Wachstumsgebiete ein, die ungefähr den Wachstumsgebieten SCHWAPPACHS und JANKAS entsprechen. Bezüglich dieser konstatierte er, dass das spezifische Gewicht der Fichte am höchsten in Westschweden und Småland ist, wo ebenso wie in Bergslagen und auch in den östlich von Bergslagen gelegenen Teilen auch das spezifische Gewicht der Kiefer seinen höchsten Wert erreicht, und dass das spezifische Gewicht sowohl der Kiefer als der Fichte in Nordschweden am niedrigsten ist. Für den Standort erweisen die Untersuchungen WIJKANDERS im allgemeinen den Einfluss des Bodens auf die spezifischen Gewichte der Kiefer und Fichte als ziemlich niedrig, aber es geht aus ihnen doch hervor, dass das spezifische Gewicht auf besserem Boden im allgemeinen höher ist als auf geringerem. In bezug auf die Birke stellte sich dagegen deutlich heraus, dass die Holzsubstanz der auf tiefliegenden und tonigen Böden gewachsenen Birken leichter als auf humösen Böden mit Ton- oder Sanduntergrund war.

WIJKANDER hat also für das spezifische Gewicht ungefähr dasselbe Verhalten wie SCHWAPPACH, HADEK und JANKA festgestellt. ENEROTH hat unter Benutzung der Zahlen für die Festigkeit und das spezifische Gewicht nach den WIJKANDERSCHEN Untersuchungen die Korrelation

zwischen Druckfestigkeit und spezifischem Gewicht aufzuhellen versucht. Hinsichtlich dieser Untersuchung ist zu erwähnen, dass WIJKANDER bei seinen Forschungen dem Einfluss des Feuchtigkeitsgehalts auf die mechanisch-technischen Eigenschaften des Holzes nicht genügend Beachtung geschenkt hatte. Er gab zwar das spezifische Gewicht und den Feuchtigkeitsgehalt des Probekörpers an, reduzierte sie aber nicht auf einen bestimmten Feuchtigkeitsgehalt. In Wirklichkeit hat dies nicht so viel zu bedeuten gehabt, denn im allgemeinen hat der Feuchtigkeitsgehalt der WIJKANDERSCHEN Probekörper nicht sehr stark geschwankt. Durchschnittlich betrug der Feuchtigkeitsgehalt der von WIJKANDER angewandten Probekörper 12—13 %. Doch ist zu bemerken, dass schon einige Prozente sehr viel besagen. So ist die Druckfestigkeit von 15 prozentigem Holz ungefähr doppelt so gross wie die von 25—30 prozentigem, und von 15 % abwärts nimmt die Druckfestigkeit in noch höherem Masse zu. ENEROTH hat bei seinen Untersuchungen die ursprünglichen Zahlen WIJKANDERS angewandt und ist zu dem Schluss gekommen, dass ein höheres spezifisches Gewicht auch eine grössere Druckfestigkeit bedeutet, doch macht er danach den Vorbehalt: »— — Man må dock icke föreställa sig att detta samband är fullkomligt lagbundet. I verkligheten visa de enstaka proven en synnerligen stark variation. — — —

Man kan således endast tala om en större eller mindre positiv korrelation mellan volymvikt och tryckhållfasthet.»¹

Auch WINBERG und ASPLUND haben bei ihrer Behandlung der von der Schwedischen Ingeniörsvetenskapsakademi veranstalteten Untersuchungen über die Festigkeit der schwedischen Kiefer WIJKANDERS Zahlen für die Festigkeit und das spezifische Gewicht graphisch untersucht. Sie haben angenommen, dass der durchschnittliche Feuchtigkeitsgehalt der WIJKANDERSCHEN Probekörper 13 % war. Dabei ergab sich folgende Tabelle:

Holzart	Spezifisches Gewicht 13 %	Spezifisches Gewicht 0 %	Druckfestigkeit kg/cm ²
Kiefer	0.627	0.555	451
»	0.568	0.502	424
»	0.524	0.464	420
»	0.475	0.420	379

¹ »— — Man darf sich jedoch nicht vorstellen, dass dieser Zusammenhang völlig gesetzmässig sei. In Wirklichkeit zeigen die einzelnen Proben eine sehr starke Variation. — — — — Man kann also nur von einer grösseren oder geringeren positiven Korrelation zwischen Raumgewicht und Druckfestigkeit sprechen.»

Hieraus geht hervor, dass die Druckfestigkeit nach den Untersuchungen von WIJKANDER ziemlich genau den Schwankungen des spezifischen Gewichts folgt und mithin auch denselben Gesetzen unterliegt wie dieses.

In der Staatlichen Prüfungsanstalt Schwedens sind auch die Eigenschaften der Hölzer untersucht worden. Dies ist hauptsächlich auf Kosten von Auftraggebern und natürlicherweise zu speziellen Zwecken geschehen, so dass die Resultate der Untersuchungen ebenfalls Eigentum der Auftraggeber geblieben sind. Um auch Untersuchungen zustande zu bringen, deren Ergebnisse allgemein zugänglich sein würden, liess die Ingeniörsvetenskapsakademi in Stockholm in der Staatlichen Prüfungsanstalt Untersuchungen über den Einfluss der Feuchtigkeit und des Raumgewichts auf die Festigkeit und andere Eigenschaften schwedischen Kiefernholzes anstellen.

Durch die Untersuchungen sollten ermittelt werden:

»dels fuktighetens inverkan på hållfasthetsegenskaperna hos stora provkroppar av vanliga dimensioner och hos normala provkroppar av smärre dimensioner och felfritt virke, uttagna ur föregående provkroppar efter deras prövning,

dels arbetsförfaranden vid bestämning av vissa allmänna och hållfasthetsegenskaper hos trävirke.»¹

In demselben Zusammenhang wird erwähnt:

»Undersökningen har icke utförts för utrönande av klimatets, markbeskaffenhetens eller beståndsvårdens inverkan på virkets egenskaper. — — —»²

Als Zweck der Untersuchung wird ausdrücklich angegeben, dass Umstände erforscht werden sollten, die vom Standpunkt des Ingenieurs von Wichtigkeit sind, weshalb die Untersuchung auf im Handel und in der Praxis vorkommende Holzwarenarten gerichtet wurde. Es handelt sich also um eine einseitig mathematisch-technische und der Biologie fremde Untersuchung, aber auch dabei mussten Umstände behandelt werden, die forsttechnologisch-forstbiologische Bedeutung besitzen, nämlich das Ver-

¹ »teils der Einfluss der Feuchtigkeit auf die Festigkeitseigenschaften grosser Probekörper von gewöhnlichen Dimensionen und normaler Probekörper von kleineren Dimensionen und fehlerfreiem Holz, die aus früheren Probekörpern nach deren Prüfung herausgenommen sind, teils Arbeitsmethoden zur Bestimmung gewisser allgemeiner und Festigkeitseigenschaften des Holzes».

² »Die Untersuchung ist nicht ausgeführt worden, um den Einfluss des Klimas, der Bodenbeschaffenheit oder der Bestandspflege auf die Eigenschaften des Holzes festzustellen.»

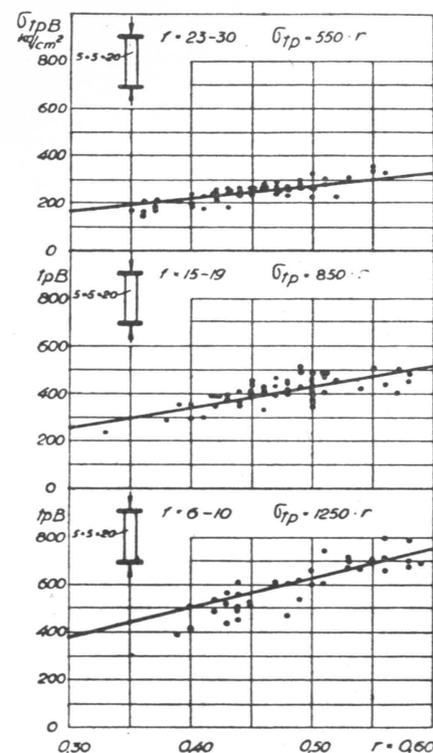


Fig. 5.

hältnis des spezifischen Gewichts des Holzes zu dessen Festigkeitszahlen. Bei den Untersuchungen wurden folgende Feuchtigkeitsgrade unterschieden:

ofentrocken ¹	= Holz mit 6—10 % Feuchtigkeitsgehalt
zimmertrocken	= » » 10—15 » »
lufttrocken	= » » 15—19 » »
luftfeucht	= » » 19—23 » »
feucht	= » » 23—30 » »
nass oder frisch	= » » >30 » »

Die Einsammlung des Materials zu den Untersuchungen, deren Ausführung usw. wird später eingehender wiedergegeben und beurteilt wer-

¹ Als ofentrocken (ungstortt, killndry) wird Holz bezeichnet, welches bei 70—75° C getrocknet ist.

den. In diesem Zusammenhang sei nur erwähnt, dass die Druckfestigkeit in der Richtung der Holzfasern in 3 Wassergehaltsklassen, nämlich in den Klassen 23—30 %, 15—19 % und 6—10 % untersucht wurde. In den Untersuchungen von SCHWAPPACH sowie von HADEK und JANKA finden sich keine entsprechenden Klassen, weshalb ein Vergleich nicht möglich ist. Die Kurve Fig. 5, die nach dem Referat von SCHLYTER und WINBERG mitgeteilt ist, zeigt das spezifische Gewicht und die Druckfestigkeit parallel mit den Fasern im Verhältnis zueinander. Wie aus dieser graphischen Darstellung ersichtlich wird, ist die Druckfestigkeit trotz der Schwankungen des Wassergehalts eine geradlinige Funktion des spezifischen Gewichts.

Aus dem Obigen geht hervor, dass, insofern sich eine Bedeutung der Bonität für das spezifische Gewicht nachweisen lässt, auch die schwedischen Untersuchungen zeigen, dass die Standortsgüte auch für die Druckfestigkeit von Belang sein muss.

C. Die Untersuchungen von Kalninš über die Bedeutung der mechanisch-technischen Eigenschaften des Holzes als Charakteristika der Waldtypen.

In Lettland begann das Forsttechnologische Laboratorium i. J. 1924 mit seiner Tätigkeit. Als sein Leiter ist seit der Gründung KALNINŠ wirksam. Die Waldtypentheorie ist ihm bekannt gewesen, denn in Lettland hat man eine dankenswerte Arbeit für die Aufklärung der Waldtypen ausgeführt. Auf Grund der Beschreibungen, die über die lettländischen Waldtypen vorliegen, darf man annehmen, dass Pinetum myrtillosum ungefähr zu unserem MT, Pinetum callunosum zu unserem CT und Pinetum vacinosum zu unserem VT gehört. Wie aus diesen Bezeichnungen hervorgeht, sind in Lettland ähnliche Waldtypennamen angewandt worden, wie sie bei uns NORRLIN und HULT gebraucht haben. Man hat also vermutet, dass der Waldtyp auch von der Holzart abhängig sei, was, wie die bei uns ausgeführten Untersuchungen gezeigt haben, keineswegs der Fall ist. Ausserdem ist zu bemerken, dass die lettländischen Vegetationsfaktoren stark von den unsrigen abweichen, weshalb nur hinsichtlich der geringeren Typen ein vollständiger Parallelismus herrscht. So ist z. B. Picetum oxalidosum üppiger als unser OT. Es ist mithin klar, dass unsere gewöhnlichsten Waldtypen CT, VT, MT und OT nicht ganz den lettländischen Pinetum callunosum, P. vacinosum, P. myrtillosum, P. oxalidosum usw. ent-

sprechen und dass Lettland in einem anderen Wachstumsgebiet liegt als z. B. Süd- und Mittelfinnland. Dieses Verhalten ist in Betracht zu ziehen, wenn man die Eigenschaften der Bäume auf den lettländischen und unseren Waldtypen miteinander vergleicht.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass das forsttechnologische Laboratorium Lettlands über recht gute technische Hilfsmittel verfügt und dass in demselben ausser KALNINŠ als seine Gehilfen zwei Assistenten arbeiten. Das Laboratorium hat denn auch mit seinen Untersuchungen ausserordentlich interessante Resultate erzielt, die jedoch zu der Zeit als dies niedergeschrieben wurde noch nicht veröffentlicht waren, aber dem Verfasser in Lettland in der Korrektur vorgelegen haben.

Das Programm des Laboratoriums ist recht umfassend gewesen; KALNINŠ sagt:

»Als ich mich für die Zusammensetzung und die technischen Eigenschaften der Hölzer Lettlands zu interessieren anfang, hatte ich kein Anhaltmaterial. Auch das in der ausländischen Litteratur uns zugängliche Zahlenmaterial über die Eigenschaften der in Lettland verbreiteten Holzarten, — — —, war sehr dürftig und auch sehr widerspruchsvoll.»

Aus diesem Grunde unternahm es KALNINŠ, Material zu sammeln und Voruntersuchungen zur Bestimmung der einfachsten Daten über die lettländischen Hölzer, wie zur Feststellung des Wassergehalts, zur Aschenanalyse, der Bestimmung von Destillationsprodukten usw. anzustellen. Im Zusammenhang mit dieser Untersuchung konstatierte er, dass die Zusammensetzung und dementsprechend auch die technischen Eigenschaften der Hölzer nicht nur vom Alter und vom Teil des Baumes abhängig sind, sondern dass auch der Standort und besonders der Waldtyp einen grossen Einfluss auf die technische Eigenschaft der Hölzer ausüben.

Die Auffassungen von KALNINŠ über die Waldtypen weichen einigermaßen von den bei uns herrschenden ab. In Lettland werden nämlich Waldtyp und Bonität nicht als identische Begriffe angesehen, sondern ein und derselbe Waldtyp wird zu verschiedenen Bonitäten gerechnet. So kann beispielsweise Pinetum callunosum zu den Bonitäten III—V gehören. Dies beruht darauf, dass die lettländischen Bonitäten ausschliesslich nach der Pflanzendecke und der Baumvegetation, die jeweils auf dem Standort vorhanden ist, bestimmt sind. Dieses Verfahren entspricht nicht dem bei uns gebräuchlichen. Bei uns wird ja bei der Bestimmung des Waldtyps nur die Vegetation des in naturnormalem Zustand befindlichen, annähernd haubaren Bestandes berücksichtigt. Wenn der Waldtyp

für einen Wald zu bestimmen ist, der älter oder jünger als ein in naturnormalem Zustand befindlicher ist oder auf dessen Pflanzendecke zufällige Faktoren, wie z. B. der Mensch, die Tiere, Waldbrände, Stürme, Aushiebe usw. eingewirkt haben können, so ist in jedem Fall zu entscheiden, welcher Art die Vegetation des Bestandes in seinem vorerwähnten Normalzustand wäre. Es ist ja möglich, dass z. B. der OMT nach einem Waldbrand sogar Heidekraut hervorbringt, und die Oberflächenvegetation kann sogar während der ganzen ersten Umtriebszeit von der normalen abweichen, aber z. B. der Zuwachs der Bäume, das Volumen des normaldichten Bestandes usw. doch für den OMT charakteristisch sein. Aus diesem Grunde ist der Waldtyp in diesem Fall z. B. nach den taxatorischen Merkmalen zu bestimmen. PALMGREN hat denn auch die Bestimmung der Waldtypen treffend mit der Bestimmung der Carex-Arten verglichen. Diese sind am leichtesten während der Fruktifikation zu erkennen, wie der Waldtyp am deutlichsten in dem naturnormalen Bestand zu konstatieren ist, dessen Alter dem Haubarkeitsalter nahesteht, aber ebenso wie der Pflanzensystematiker die Carex-Arten ohne Frucht erkennt, kann man auch die Waldtypen unterscheiden lernen, selbst wenn der Bestand nicht naturnormal und nicht annähernd hiebsreif ist. Wie aus dem Vorstehenden erhellen dürfte, umfassen also die lettländischen Waldtypen mehrere Bonitäten, und von diesem Gesichtspunkt aus ist die Schlussfolgerung von KALNINŠ zu verstehen: »Sogar das Holz vom Walde derselben Bonität, aber aus verschiedenen Waldtypen hat oft abweichende gewerbliche Eigenschaften aufgewiesen.« Aus diesem Grunde ist KALNINŠ auch der Ansicht, dass durch das Ausserachtlassen des Einflusses von einzelnen Standortsfaktoren (besonders des Waldtyps) sich erklären lässt, dass in der Literatur so verschiedene Ziffern über die Eigenschaften der Hölzer vorhanden sind. Speziell hebt KALNINŠ hervor, dass derartige Umstände bei der Untersuchung der chemischen Zusammensetzung des Holzes aufs sorgfältigste zu berücksichtigen sind.

Von KALNINŠ' Untersuchungen seien in diesem Zusammenhang die folgenden betrachtet:

- 1) Untersuchungen über den Wassergehalt der Bäume,
- 2) » » das spezifische Gewicht der Bäume bei 15 % H₂O,
- 3) » » den Einfluss des Waldtyps auf die Druckfestigkeit und
- 4) » » die Beziehungen des spezifischen Gewichts bei 15 % H₂O und der Druckfestigkeit auf verschiedenen Waldtypen.

Zu 1). Bei der Untersuchung des Wassergehalts der Bäume hat KALNINŠ, wie er sagt, den Standort und den Waldtyp in Betracht gezogen. Seine diesbezüglichen Forschungen betreffen die Birke auf trockenem und versumpftem Boden und die Kiefer auf verschiedenen Waldtypen. Bei den Untersuchungen der Birke ist der Wassergehalt des Baumes am Ende des August berücksichtigt und konstatiert, dass er bei frischen, auf trockenem Boden gewachsenen Stämmen 34.5 % und bei auf versumpftem Boden gewachsenen 41.4 % von dem Gewicht des absolut trockenen Holzes beträgt. Diese Variation beruht nach KALNINŠ' Ansicht hauptsächlich sowohl auf dem Waldtyp als auf der Bonität.

Der Wassergehalt der Kiefer ist an Stubben und in Brusthöhe untersucht worden. Die Ergebnisse sind folgende:

Waldtyp	Bonität	Wassergehalt Ende Mai im Splintholze	
		Stubben	Stamm/1.3
Pinetum myrtillosum			
b) Lettisch priedājs.....	I—II	47.1	45.0
Pinetum vaccinatum.....	II—IV	45.9	42.2
Pinetum ledosum.....	III—IV	47.9	42.2
Pinetum callunosum.....	III—V	43.4	39.4
Pinetum sphagnosum.....	V	50.3	37.8

Im Mai, wo die Bäume untersucht sind, haben sie ihr Feuchtigkeitsminimum¹, so dass die Untersuchungen also zu einer Zeit ausgeführt sind, wo die Feuchtigkeitsschwankungen in jeder Hinsicht die denkbar geringsten sind. Aus diesem Grunde sind solche Feuchtigkeitskoeffizienten wie das Wassergehaltsprozent des Stubbens von Bedeutung. Die Zahlen lassen erkennen, dass das Wassergehaltsprozent des Schaftholzes und des Stubbenholzes bei Pinetum callunosum am niedrigsten ist. Deutlich ist auch zu bemerken, dass der Wassergehalt der Stubben auf versumpften Böden (Pinetum ledosum und Pinetum sphagnosum) höher als auf Waldtypen des trockenen Bodens ist, während der Wassergehalt der Kiefer auf versumpften Böden durchschnittlich geringer (40.0 %) als auf trockenen Waldböden (43.3 %) ist. Dieses Verhalten ist übrigens physiologisch recht gut zu erklären, denn die versumpften Böden sind ja physiologisch trockene Standorte.

Hier sei hervorgehoben, dass KALNINŠ' Untersuchungen in dieser Hinsicht darauf hinzuweisen scheinen, dass der Wassergehalt der Bäume auf

¹ Vgl. LASSILA, A. F. F. 1929. Nr. 36.

trockenem Boden geringer sein würde als auf nassem Boden. Dass dies nicht immer der Fall ist, habe ich früher dargelegt.¹ Wenn man aber auch die Ziffern von KALNINŠ nicht als absolute Zahlen in Betracht zöge, ist zuzugeben, dass er die Abhängigkeit des Wassergehalts des Holzes wenigstens für die Birke konstatiert hat. Bedenkt man, welchen Einfluss der Wassergehalt z. B. auf die Zersetzungserscheinungen des Holzes, d. h. dessen Dauer, den Transport der Holzwaren zu Lande und zu Wasser usw. und auf die Gebrauchsfestigkeit der Holzwaren hat, so versteht man leicht, dass sich hier ein Gebiet auftut, dessen Erforschung von recht grosser Bedeutung sein wird und bei dem der Einfluss der Waldtypen unbedingt in Anschlag gebracht werden muss.

Zu 2). Über das spezifische Gewicht der Kiefer bei 15 % H₂O führt KALNINŠ folgende Zahlen an:

Pinetum myrtillosum		
a) Lettisch priedeglājs	0.50	} 0.49
b) » priedājs	0.48	
Pinetum vacciniosum		0.51
Pinetum ledosum		0.55
Pinetum callunosum		0.56
Pinetum sphagnosum		0.54

Betrachtet man die Bonitierung dieser Waldtypen, so findet man, dass sie zu folgenden Bonitäten gehören:

Pinetum myrtillosum	I—II	Bonität
» vacciniosum	I—II	»
» callunosum	III—V	»
» sphagnosum	V	»

Die Bonitäten sind so klassifiziert, dass die niedrigsten römischen Ziffern den besten und die höchsten den geringsten Bonitäten angehören. So können z. B. Pinetum vacciniosum und Pinetum callunosum zu derselben Bonität gehören. Prüft man weiter die Fichtentypen, so gehört der Picea-Quercus-Typ (Picetum fruticosum) zu derselben Bonität wie Pinetum myrtillosum, ja er kann sogar zu demselben Typ wie Picetum vacciniosum gehören, und Pinetum myrtillosum z. B. kann von besserer Bonität als Picetum oxalidosum sein. Und hieraus ergibt sich, dass die von

¹ LASSILA, A. F. F. 1926. Nr. 31.

KALNINŠ angewandten Waldtypen nicht den unsrigen entsprechen und dass z. B. Pinetum myrtillosum und Pinetum vacciniosum bedeutend bessere Waldböden umfassen müssen als unsere MT und VT. Andererseits wird durch den Umstand, dass Pinetum callunosum zu der gleichen Bonitätsklasse wie das Eichen aufweisende Picetum fruticosum gehören kann, bewiesen, dass Pinetum callunosum ein anderer und besserer Typ als unser CT ist. Aus all diesem ist zu schliessen, dass die von KALNINŠ für die lettländischen Waldtypen angeführten Koeffizienten der Eigenschaften des Holzes nicht mit den Koeffizienten der mechanisch-technischen Eigenschaften des Holzes von unseren OT, MT, VT und CT verglichen werden können.

Wie aus den oben vorgeführten Untersuchungsergebnissen hervorgeht, scheint es, als sei das spezifische Gewicht des Holzes auf den geringsten Typen am höchsten. Es ist am höchsten bei Pinetum callunosum (0.56), ist aber auch recht hoch bei Pinetum ledosum, das oben nicht erwähnt worden ist (0.55). Am niedrigsten hinwieder ist das spezifische Gewicht bei Pinetum myrtillosum (Durchschnitt 0.49) und Pinetum vacciniosum (Durchschnitt 0.51).

Zu 3). Die Druckfestigkeit hat KALNINŠ in drei Richtungen gemessen, nämlich axial, tangential und radial, woneben er sie axial (= in der Richtung der Holzfasern) für Splintholz, Kernholz und Markholz getrennt festgestellt hat. Die Probekörper sind in halber Höhe 100—120 jährigen Stämmen entnommen. Bei dem folgenden Vergleich sind die Mittel aus den Druckfestigkeiten des Splintholzes, Kernholzes und Markholzes genommen, denn in KALNINŠ' Tabelle ist die axiale Druckfestigkeit für Pinetum myrtillosum durch eine Zahl angegeben. Richtiger wäre es vielleicht gewesen, die auf Seite 22 erwähnte Berechnungsweise von SCHWAPPACH zugrunde zu legen, aber da es sich um gleichaltrige und ungefähr gleich-grosse Stämme handelt, lässt sich auch die Anwendung des arithmetischen Mittelwertes rechtfertigen.

	Bonität	Axiale Druckfestigkeit kg/cm ²
Pinetum myrtillosum		
a) Lettisch priedeglājs	I—II	398
b) » priedājs	I—II	350
Pinetum vacciniosum	II—IV	384
Pinetum ledosum	III—IV	414
Pinetum callunosum	III—V	419
Pinetum sphagnosum	V	440

Wie man aus dem Vorstehenden sieht, ist die Druckfestigkeit nach KALNINŠ am grössten bei Pinetum sphagnosum, d. h. auf Reisermoor oder reiser-moorartigem Boden. Als Dicke der Torfschicht wird 0.5 m angegeben. Betrachtet man andererseits die trockenen Waldböden, so hat unter diesen Pinetum callunosum die allergrösste Druckfestigkeit, und die Druckfestigkeit nimmt auf besseren Waldtypen ab, um bei Pinetum myrtillosum b) am niedrigsten zu sein.

Bezüglich der Fichte können folgende Zahlen angeführt werden:

	Bonität	Axiale Druckfestigkeit kg/cm ²
Picea-Quercus-Typ (Picetum fruticosum, lettisch garša)	I—II	359
Picea-Typ (Picetum oxalidosum, lettisch eglājs)	I—III	386
Picea palustre-Typ (Picetum sphagnosum, lettisch purva egle)	IV—V	399

Auch aus diesen Zahlen wird ersichtlich, dass die axiale Druckfestigkeit auf geringeren Typen grösser ist als auf besseren.

In dem Bericht über seine oben vorgeführten Untersuchungen sagt KALNINŠ unter anderem folgendes:

»Solche Daten, wie ich sie für die Kiefer angeführt habe, müssen selbstverständlich in jedem klimatisch selbständigen Gebiete neu gesammelt werden. Nur dann wird es möglich sein die entsprechenden Schlüsse für den Waldbau zu ziehen und auch die obenerwähnten Expertisen durchzuführen. — — — — —»

Hieraus geht hervor, dass es KALNINŠ schon im Gebiet von Lettland als geboten ansieht, die Wachstumsgebiete zu unterscheiden, ein Schluss, der übrigens zu allem dem stimmt, was sich im Zusammenhang mit den Untersuchungen SCHWAPPACHS ergeben hat. Bezüglich der Abhängigkeit der technischen Eigenschaften der Hölzer von dem Wachstumsgebiet und Standort hat KALNINŠ folgenden Schluss gezogen:

»Aus allen diesen Daten, — — —, konnte ich die Ansicht gewinnen, dass — — — die technischen Eigenschaften der Hölzer in einem klimatisch bestimmten Gebiete in solchem Masse vom Standort der Bäume und vom Waldtypus abhängig sind, dass man nach weiteren Untersuchungen dieser Frage hoffen kann, auf Grund von laboratorischen Analysen und Beobachtungen von Holzproben unbekannter Herkunft mit ziemlich

grosser Sicherheit feststellen zu können, unter welchen Bedingungen das Holz gewachsen ist. Die Möglichkeit von solchen Expertisen könnte oft eine Bedeutung im Gerichtswesen spielen.»

Bei der Beurteilung der Untersuchungen von KALNINŠ ist zu beachten, dass der lettländische Waldtyp nicht in demselben Sinn ein Charakteristikum der Bonität ist wie der finnische. Aus diesem Grunde hat KALNINŠ die Bedeutung des Waldtyps für die technischen Eigenschaften des Holzes auch nicht in der Weise untersuchen können, wie sie untersucht würde, wenn der Waldtyp zugleich der Bonität entspräche. Im Hinblick hierauf lassen sich die Resultate der Forschungen von KALNINŠ nicht unmittelbar anwenden, wenn es sich um die technischen Eigenschaften der Hölzer bei den verschiedenen Waldtypen CAJANDERS handelt. Diesen Untersuchungen kann jedoch eine geradezu epochemachende Bedeutung zugeschrieben werden. KALNINŠ ist der erste Ingenieur, der auf dem Gebiet der Erforschung der technischen Eigenschaften des Holzes die biologische Richtung vertritt und der sich darüber klar gewesen ist, dass bei der Materialprüfung Material organischer Herkunft anders behandelt werden muss als unorganisches.

II. Untersuchungen des Verfassers über den Einfluss der Waldtypen auf die mechanisch-technischen Eigenschaften des Holzes.

A. Einleitung.

In Anbetracht der Bedeutung, die das Gewicht des Holzes als Charakteristikum der mechanisch-technischen Eigenschaften des Holzes besitzt, habe ich Untersuchungen über dieses forsttechnologisch so wichtige Verhalten angestellt. Zuerst habe ich das spezifische Gewicht des zimmergetrockneten Holzes in verschiedenen Teilen unseres Landes studiert. Der Wassergehalt des untersuchten Holzes ist 13.1—14.5 % gewesen. Da die Trocknung unter gleichartigen Verhältnissen stattgefunden hat, ist in diesem Fall keine Reduktion vorgenommen worden, denn der betreffende Wassergehalt ist als von den natürlichen Eigenschaften des Holzes, vor allem von dem natürlichen Wassergehalt abhängig anzusehen. Aus den Untersuchungen ging hervor, dass die Extremgrenzen nach der grössten Schwere hin derart sind, dass auf Grund derselben das Holz ungefähr

¹ Vom Verfasser gesperrt.

² Von KALNINŠ gesperrt.

unter dem Breitengrad von Jyväskylä (62° 20' n. Br.) als am schwersten zu betrachten ist, wogegen die Niedrigstwerte in Südfinnland die grössten Beträge zeigen. Das Holz Nordfinlands ist wahrscheinlich im Mittel am leichtesten und dasjenige Mittelfinlands am schwersten. Die Untersuchungen sind nur auf dem CT ausgeführt worden, weil dieser Typ allgemein in sämtlichen Teilen unseres Landes vorkommt.

Den Einfluss der Bonität auf das Gewicht des Holzes habe ich präliminär¹ auf dem MT und CT untersucht, wobei es mir vor allem darum zu tun gewesen war, eine für solche Studien geeignete Methode zu finden. Das hierbei benutzte Material war jedoch zu klein, als dass daraus weitgehende Schlüsse hätten gezogen werden können. In den Jahren 1926 und 1927 sammelte ich ein umfangreicheres Material und beachtete bei dessen Behandlung zugleich die Erfahrungen, zu denen ich bei meiner Voruntersuchung gelangt war. Dieses Material umfasste 280 Stämme, die sich folgendermassen nach Waldtypen verteilten:

CT	68
VT	129
MT	59
OMT	24
Zusammen	280

Auf Grund meiner Untersuchungen² habe ich folgende Schlussfolgerungen hergeleitet:

1) Das frische Holz, und zwar sowohl das Splint- als das Kernholz, ist auf dem MT deutlich schwerer als auf dem VT.

2) Betrachtet man das lufttrockene Holz als Ganzes, so findet man, dass bei dem VT und dem MT kein deutlich konstatierbarer Unterschied zwischen den spezifischen Gewichten besteht.

3) Das lufttrockene Splintholz ist auf dem MT am schwersten.

4) Das lufttrockene Kernholz ist am schwersten auf dem VT, doch besteht allem Anschein nach zwischen dem CT, VT und MT keine sehr grosse Variation. Auf dem OMT scheint es am leichtesten zu sein.

5) Der Splint des absolut trockenen Holzes ist auf dem CT am schwersten. Hierauf deutet unter anderem auch der langsamere Zuwachs der Bäume auf diesem Typ im Vergleich zu den anderen. Das absolut trockene Kernholz dürfte auf dem VT am schwersten sein, aber im allgemeinen darf

¹ LASSILA, A. F. F. 1926. Nr. 31.

² LASSILA, A. F. F. 1930. Nr. 36.

man wohl annehmen, dass die Gewichte des absolut trockenen Holzes recht wenig schwanken.

6) Das frische und das lufttrockene Holz sind auf dem MT und dem VT am schwersten, woneben das frische Holz auf dem MT schwerer als auf den anderen Typen des produktiven Waldbödens ist.

7) Auf den besten Typen des eigentlichen Waldbodens sind die spezifischen Gewichte niedriger als auf den mittleren und den geringsten.

Wie aus dem Obigen hervorgeht, habe ich konstatiert, dass die CAJANDERSCHEN Waldtypen von entscheidender Bedeutung wenigstens für das spezifische Gewicht solchen Holzes ist, das in der Praxis Anwendung findet. Da andererseits das spezifische Gewicht, wie sich oben ergeben hat, ein wichtiger Qualitätsfaktor ist, kann man schon daraufhin konstatieren, dass man allen Anlass hat, zu untersuchen, inwieweit die CAJANDERSCHEN Waldtypen zur Charakterisierung der Qualität des Holzes gebraucht werden können.

B. Die Einsammlung des Materials.

Wie sich von selbst versteht, ist das vorliegende Thema ausserordentlich umfassend und muss daher notwendigerweise begrenzt werden. Aus diesem Grunde habe ich bloss die mechanisch-technischen Eigenschaften der Kiefer in nur einem Wachstumsgebiet untersucht. Das gesammelte Material stammt aus Teil I, II und III des Reviers Korkeakoski und zwar von einem im ganzen etwa 3600 ha grossen Areal, das in Mittelfinnland unter ungefähr 62° 40' n. L. liegt. Es umfasst

etwa 80 jährige Kiefern vom VT, MT und OMT und verteilt sich nach Typen wie folgt:

	Kiefern
VT	20
MT	23
OMT	25
Zusammen	68

Das Material umfasst insgesamt 68 Stämme und ist mithin für ein forsttechnologisches Material recht umfangreich (beispielsweise belief sich SCHWAPPACHS Kiefernmaterial, das grösste, das zur Untersuchung einer einzelnen Holzart benutzt worden ist, auf 135 Stämme). Die untersuchten Stämme waren 90—130 Jahre alt und in regelmässig erwachsenen und normaldichten Beständen gefällt und gehörten nach der Klassifikation von

ILVESSALO zur Klasse I₁, d. h. zu den folgendermassen definierten dominierenden Bäume der herrschenden Kronenschichten:

»1. Kronenschicht, dominierende Bäume. Die oberste, herrschendste Kronenschicht des Bestandes, die von dessen längsten und zugleich im allgemeinen derbsten Bäumen gebildet wird.«

Ausserdem besagt die obige Bezeichnung (nur die Ziffer der Kronenschicht), dass die Bäume sowohl der Krone als dem Schafte nach gutgeformt und gesund gewesen sind.

Die Probestämme wurden so in Probekörper geteilt, dass zuerst am Stockabschnitt nach oben zu ein 20 cm hohes Stück genommen wurde, danach 2 m vom Mitteldurchmesser dieses Stückes, also in 2.10 m über dem Stockabschnitt, ein 40 cm langes Stück, worauf das folgende Probestück 1 m vom Mitteldurchmesser des letzteren nach oben und die nächsten Probestücke als reichlich 20 cm dicke Scheiben in 2 m Abstand vom Mitteldurchmesser des vorhergehenden Probekörpers abgesägt wurden. Die Probestücke wurden also ungefähr auf dieselbe Weise wie bei SCHWAPPACH und JANKA genommen. Ausserdem wurde in dem Fall, dass es getrennt notwendig war, ein Probestück in der Mitte des Schaftes ($\frac{H}{2}$) genommen.

Die Probestämme wurden im August und September 1927 und 1929 gefällt. Sie wurden sofort im Wald zerschnitten, wo die Teile, die nicht für Probestücke erforderlich waren, zurückblieben. Zugleich wurde auch jeder Probestamm in frischem Zustand gemessen und eine Beschreibung von ihm angefertigt. Die Zahl der Probestämme war anfänglich 99, aber wegen Fehlmessungen und teilweise auch darum, weil einige hinsichtlich ihrer Eigenschaften ganz gleich, also dicht nebeneinander gefällt waren, wurden 31 Stämme ausser Rechnung gelassen. Dadurch dass die nicht zu Probekörpern verwendeten Teile im Wald zurückgelassen worden waren, konnte genau kontrolliert werden, dass keine Verwechslungen zwischen den Probekörpern stattgefunden hatten.

Da der Herbst 1929 regnerisch war, wurden die Probekörper zum Trocknen unter Dach und Fach gebracht. Zu diesem Zweck wurde ein im Winter leerstehendes Unterrichtsgebäude der forstlichen Übungsanstalt der Universität benutzt, und zwar wurden die von jedem Stamm entnommenen Probekörper in dessen Zimmern und Korridoren aufgestapelt, die während des Tages gelüftet wurden. Hier trockneten sie bis zum Januar 1930, wo von ihnen folgende nach Helsinki transportiert wurden: ein Probekörper aus 2.10 m Höhe, einer aus 6.10 m Höhe und einer aus der Höhe $\frac{H}{2}$. In Helsinki trockneten die Probekörper teils geformt, teils ungeformt in einem

geheizten Raum, bis ihr Gewicht nicht mehr herabging. Da der Raum mittels eines Kamins geheizt wurde, sank der Wassergehalt des Holzes recht tief, und zwar schwankte der Feuchtigkeitsgehalt zwischen 8 und 10 %. Die Hölzer gehören also zu SCHLYTER und WINBERGS I. Feuchtigkeitsklasse (killndry wood).

Ausser den aus den obenerwähnten Probestämmen entnommenen Probekörpern wurden auch 25 Probekörper aus in der Sägemühle Veitsiluoto gesägten Kiefern und 34 solche aus in der Schaumanschen Sägemühle zu Pietarsaari gesägten Kiefern untersucht. Die ersteren repräsentierten also die nordfinnische Rotkiefer und die letzteren den mittelfinnischen, wahrscheinlich auf dem Myrtillus-Typ gewachsenen Baum. Diese Probekörper wurden so gewählt, dass jeder von ihnen den Durchschnitt der Primabattens von 2" × 6" vertrat, und der Zweck der mit diesen Probekörpern ausgeführten Versuche war speziell, die Bedeutung des Herbstholzprozents für die Festigkeitseigenschaften des Holzes zu untersuchen. Diese Hölzer waren im Holzofen getrocknet und wurden danach wie die vorhergehenden Probekörper im Zimmer getrocknet. Ihr Feuchtigkeitsgehalt in % war mithin derselbe wie bei den anderen Probekörpern.

C. Die Behandlung des Materials.

Es war beabsichtigt, die wichtigsten Qualitätskoeffizienten des Holzes auf verschiedenen Waldtypen zu untersuchen, und als solche wurden betrachtet:

1. Das spezifische Gewicht bei absolut trockenem Zustand und das spezifische Gewicht bei 15 % H₂O.
2. Die durchschnittliche Breite der Jahrringe und das durchschnittliche Herbstholzprozent.
3. Die Methoden zur Bestimmung und Reduktion der Druckfestigkeit.
4. Das Verhältnis zwischen Kern- und Splintholz.

Im folgenden wird über die Bedeutung und die Bestimmungsweisen der Charakteristika 1. 2. 3. berichtet.

1. Das spezifische Gewicht bei absolut trockenem Zustand und bei 15% H₂O.

Schon oben wurde auseinandergesetzt, wie bei dem Trocknen der Probekörper bis auf den Wassergehaltsgrad, bei dem sie in den Versuchen zur Behandlung kamen, verfahren wurde. Der sog. ofentrockene Wassergehaltsgrad wurde darum gewählt, weil die meisten der amerikanischen

Festigkeitsuntersuchungen für Hölzer ausgeführt worden sind, die bei 70—75° C ofengetrocknet waren, wobei ihr Wassergehalt auf ungefähr 6—10 % und sogar noch weiter, auf 4—8 % sinkt.

Bekanntlich wurde auf dem IV. Kongress des Internationalen Verbands für die Materialprüfungen der Technik in Brüssel 1906 beschlossen, dass die Festigkeitseigenschaften des Holzes auf das spezifische Gewicht bei 15 % H₂O reduziert werden sollten. Die Annahme dieses Feuchtigkeitsgehaltsprozents war jedoch nicht einstimmig, sondern unter anderen schlug RUDELOFF 13 % zur Anwendung vor. Das spezifische Gewicht bei 15 % H₂O wurde ursprünglich von BAUSCHINGER empfohlen, weil dieser Wert »durch Austrocknen in offenen Räumen (Schuppen) am leichtesten nahezu erhalten wird«.

Bevor man jedoch eine solche Reduktion ausführen kann, muss Klarheit darüber bestehen, wie die Feuchtigkeit auf das spezifische Gewicht und die Druckfestigkeit einwirkt. Diese Frage ist sehr umfassend, und ihre Beantwortung ist ausserordentlich wichtig, um für das spezifische Gewicht und die Druckfestigkeit solche Ziffern zu erhalten, die bei der Lösung einer so weittragenden Frage wie der Qualitätsfrage als vollgültig betrachtet werden können.

Wir wollen daher in diesem Zusammenhang den Einfluss des Feuchtigkeitsgehalts auf das spezifische Gewicht und die Methoden betrachten, nach denen sich das gegenseitige Verhältnis der beiden letzteren bestimmen lässt. Es gilt also die Frage zu beantworten, nach welchen Gesetzen sich das spezifische Gewicht ein und desselben Holzstückes verändert, wenn sich das Wassergehaltsprozent verändert. Die Lösung dieser Frage ist durchaus nicht ganz einfach. So hat die Staatliche Prüfungsanstalt in Schweden das spezifische Gewicht durch Messung und Wägung der Probekörper im Prüfungszustand berechnet, und das Raumgewicht in trockenem Zustand wird aus dem Raumgewicht bei der Prüfung durch Reduktion des Feuchtigkeitsgehalts gefunden.¹ Dem Raumgewicht in trockenem Zustand liegt also das auf Grund der Austrocknung reduzierte Gewicht sowie das Volumen bei der Prüfung zugrunde. Die Volumverminderung durch Austrocknen wird vernachlässigt.

Wenn f das Feuchtigkeitsprozent des Trockengewichts und f_1 das Prozent des vorhandenen Gewichts ist, dann ist

$$f = 100 \frac{f_1}{100 - f_1}.$$

¹ Vom Verfasser gesperrt.

Wie die obenerwähnte Berechnung durch Reduktion des Feuchtigkeitsgehalts stattgefunden hat, geht aus den Untersuchungen von SCHLYTER und WINBERG nicht hervor, aber wahrscheinlich ist angenommen worden, dass

$$\begin{aligned} g &= G - \frac{Gf_1}{100} + \frac{\left(G - \frac{Gf_1}{100}\right)f}{100} \\ &= \left(G - \frac{Gf_1}{100}\right)\left(1 + \frac{f}{100}\right) \\ &= G\left(1 - \frac{f_1}{100}\right)\left(1 + \frac{f}{100}\right). \end{aligned}$$

Wenn nämlich die spezifischen Gewichte des Holzes 0.47—0.63 und die Feuchtigkeitsgehalte in % = 17.8 sind, so ist

$$x_1 = 0.47 \left(1 - \frac{17.8}{100}\right) \left(1 + \frac{15}{100}\right) = 0.44,$$

$$x_2 = 0.63 \left(1 - \frac{17.8}{100}\right) \left(1 + \frac{15}{100}\right) = 0.60.$$

In Wirklichkeit haben die Zahlen zwischen 0.41 und 0.54 geschwankt. Man sieht also, dass man die spezifischen Gewichte, deren Mittelwert bei lufttrockenem Holz gegen 0.47 beträgt, auf diese Weise zu hoch bekommt. Solche finden sich bei den Balken und Sparren der Untersuchung zu nicht weniger als 11.11 %. Wendet man hinwieder bei Qualitätsuntersuchungen die berechneten spezifischen Gewichte an, so stellt sich die Qualität natürlicherweise höher dar, als sie in Wirklichkeit ist.

Man könnte behaupten, dass es sich nur um kleine Zahlen handle, aber dasselbe Verfahren ist auch für Probekörper angewandt worden, die den in der Praxis vorkommenden Dimensionen entsprochen haben, so dass es sich mithin nicht so verhält.

Nach SCHWAPPACH beträgt die Volumenschwindung vom frischen Zustand bis zum vollständigen Wasserverlust für die Kiefer je nach dem Alter 10—15 %. Nehmen wir an, dass sie z. B. von 14 bis 15 % nur 1 % betrage, so wäre das spezifische Gewicht, wenn es im ersteren Fall $\frac{g \ 15 \%}{v}$ ist, im letzteren Fall

$$\frac{g \ 14 \%}{v - \frac{v}{100}}.$$

Nehmen wir ferner an, dass $g_{15\%} = g_{14\%}$, so wäre die Differenz = Fehler =

$$\frac{g}{v} - \frac{g}{v - \frac{v}{100}} = \frac{g v - \frac{g v}{100} - g v}{v \left(v - \frac{v}{100} \right)} = \frac{g v 100}{v 100 (100 v - v)} = \frac{g}{99 v}.$$

Mithin ist $\Delta = \frac{g}{v} \cdot \frac{1}{99}$ oder annähernd $= \frac{g}{v} \frac{1}{100} = \frac{s}{100}$.

In Wirklichkeit ist der Fehler grösser, denn g_{14} ist $> g_{15}$, wenn es sich z. B. um 15—17.8 %, d. h. um ein Intervall von 2.8 % handelt. Da nun der Fehler schon für die Schwankung um 1 % $= \frac{0.30 - 0.60}{100}$ oder $= 0.003 - 0.006$ sein wird, kann er schon bei ein paar Prozent bis zur zweiten Dezimale wirken.

Die Methode ist also entschieden fehlerhaft.

CHEVANDIER & WERTHEIM versuchten schon ihrerzeit diese Frage zu lösen. Ihr Raisonement war folgendes:

Angenommen, dass G das frische Gewicht des Holzes ist, dessen Feuchtigkeitsgehalt $= F$ % beträgt, und c eine Konstante, mit der G zu multiplizieren ist, um das spezifische Gewicht zu finden, wenn sich der Feuchtigkeitsgehalt um 1 % verändert, so fragt man sich, wie gross das spezifische Gewicht g ist, dessen Feuchtigkeitsgehalt f % beträgt.

Die Differenz dieser beiden spezifischen Gewichte ist $G - g$. Da G mit c zu multiplizieren ist, um zu finden, um wieviel sich das spezifische Gewicht verändert, wenn der Feuchtigkeitsgehalt um 1 % zu- bzw. abnimmt, so beträgt also die Verminderung bzw. Vermehrung pro 1 % Gc . Da das G entsprechende Feuchtigkeitsprozent F und das g entsprechende f war, wird also eine solche Verminderung $F - f$ mal zu nehmen sein und im ganzen betragen

$$Gc (F - f).$$

Mithin ist $G - g = Gc (F - f)$ und

$$g = G - Gc (F - f) \text{ und}$$

$$g = G [1 - c (F - f)] \text{ (CHEVANDIER-WERTHEIMSche Formel).}$$

Diese Formel ist früher nicht hergeleitet worden, aber wie aus dem Obigen zu ersehen, kann man zu ihr nur unter der Annahme gelangen, dass c

unabhängig davon ist, wie gross das Intervall von F bis zu f ist, d. h. das spezifische Gewicht des Holzes sinkt z. B. um denselben Betrag, wenn der Feuchtigkeitsgehalt von 15 auf 14 %, wie wenn er z. B. von 10 auf 11 % geht. Hier ist auch die Volumensveränderung nicht berücksichtigt, die ein Hauptfaktor des spezifischen Gewichts des Holzes ist und nicht in direktem Verhältnis zum Feuchtigkeitsgehalt des Holzes steht.

Die Formel ist somit als solche nicht stichhaltig, aber es ist zu bemerken, dass bei ihrer Anwendung Umstände in Betracht gezogen worden sind, die dazu angetan sind, ihren Wert in wesentlichem Grade zu erhöhen. Wenn man nämlich aus der CHEVANDIER-WERTHEIMSchen Formel den Wert der Konstante c herleitet, erhält man

$$c = \frac{G - g}{F - f}.$$

Bei der Anwendung dieser Formel wurde die Konstante experimentell berechnet, indem bei Bestimmung des spezifischen Gewichts sehr dünne Stäbe benutzt wurden, deren Feuchtigkeitsgehalt zwischen 8 und 40 % schwankte. Auf diese Weise wurden unter anderem folgende Koeffizienten gefunden:

Weisstanne	$c = 0.01034$
Kiefer	» $= 0.01056$
Birke	» $= 0.00422$
Espe	» $= 0.00230$

Obwohl man diesen Dichtigkeitskoeffizienten nicht mehr als ungefähren Wert zuerkennen kann, findet man aus ihnen doch, dass die Volumensveränderung bei der Bestimmung des spezifischen Gewichts durchaus kein bedeutungsloser Faktor ist. Beispielsweise sind in den Plankenversuchen der schwedischen Ingeniörsvetenskapsakademi die Planken $B_1 - B_{24}$ ausserhalb des Hauses unter einem Dach gelagert, so dass sie lufttrocken (airdry) waren, indem ihr Feuchtigkeitsgehalt im Durchschnitt mindestens 17.8 % betrug. Die spezifischen Gewichte bei der Prüfung schwankten zwischen 0.47 und 0.63. Mit Anwendung der CHEVANDIER-WERTHEIMSchen Formel erhält man folgende Gleichungen:

$$x_1 = 0.47 [1 - 0.01056 (17.8 - 15)],$$

$$x_2 = 0.63 [1 - 0.01056 (17.8 - 15)],$$

oder, wenn man diese Gleichungen auflöst:

$$x_1 = 0.47 - 0.47 \cdot 0.07 = 0.427,$$

$$x_2 = 0.63 - 0.63 \cdot 0.07 = 0.596.$$

Der Feuchtigkeitsgehalt grosser Holzbalken hat in Wirklichkeit zwischen 0.41 und 0.54 geschwankt, und man sieht daher, dass man mit der CHEVANDIER-WERTHEIM'Schen Formel recht gute Resultate erzielen kann, falls das spezifische Gewicht nicht höher als in den Versuchen der beiden Forscher ist. In Wirklichkeit ist die Formel für höhere spezifische Gewichte der Kiefer nur bei solchem lufttrockenen (airdry) Holz gültig, dessen spezifisches Gewicht ungefähr 0.55 beträgt. Aus dem Obigen hat sich auch ergeben, dass der Koeffizient CHEVANDIER & WERTHEIMS für die Druckschwankungen von 8—40 % berechnet ist, und seine Anwendung setzt eigentlich voraus, dass G für das frische Holz gemessen wäre. Doch ist zu beachten, dass der Feuchtigkeitsgehalt des Kernholzes von frischem Holz derselbe wie der des lufttrockenen (airdry) Holzes sein kann, weshalb die Formel auch auf letzteres angewandt worden ist.

JANKA hat diese Reduktion folgendermassen ausgeführt. Von dem Probekörper, der würfelförmig war und dessen Kante wie in dem Versuche SCHWAPPACHS $= \frac{R}{\sqrt{2}}$ mass, wurde möglichst nahe an der Bruchstelle eine Platte von 2.5 mm Stärke abgenommen, deren Hirnflächen planparallel und senkrecht gehobelt waren, und ihr spezifisches Gewicht bei der Materialprüfung und im absolut trockenen Zustande bestimmt. So wurden doppelte spezifische Gewichte für je einen Probekörper von 12 Probestämmen ermittelt und auf Grund dieser die durchschnittlichen spezifischen Gewichte jedes Probestammes und die Feuchtigkeitsprozente berechnet. Zeichnet man für jeden Probestamm ein Diagramm, in dem die spezifischen Gewichte als Abszissen und die Feuchtigkeitsprozente als Ordinaten erscheinen, so bekommt man nach der Verbindung der Punkte ein System von Linien, die man graphisch zu ungefähr mit der x-Achse parallelen Geraden ausgleichen kann.

Wenn $x_1 y_1$, $x_2 y_2$ und $x_3 y_3$ Koordinaten der Geraden sind und der Neigungswinkel zur Abszissenachse β ist, so ist

$$\frac{x_1 - x_2}{y_1 - y_2} = C \text{ und } \frac{x_1 - x_3}{y_1 - y_3} = C \text{ und } \frac{x_2 - x_3}{y_2 - y_3} = C,$$

wo C eine Konstante bedeutet.

Bezeichnet man also die spezifischen Gewichte der Platten im absolut trockenen Zustand mit s_0 , den Feuchtigkeitsgehalt dabei mit $\varphi_0 = 0$ %, das spezifische Gewicht der Platten in zimmertrockenem Zustand mit $s\varphi_1$ und das Feuchtigkeitsprozent mit $\varphi_1 = \text{ca. } 12$ %, das spezifische

Gewicht der Würfel in lufttrockenem Zustand mit $s\varphi_2$ und das Feuchtigkeitsprozent mit φ_2 , so ist

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

Hiernach wurde die Konstante C auf Grund von 72 Versuchen berechnet und als ihr Wert 0.2 gefunden. Es ist also

$$\frac{s\varphi - s_0}{\varphi - \varphi_0} = 0.2.$$

In dieser Gleichung bedeuten s_φ das spezifische Gewicht beim Feuchtigkeitsgehalte von φ %, s_0 das spezifische Trockengewicht. Es ist also:

$$s_0 = s\varphi - 0.2\varphi; \text{ und}$$

$$s_0 = s\varphi_1 - 0.2\varphi^1,$$

woraus $s\varphi_1 = s\varphi - 0.2\varphi + 0.2\varphi^1 = s_\varphi + C(\varphi^1 - \varphi)$. Für $\varphi^1 = 15$ geht die Gleichung über in:

$$s_{15} = s_\varphi - 0.2\varphi + 3. \text{ (JANKAS Formel).}$$

Diese Formel gilt für Feuchtigkeitswerte zwischen 0 und ca 17 %.

Wie aus dem Vorstehenden ersichtlich geworden ist, ist diese Formel empirisch und gilt natürlicherweise nur für die Fichte, welche Holzart JANKA untersucht hat.

Denkt man über die Frage der Veränderung des spezifischen Gewichts infolge der Veränderung des Feuchtigkeitsgehalts rein theoretisch nach, so kann man folgendes konstatieren.

Es sei die Höhe des Probekörpers k und seine Basis a .

Dann ist

$$1) \quad v_\varphi = a_\varphi^2 k_\varphi, \text{ wo } \varphi = \text{Feuchtigkeitsgehalt in } \%. \text{}$$

Ist das Gewicht des Körpers bei diesem Feuchtigkeitsgrad $g\varphi$ so ist das spezifische Gewicht

$$2) \quad S_{\varphi} = \frac{g_{\varphi}}{a_{\varphi}^2 k_{\varphi}}.$$

Wird der Probekörper bis zu einem anderen Feuchtigkeitsgrad getrocknet, so sinkt a_{φ} auf $a_{\varphi-n}$ und k_{φ} auf $k_{\varphi-n}$, und es ist

$$S_{\varphi-n} = \frac{g_{\varphi-n}}{a_{1\varphi-n} \times a_{2\varphi-n} \times k_{\varphi-n}}.$$

Die in der Richtung der Längsachse des Holzes stattfindende Schwindung kann höchstens 0.5 % betragen. Bei einem Probekörper von 10 cm Länge würde dies $\frac{1}{2}$ mm ausmachen, bei einem solchen von 5 cm Länge $\frac{1}{4}$ cm und bei einem solchen von 2.5 cm Länge ganz reichlich gemessen $\frac{1}{8}$ cm. Wenn es sich um Nadelhölzer handelt, ist das reichlichste Mass 0.15 %, was für einen Probekörper von 10 cm 0.15 mm, für einen solchen von 5 cm 0.075 mm und für einen solchen von 2.5 cm 0.0375 mm bedeuten würde. Da die Probekörper nach den Beschlüssen des Brüsseler Kongresses in keinem Fall genauer als mit 0.1 mm Genauigkeit gemessen werden, kann man also für Probekörper, deren $k < 5$ cm ist, anwenden

$$k_{\varphi} = k_{\varphi-n}.$$

Dabei nimmt die Formel 2) die Form an

$$S_{\varphi-n} = \frac{g_{\varphi-n}}{a_{1\varphi-n} \times a_{2\varphi-n} \times k_{\varphi}}.$$

$a_{1\varphi-n}$ und $a_{2\varphi-n}$ sind verschieden gross, und zwar hängt ihre Grösse hauptsächlich davon ab, ob die Kante in der Richtung des Radius oder der Tangente verläuft. In den meisten Fällen wird die eine Kante, z.B. $a_{1\varphi-n}$, den Gesetzen der Schwindung in der Richtung des Radius und die andere, z. B. $a_{2\varphi-n}$ denen in der Richtung der Tangente folgen.

Bezeichnet man die Schwindungsprozente von der Länge a_{φ} bis zu den Längen $a_{1\varphi-n}$ und $a_{2\varphi-n}$ im ersteren Fall mit r und im letzteren mit t , so ist

$$a_{1\varphi-n} = a_{\varphi} - \frac{a_{\varphi} r}{100} = a_{\varphi} \left(1 - \frac{r}{100}\right) = a_{\varphi} \frac{100-r}{100}$$

$$a_{2\varphi-n} = a_{\varphi} - \frac{a_{\varphi} t}{100} = a_{\varphi} \left(1 - \frac{t}{100}\right) = a_{\varphi} \frac{100-t}{100}$$

$$S_{\varphi-n} = \frac{g_{\varphi-n} \times 100 \times 100}{(100-r)(100-t) a_{\varphi}^2 k_{\varphi}}$$

Angenommen, dass $\frac{r}{t} = C$ oder also bei der gleichen Holzart konstant ist, so ist

$$r = Ct, \text{ und mithin}$$

$$S_{\varphi-n} = \frac{100^2 \cdot g_{\varphi-n}}{(100-Ct)(100-t) a_{\varphi}^2 k_{\varphi}}$$

Die Formel enthält zwei Zahlen, nämlich C und t , die empirisch zu bestimmen sind.

Oben wurde angenommen, dass

$$C = \frac{r}{t}.$$

Nimmt man weiter an, dass diese Beziehung während der ganzen Zeit besteht, wo es sich um die Schwindung vom frischen bis zum luftgetrockneten Zustand handelt, so ist

für die Kiefer:

$$C = \frac{2.3}{4.4} = 0.5 \text{ und}$$

für die Fichte:

$$C = \frac{2.0}{4.5} = 0.44, \text{ wobei man folgende Formeln erhält:}$$

Für die Kiefer:

$$s_{\varphi-n} = \frac{100^2 g_{\varphi-n}}{(100-0.5t)(100-t) a_{\varphi}^2 k_{\varphi}}$$

für die Fichte:

$$s_{\varphi-n} = \frac{100^2 g_{\varphi-n}}{(100-0.44t)(100-t) a_{\varphi}^2 k_{\varphi}}$$

Ferner wäre noch die Zahl t zu bestimmen, welche die Schwindung des Holzes in der tg -Richtung bedeutet, wenn sein Feuchtigkeitsprozent von φ auf $\varphi-n$ sinkt, ausgedrückt in Prozenten von der Länge a des getrockneten Probekörpers. Der durchschnittliche Feuchtigkeitsgehalt des frischen Holzes ist 50 % und der des luftgetrockneten Holzes 17.5 %.

Da $a_{\varphi} = a_{50}$ und $a_{\varphi-n} = a_{17.5}$, so ist

$$\varphi-n = 50 - 17.5 = 22.5.$$

Nun wissen wir, dass t in diesem Fall

für die Kiefer $t = 4.4$

für die Fichte $t = 4.5$.

Nehmen wir an, dass die Länge der Kante des Kiefernprobekörpers bei dem Feuchtigkeitsgrad 50 a_{50} gewesen ist und bei dem Feuchtigkeitsgrad 17.5 = $a_{17.5}$ so ist

$$a_{50} - a_{17.5} = \Delta_{22.5} = \frac{a_{50} \times 4.4}{100}$$

Hierbei ist das Intervall 22.5 gewesen. Ist das Intervall = 1 %, so ist

$$\Delta_1 = a_{50} \frac{4.4}{22.5 \times 100} = a_{50} \times 0.00196,$$

ist das Reduktionsintervall = n %, so ist

$$\Delta_n = n a_{50} \times 0.00196.$$

Nach SCHWAPPACH ist das durchschnittliche Volumenschwindeprozent für Splintholz und Kernholz verschieden, derart dass das Splintholz der Kiefer in den unteren Stammteilen (unter 8 m) um 3—4 %, d. h. etwa ein Viertel stärker als das Kernholz schwindet, danach ist der Unterschied unbedeutend, so dass es sich, wenn man nicht ganz junge Bäume in Betracht zieht, zwischen 11.5—12 % bewegt. Für die Fichte lassen dieselben Untersuchungen eine viel grössere Übereinstimmung hervortreten, so dass man sagen kann, dass das mittlere Schwindeprozent rund 13.5 % beträgt. Man kann also durchschnittlich für die Kiefer 11.5 und für die Fichte 13.5 % anwenden. Dabei handelt es sich um Volumenschwindung vom frischen Zustande bis zum vollständigen Wasserverlust.

Die Schwindung der Kiefer und Fichte vom frischen bis zum luftgetrockneten Zustand ist im Mittelwert mehrerer Untersuchungen (l = Länge, r = Radius, tg = Tangente) folgende:

Holzart	Schwindeprozent		
	l	r	tg
Kiefer	0.1	2.2	4.4
Fichte	0.08	2.0	4.5

Angenommen, dass das Gewicht des Kiefernprobekörpers in frischem Zustand s_a , seine Basis a_a und seine Höhe k_a und in luftgetrocknetem Zustand s_{β} , a_{β} und k_{β} seien, so haben sich seine Kanten, wenn die Probekörper lufttrocken werden, um

$$\frac{a_a \times 2.2}{100}; \frac{a_a \times 4.4}{100} \text{ und } \frac{k_a \times 0.1}{100} \text{ verkleinert.}$$

Die Längen der Kanten sind also, wenn die Schwindung von k unberücksichtigt bleibt, folgende:

$$a_a - \frac{a_a \times 2.2}{100}; a_a - \frac{a_a \times 4.4}{100} \text{ und } k_a.$$

Der Kubikinhalt des zusammengeschrumpften Körpers ist folglich

$$v_{\beta} = \left(a_a - \frac{a_a \times 2.2}{100} \right) \left(a_a - \frac{a_a \times 4.4}{100} \right) k_a \text{ oder}$$

$$v_{\beta} = a_{\alpha}^2 \left(1 - \frac{2.2}{100}\right) \left(1 - \frac{4.4}{100}\right) k_{\alpha} = 0.934968 a_{\alpha}^2 k_{\alpha}.$$

Nun ist

$$s_{\alpha} = \frac{g_{\alpha}}{v_{\alpha}} = \frac{g_{\alpha}}{a_{\alpha}^2 k_{\alpha}} \text{ und}$$

$$s_{\beta} = \frac{g_{\beta}}{0.935 a_{\alpha}^2 k_{\alpha}} \text{ und}$$

$$\frac{s_{\alpha}}{s_{\beta}} = \frac{0.935 \times k_{\alpha} a_{\alpha}^2 \times g_{\alpha}}{g_{\beta} \times k_{\alpha} a_{\alpha}^2} = 0.935 \times \frac{g_{\alpha}}{g_{\beta}}. \quad 1)$$

Wenn das Feuchtigkeitsprozent von $g_{\alpha} = p_{\alpha}$ und
» $g_{\beta} = p_{\beta}$ ist,

so ist:

$$g_0 = g_{\alpha} - \frac{p_{\alpha} g_{\alpha}}{100} = g_{\alpha} \left(1 - \frac{p_{\alpha}}{100}\right) \text{ und}$$

$$g_0 = g_{\beta} - \frac{p_{\beta} g_{\beta}}{100} = g_{\beta} \left(1 - \frac{p_{\beta}}{100}\right) \text{ und}$$

$$g_{\alpha} = \frac{g_0}{1 - \frac{p_{\alpha}}{100}} \quad \text{und} \quad g_{\beta} = \frac{g_0}{1 - \frac{p_{\beta}}{100}} \quad \text{und}$$

$$\frac{g_{\alpha}}{g_{\beta}} = \frac{\frac{g_0}{1 - \frac{p_{\alpha}}{100}}}{\frac{g_0}{1 - \frac{p_{\beta}}{100}}} = \frac{1 - \frac{p_{\beta}}{100}}{1 - \frac{p_{\alpha}}{100}}$$

Setzt man diese Werte in die Formel 1) ein, so erhält man

$$\frac{s_{\alpha}}{s_{\beta}} = 0.935 \times \frac{1 - \frac{p_{\beta}}{100}}{1 - \frac{p_{\alpha}}{100}}$$

$$s_{\beta} = s_{\alpha} \times \frac{1}{0.935} \times \frac{1 - \frac{p_{\alpha}}{100}}{1 - \frac{p_{\beta}}{100}} = s_{\alpha} \frac{1}{0.935} \times \frac{100 - p_{\alpha}}{100 - p_{\beta}}$$

Die obige Formel kann auch dann angewandt werden, wenn es die Frage gilt, um wieviel sich das spezifische Gewicht verändert, wenn das Holz vom frischen bis zum lufttrockenen Zustand trocknet, also das Feuchtigkeitsprozent von > 50 auf $15-19$ % sinkt.

2. Die durchschnittliche Breite der Jahrringe und das durchschnittliche Herbstholzprozent.

Die durchschnittliche Breite des Jahrrings wird folgendermassen definiert: Wenn das Mark sichtbar ist, wird durch seinen Mittelpunkt eine Senkrechte gegen die Jahrringe gezogen. Ist die Länge dieser Senkrechten $= d$ und die Zahl der Jahrringe auf derselben $= n$, so ist die durchschnittliche Breite eines Jahrringes

$$l = \frac{d}{n}, \text{ wobei}$$

auf 1 cm

$$\frac{1}{l} = \frac{1}{d} = \frac{n}{d} \text{ Jahrringe kommen.}$$

Statt der durchschnittlichen Breite des Jahrringes wird oft die Zahl angewandt, welche zeigt, wieviel Jahrringe durchschnittlich auf 1 cm kommen, und es ist mithin

$$\gamma = \frac{n}{d}.$$

Falls das Mark nicht sichtbar ist, ist d gleich einer innerhalb der Grenzen des Probekörpers senkrecht gegen die Jahrringe gezogenen möglichst langen Linie.

Die Bestimmung des durchschnittlichen Herbstholzprozents der Jahrringe ist keine so einfache Sache. Bei der Untersuchung der Schwedischen Ingeniörsvetenskapsakademi ist die Bestimmung dieses Prozentes ausgeführt worden längs derselben Linie der Quersektion, die zur Bestimmung der Ringdichte angewandt worden ist, und der Prozentsatz wird stets als Mittelwert längs dieser ganzen Linie angegeben.

Diese Berechnungsweise ist jedoch entschieden fehlerhaft. Es ist nämlich zu bemerken, dass die Jahrringe kreisförmige Ringe sind, so dass sich ihre Flächen durchaus nicht so wie ihre Breiten zueinander verhalten.

Nur in dem Fall, dass die Kreise der Jahrringe parallel mit einer Kante des Probekörpers sind (Fig. 5), ist diese Sachlage vorhanden. Die Berechnung wird also folgendermassen ausgeführt:

Die Breite L des Sommerholzes ist gleich den Breiten des Sommerholzes jedes einzelnen Jahrringes zusammengenommen, also

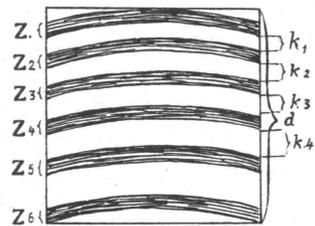


Fig. 5.

$$L = z_1 + z_2 + z_3 + \dots$$

Da die Länge der ganzen Kante D war, ist der Prozentsatz des Sommerholzes =

$$\frac{100L}{D}$$

Gewöhnlich ist jedoch das Messen des Frühjahrsholzes leichter. Werden dessen Breiten bei den verschiedenen Jahrringen mit $k_1, k_2, k_3 \dots$ bezeichnet, so ist

$$K = k_1 + k_2 + k_3 + \dots \text{ und}$$

$$L = D - K \text{ und folglich}$$

$$\text{das Sommerholzprozent} = \frac{100(D-K)}{D}$$

Wenn die Richtung der Jahrringe andererseits so ist, wie Fig. 6 angibt, kann man die Längen für eine bestimmte Fläche z. B. nach dem Verfahren von JANKA ermitteln.

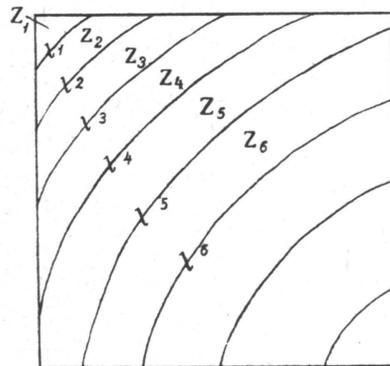


Fig. 6.

Nach JANKA ist die gesamte Länge der Jahrringe

$$L = \frac{1}{2} [A(z-z_3) + B(z-z_4) + C(z_3-z_5) + M(z_{n-1}-z_{n+1}) + N(z_n+z_{n+1})], \text{ wo}$$

$$1_1 = A,$$

$$1_1 + 1_2 = B,$$

$$1_1 + 1_2 + 1_3 = C,$$

$$1_1 + 1_2 + 1_3 + 1_4 = D,$$

$$1_1 + 1_2 + 1_3 + 1_4 + 1_5 = E,$$

$$1_1 + 1_2 + 1_3 + 1_4 + 1_5 + 1_6 = F.$$

usw.

Bei Anwendung dieses Verfahrens misst man A, B usw. mit einem Kurvometer. Da jede folgende Zahl immer die vorhergehende umfasst, braucht man die Skala des Kurvometers nicht auf den O-Punkt zurückzuverschieben, sondern man liest darauf immer die Zahlen $A, B, C \dots$ der Reihe nach ab, bis man zum Rande des Probekörpers gelangt ist.

L = die gesamte Länge der Jahrringe lässt sich also mit recht grosser Genauigkeit bestimmen. Dividiert man diese Zahl durch die Masszahl F der Querschnittfläche des Probekörpers, so ist

$$\frac{L}{F} = \text{der gesamten Länge der Jahrringe auf } 1 \text{ cm}^2.$$

Wird hinwieder die Diagonale D des Probekörpers, in cm gemessen, so gibt der Quotient aus Anzahl der Jahrringe Z in der Diagonalen durch die Länge derselben

$$\frac{Z}{D} = \text{Jahrringdichte} = \delta \text{ und}$$

$$\frac{D}{Z} = \text{durchschnittliche Jahrringbreite.}$$

Bei der Benutzung dieser JANKASchen Formeln setzt der Verfasser voraus, dass für Bäume mit breiten Jahrringen folgende Methode angewandt wird:

Wenn man die Länge der Jahrringe auf $1 \text{ cm}^2 = \frac{L}{F}$ und die durchschnittliche Breite des Frühjahrsholzringes $= z_k$ kennt, dann ist die gesamte Fläche der Frühjahrsholzringe

$$P_k = \frac{L}{F} \times z_k \text{ pro cm}^2.$$

Und da die Querschnittfläche = 1 cm² war, ist die Gesamtfläche des Herbstholzes

$$P_s = 1 - \frac{L}{F} \times z_k \text{ und}$$

das Herbstholzprozent

$$p_s = \left(1 - \frac{L z_k}{F}\right) 100.$$

Die obige Berechnungsweise setzt eine Messung sämtlicher Jahrringe voraus. Benutzt man weiter eine quadratische Fläche und unterscheidet darauf gruppenweise und nacheinander die gleichbreiten Herbstholzringe und bezeichnen die Bogen *ab*, *cd*, *ef*, die Grenzen von Gruppen gleichbreiter Jahrringe, z_1, z_2, z_3, z_4 die zahlen der Jahrringe in diesen Gruppen und b_1, b_2, b_3 die zugehörigen aus den einzelnen Messungen gebildeten mittleren Herbstholzbreiten und bezeichnet man ferner

- den Bogen *ab* mit *A*,
- » » *ab + cd* mit *B*,
- » » *ab + cd + ef* mit *C* usw.,

so ist die Formel JANKAS folgende:

$$H_h = \frac{1}{2} [Az_1 b_1 + Bz_2 b_2 + (C - A)z_3 b_3 + (D - B)z_4 b_4 + \dots + (N - L)z_n b_n + (N - M)z_{n+1} b_{n+1}]$$

und das Herbstholzprozent

$$p = \frac{H_h \times 100}{F}.$$

Auf Grund der beiden obigen Formeln kann man die Herbstholzprocente prismatischer Probekörper berechnen und erhält um so genauere Resultate, je breiter die Jahrringe sind, je homogener die Struktur des Holzes ist und je grösser die angewandten Probekörper sind.

Da der Prozentsatz des Herbstholzes einen wichtigen Faktor z. B. hinsichtlich des spezifischen Gewichts des Holzes darstellen muss, weil dasselbe der schwerste Teil des Probekörpers ist, so ist es von Bedeutung, ihn mit hinreichender Genauigkeit auch für anders geformte Querschnittflächen bestimmen zu können. Zu diesem Zweck hat der Verfasser folgende Methoden hergeleitet:

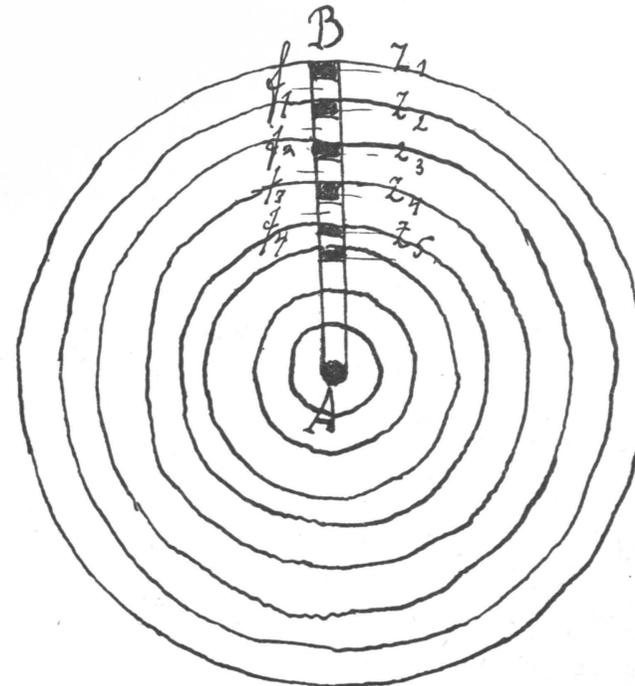


Fig. 7.

I.

AB ist ein mit dem PRESSLERSCHEN Bohrer herausgenommener Bohrzylinder, der sich bis zum Mark erstreckt. *AB* ist also = *r*. Wenn man die mit dem Bohrzylinder gemessenen Herbstholzringe mit $z_1, z_2, z_3, z_4 \dots$ und die entsprechenden Breiten des Frühjahrsholzringes mit $f_1, f_2, f_3 \dots$ bezeichnet, so findet man als Längen der Radien der die Frühlings- und Sommerholzringe begrenzenden Kreise folgende Zahlen:

Die Herbstholzringe:
Äusserer Ring

- 1) r
 - 2) $r - z_1 - f_1$
 - 3) $r - z_1 - z_2 - f_1 - f_2$
 - 4) $r - z_1 - z_2 - z_3 - f_1 - f_2 - f_3$
-
- n) $r - (z_1 + z_2 + z_3 + \dots + z_{n-1}) - (f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_{n-1})$

Innerer Ring

- 1) $r - z_1$
 - 2) $r - z_1 - z_2 - f_1$
 - 1) $r - z_1 - z_2 - z_3 - f_1 - f_2$
 - 4) $r - z_1 - z_2 - z_3 - z_4 - f_1 - f_2 - f_3$
-
- n) $r - (z_1 + z_2 + z_3 + \dots + z_n) - (f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_{n-1})$

Die Frühjahrsholzringe:

Äusserer Ring

- 1) $r - z_1$
 - 2) $r - z_1 - z_2 - f_1$
 - 3) $r - z_1 - z_2 - z_3 - f_1 - f_2$
 - 4) $r - z_1 - z_2 - z_3 - z_4 - f_1 - f_2 - f_3$
-
- n) $r - (z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + \dots + z_n) - (f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_{n-1})$

Innerer Ring

- 1) $r - z_1 - f_1$
 - 2) $r - z_1 - z_2 - f_1 - f_2$
 - 3) $r - z_1 - z_2 - z_3 - f_1 - f_2 - f_3$
 - 4) $r - z_1 - z_2 - z_3 - z_4 - f_1 - f_2 - f_3 - f_4$
-
- n) $r - (z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + \dots + z_n) - (f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + \dots + f_n)$

Die Flächen der einzelnen Kreisringe sind also

Die Herbstholzringe:

- 1) $\frac{2\pi r + 2\pi(r - z_1)}{2} \times z_1$
- 2) $\frac{2\pi(r - z_1 - f_1) + 2\pi(r - z_1 - z_2 - f_1)}{2} \times z_2$
- 3) $\frac{2\pi(r - z_1 - z_2 - f_1 - f_2) + 2\pi(r - z_1 - z_2 - z_3 - f_1 - f_2)}{2} \times z_3$
- 4) $\frac{2\pi(r - z_1 - z_2 - z_3 - f_1 - f_2 - f_3) + 2\pi(r - z_1 - z_2 - z_3 - z_4 - f_1 - f_2 - f_3)}{2} \times z_4$

$$5) \frac{(2\pi[r - (z_1 + z_2 + z_3 + \dots + z_{n-1}) - (f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_{n-1})])}{2} + \frac{2\pi[r - (z_1 + z_2 + z_3 + \dots + z_n) - (f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_{n-1})]}{2} \times z_n$$

Die Frühjahrsholzringe:

- 1) $\frac{2\pi(r - z_1) + 2\pi(r - z_1 - f_1)}{2} \times f_1$
- 2) $\frac{2\pi(r - z_1 - z_2 - f_1) + 2\pi(r - z_1 - z_2 - f_1 - f_2)}{2} \times f_2$
- 3) $\frac{2\pi(r - z_1 - z_2 - z_3 - f_1 - f_2) + 2\pi(r - z_1 - z_2 - z_3 - f_1 - f_2 - f_3)}{2} \times f_3$
- 4) $\frac{2\pi(r - z_1 - z_2 - z_3 - z_4 - f_1 - f_2 - f_3) + 2\pi(r - z_1 - z_2 - z_3 - z_4 - f_1 - f_2 - f_3 - f_4)}{2} \times f_4$

$$5) \frac{(2\pi[r - (z_1 + z_2 + z_3 + \dots + z_n) - (f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_{n-1})])}{2} + \frac{2\pi[r - (z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + \dots + z_n) - (f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n)]}{2} \times f_n.$$

Bezeichnet man:

$$z_1 = \alpha_1$$

$$z_1 + z_2 = \alpha_2$$

$$z_1 + z_2 + z_3 = \alpha_3$$

$$z_1 + z_2 + z_3 + \dots + z_{n-1} = \alpha_{n-1}$$

$$z_1 + z_2 + z_3 + \dots + z_n = \alpha_n$$

$$f_1 = \beta_1$$

$$f_1 + f_2 = \beta_2$$

$$f_1 + f_2 + f_3 = \beta_3$$

$$f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_{n-1} = \beta_{n-1}$$

$$f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n = \beta_n.$$

So findet man:

Die Herbstholzringe:

- 1) $\pi (2r - \alpha_1) \cdot z_1$
- 2) $\pi (2r - \alpha_1 - \alpha_2 - 2\beta_1) z_2$
- 3) $\pi (2r - \alpha_2 - \alpha_3 - 2\beta_2) z_3$
- 4) $\pi (2r - \alpha_3 - \alpha_4 - 2\beta_3) z_4$

$$n) \pi (2r - \alpha_{n-1} - \alpha_n - 2\beta_{n-1}) z_n.$$

$$S = \pi (2r - \alpha_{n-1} - \alpha_n - 2\beta_{n-1}) z_n.$$

Die Frühjahrsholzringe:

- 1) $\pi (2r - 2\alpha_1 - \beta_1) f_1$
- 2) $\pi (2r - 2\alpha_2 - \beta_1 - \beta_2) f_2$
- 3) $\pi (2r - 2\alpha_3 - \beta_2 - \beta_3) f_3$
- 4) $\pi (2r - 2\alpha_4 - \beta_3 - \beta_4) f_4$

$$n) \pi (2r - 2\alpha_n - \beta_{n-1} - \beta_n) f_n.$$

Die Fläche des Frühjahrsholzringes findet man also im allgemeinen aus der Formel

$$K = \pi (2r - 2\alpha_n - \beta_{n-1} - \beta_n) f_n.$$

Andererseits ist bekannt, dass, wenn man die Fläche des ganzen Kreises mit A bezeichnet,

$$\begin{aligned} \Sigma S &= A - \Sigma K \\ \Sigma K &= A - \Sigma S \end{aligned}$$

so dass man, wenn man entweder ΣK oder ΣS kennt, aus diesen Formeln dasjenige Glied, welches unbekannt ist, berechnen kann. Gewöhnlich ist der Frühjahrsholzring breiter, weshalb es einfacher ist, die gesamte Fläche der Frühjahrsholzringe und auf Grund derselben und der ganzen Querschnittfläche die Fläche des Herbstholzes zu berechnen.

Falls der Bohrzylinder nicht bis zum Mark reicht, muss man den Durchmesser des Holzes messen, wobei man für r den richtigen Wert erhält. Da die Querschnittfläche der Bäume im allgemeinen kein Kreis ist, muss

alsdann der durchschnittliche Durchmesser gemessen und versucht werden, den Bohrzylinder an der ihm entsprechenden Stelle zu entnehmen.

Die Bestimmung der Fläche mit Hilfe der obigen Formeln ist recht einfach, wenn der Baum so gut gewachsen ist, dass die Messung der Breite des Herbst- und Frühjahrsholzes möglich ist. Wenn aber die Jahrringe sehr fein sind, erschwert sich ihre Zählung und Messung. Bei Anwendung einer gewöhnlichen Lupe und 10 facher Vergrößerung sowie eines Transversalmassstabs kann man die Jahrringe der mittelfinnischen Bäume ziemlich gut zählen, denn mittels des Transversalmassstabs lassen sich die Jahrringe mit $1/10$ mm Genauigkeit messen. Die feinen Jahrringe der nordfinnischen Bäume sind dagegen nur bei Anfertigung eines Mikrophotogramms und durch Messung an diesem zu messen. Da zu beachten ist, dass das Resultat in % ausgedrückt wird, muss man auch in diesem Fall die Kreisförmigkeit des Querschnitts des Holzes in Betracht ziehen, denn obwohl auf diese Weise die gemessenen Zahlen absolut klein sind, haben sie doch als Verhältniszahlen dieselbe Bedeutung wie 10 oder 100 mal grössere Zahlen.

Wenn es sich um feine Jahrringe handelt, die mit der Lupe betrachtet werden, wird die Anwendung des oben vorgeführten Verfahrens un bequem, denn es wären für einen einzigen Bohrzylinder 200 und sogar mehr Masse zu nehmen. Aus diesem Grunde ist für Bäume, bei denen die Breite des Jahrringes kleiner als 1 mm ist, eine eigene Methode ausgearbeitet worden.

II.

Wir nehmen an, dass aus einem Baume statt eines Zylinders der Sektor ABC herausgeschnitten sei, bei dem die Strecke $BC = 0.4$ cm ist.

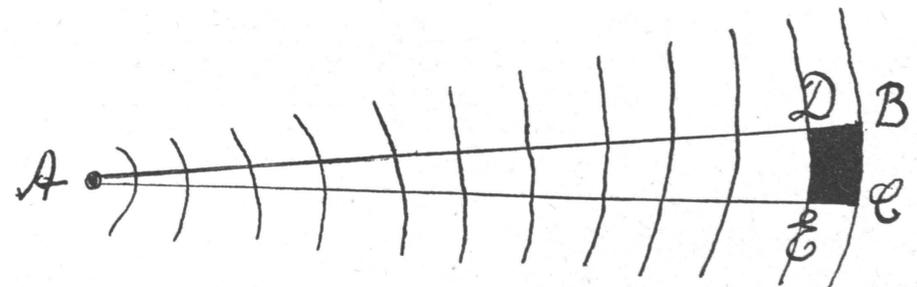


Fig. 8.

Da die Sehne BC so kurz ist, kann man sie als eine Gerade betrachten, und dann ist die Figur $BCDE$ ein Trapez mit dem Flächeninhalt

$$P = \frac{\overline{BC} + \overline{DE}}{2} \times \overline{BD}; \text{ wenn } BC = 4 \text{ mm, so ist}$$

$$P = \frac{4 + \overline{DE}}{2} \overline{BD}.$$

Da jeder Jahrring < 1 mm war, kommen, wenn die Messung mit 0.1 mm Genauigkeit ausgeführt wird, die Klassen 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 und 0.9 in Betracht. Da es sich jedoch nicht um Einzelfälle, sondern um typische Klassenvarianten handelt, kann man die Klassen z. B. folgendermassen einteilen:

$$\begin{aligned} \text{I O.} & \quad - 0.3 = 0.15 \\ \text{II } 0.31 & \quad - 0.6 = 0.45 \\ \text{III } 0.61 & \quad - 0.9 = 0.75 \end{aligned}$$

Bei Anwendung eines Transversalmassstabs ist die Messung dann sehr einfach, denn es handelt sich nicht mehr um ein absolutes, sondern um ein Klassenmass.

Angenommen, dass ein solcher Holzsektor auf einem konzentrischen Kreisbogen liegt, dass er in Zonen von 1 cm geteilt und dass der Radius des Holzes $= r$ ist, so ist

die äusserste Sehne	1) =	4
» zweite »	2) $\frac{4}{x} = \frac{r}{r-1}, x =$	$\frac{4(r-1)}{r}$
» dritte »	3) =	$\frac{4(r-2)}{r}$
» vierte »	4) =	$\frac{4(r-3)}{r}$

» n.te »	n) =	$\frac{4(r-(n-1))}{r}$

Als durchschnittliche Länge der Sehne in jeder Zone wird der arithmetische Mittelwert von deren grösster und kleinster Sehne angenommen. Also werden die Längen sein

$$1) = \frac{4 + \frac{4(r-1)}{r}}{2}$$

$$2) = \frac{4(r-1) + 4(r-2)}{2r}$$

$$3) = \frac{4(r-2) + 4(r-3)}{2r}$$

$$n) = \frac{4[r-(n-1) + 4(r-n)]}{2r}$$

oder

$$1) = \frac{2(2r-1)}{r};$$

$$2) = \frac{2(2r-3)}{r};$$

$$3) = \frac{2(2r-5)}{r};$$

$$n) = \frac{2[2r-(2n-1)]}{r}$$

Da das Frühjahrs- und Herbstholz in den meisten Fällen zu derselben Zone gehören werden, kann man die Sehnenlänge des ersteren wie die des letzteren berechnen aus der Formel

$$j_n = \frac{2[2r-(2n-1)]}{r}.$$

Die Sehnenlängen werden also im allgemeinen unter 4 mm sein, und da der Durchmesser in vollen Zentimetern gemessen wird, kann man sie im voraus berechnen. Bei den Berechnungen wird also auch in diesem Fall ein mit der Querschnittfläche des Baumes paralleler Sektor geschnitten, dessen grösster Bogen gleich dem Durchmesser der senkrecht zur Längsachse des Bohrzyinders gerichteten Querschnittfläche ist. Da dieser variieren kann, lässt sich die obige Formel in der Form schreiben

$$j = \frac{c[2r-2(n-1)]}{r},$$

wo c = Durchmesser des Bohrzylinders. Bezeichnet man die Breiten der Jahrringe mit l_1, l_2, l_3 , so sind die Flächen der zu berechnenden Teile des Jahrrings

$$j_1 l_1; j_2 l_2; j_3 l_3 \text{ usw.}$$

Nun wurden jedoch l_1, l_2, l_3 usw. in Klassenmassen ausgedrückt, weshalb wir z. B. folgende Zahlen erhalten:

$$0.15 j_1, 0.15 j_2, 0.45 j_3 \dots 0.75 j_{n-g} \dots 0.15 j_n.$$

oder

$$0.15 (j_1 + j_2 + j_\alpha + j_\beta + \dots) + 0.45 (j_3 + j_\gamma + j_\delta + \dots) + 0.75 (j_3 + j_3 + \dots).$$

• Wird jede Summe der Sehnenklasse mit der Masszahl der Faserbreite multipliziert und werden die Zahlen addiert, so findet man

$$F_1 = 0.15 \Sigma_1 + 0.45 \Sigma_2 + 0.75 \Sigma_3.$$

Im folgenden sei ein Vergleich zwischen dieser Berechnungsweise und der der Schwedischen Prüfungsanstalt angestellt.

$d = 30$ cm, auf den 3 letzten Zentimetern 47 Jahrringe, deren Herbstholzteile von der Oberfläche aus folgende sind:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0.3	0.2	0.3	0.1	0.2	0.4	0.3	0.2	0.3	0.1	0.4	0.2	0.3	0.1	0.4	0.2	0.4	0.1	0.3
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
0.4	0.5	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1
39	40	41	42	43	44	45	46	47										
0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2										

Die gesamte Ringbreite des Herbstholzes wird = 11.6 sein, und da die ganze Ringbreite = 30 mm war, ist das Herbstholzprozent 38.67.

Bei Anwendung der Methode des Verfassers findet man die folgenden Sehnenlängen:

- 1) 3.87
- 2) 3.60
- 3) 3.33.

Die gesamte Fläche ist = $\frac{4.00 + 3.20}{2} \times 30 = 108.00 \text{ mm}^2$.

Wendet man Klassenvarianten an (s. S. 64), so erhält man:

$$3.87 \times 4.05 + 3.60 \times 3.45 + 3.33 \times 1.95 = 34.5870.$$

Das Herbstholzprozent wird also sein

$$\frac{34.59 \times 100}{108.00} = 32.03.$$

Der Unterschied ist demnach bedeutend und rührt daher, dass die Sehnen nach dem Marke hin kürzer werden. Indes ist zu beachten, dass die oben beschriebene Berechnungsweise nur dann Anwendung finden kann, wenn es sich um Durchschnitte und grosse Baumengen handelt. Je kleiner die Zahl der Bäume ist, mit einem um so kleineren Mass (= δ) muss der Durchmesser und die Sehnenintervalle gemessen werden. Man kann sagen:

- wenn 10 Bäume vorhanden sind, ist $\delta = 0.25$ cm,
 » 20 » » » $\delta = 0.50$ »
 » 30 + » » » $\delta = 1.00$ »

III.

Ausserordentlich genaue Werte erhält man auf folgende Weise:

Auf einer Tafel, die bei der Ausführung der Messung der Bäume zur Verfügung steht, sind nach der folgenden Figur für die gleichbreiten »Jahrringe« die Prozentmengen Herbstholz aufgezeichnet:

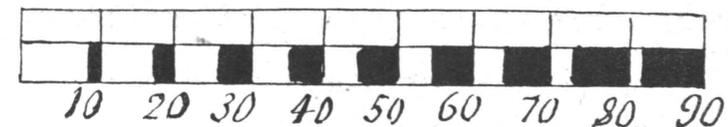


Fig. 9.

Natürlich kann man auch 5, 10, 15, 20 usw. setzen, wenn man einen genaueren Wert haben will.

Wenn also ein Bohrzylinder mit der Lupe untersucht werden soll, vermerkt man darauf zuerst vom Kern nach der Oberfläche hin jedes volle Zentimeter, also 1, 2, 3, 4, 5 n, wobei man die letzten Zentimeter-teile unbeachtet lässt.

Da der Radius = r volle Zentimeter ist, sind die Sehnen, wenn man als Länge der ersten Sehne 1 annimmt, folgende:

$$\begin{array}{l} \text{ist der Radius } r \text{ cm, so ist die Sehne} = l \\ \text{» » » } r - 0.5 \text{ » » » » } = \frac{l}{r} (r - 0.5) \\ \text{» » » } r - 1 \text{ » » » » } = \frac{l}{r} (r - 1) \\ \text{» » » } r - 1.5 \text{ » » » » } = \frac{l}{r} (r - 1.5) \\ \text{---} \\ \text{» » » } r - n \text{ » » » » } = \frac{l}{r} (r - n) \end{array}$$

Innerhalb jedes 1 cm werden die Herbstholzprozent geschätzt und ihnen die Werte $p_1, p_2, p_3 \dots p_n$ gegeben, und wenn man annimmt, dass sie μ_1, μ_2, μ_3 , mal usw. auftreten, so ist die Fläche des Herbstholzes auf jedem 1 cm

$$\frac{\frac{l}{r} [r - (n - 1)] + \frac{l}{r} (r - n)}{2} \cdot \frac{p_1 \mu_1 + p_2 \mu_2 + p_3 \mu_3 + \dots}{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \dots}$$

oder, wenn man die Zahl

$$\frac{p_1 \mu_1 + p_2 \mu_2 + p_3 \mu_3 + \dots}{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \dots}, \text{ mit } p \text{ bezeichnet,}$$

erhält man

$$\frac{l(2r - 2n - 1)}{200r} \cdot p;$$

wo n die Zahlen 1, 2, 3 4, usw. bedeutet. Die Gesamtfläche der Herbstholzringe ist also

$$\sum \frac{l(2r - 2n - 1)p}{200r},$$

und wenn man die Gesamtfläche mit P bezeichnet, ist das Herbstholzprozent pro Gesamtfläche P

$$p_P = \frac{100}{P} \times \sum \frac{l(2r - 2n - 1)p}{200r}.$$

Von den obigen Verfahren ist jeweils das zur Anwendung gekommen, das sich als das bequemste erwies.

IV.

Bei der Anwendung von Mikrophotogrammen wurde folgendermassen verfahren. Man hat angenommen, dass der Markstrahl teils zum Frühjahrs- und teils zum Herbstholz gehört. Wenn man einen Holzschnitt vergrössert, bemerkt man, dass der Unterschied zwischen dem Herbst- und dem Frühjahrsholz durchaus nicht so deutlich wie bei Betrachtung mit blossen Augen oder unter der Lupe ist. Er ist im Gegenteil, wie die Bilder zeigen, recht undeutlich und verwickelt. Nimmt man von ein und demselben Präparat mehrere Photographien, so findet man auch, dass diese Grenze zum grossen Teil durch optische Ursachen bedingt ist. Das richtigste Resultat erhält man bei auffallendem Licht. Wenn man über die Photographie durchsichtiges Millimeterpapier legt, kann man auf diesem das Präparat so abzeichnen, dass die verschiedenen Jahrringe und ihre Frühjahrs- und Herbstholzteile zum Vorschein kommen. Bei Anwendung solcher auf Millimeterpapier gezeichneten Nachbildungen ist in Quadratmillimetern berechnet worden, wieviel Frühjahrs- und Herbstholz jedes Präparat hat. Dabei wurde beachtet, dass die Berechnung jedesmal die von den Markstrahlen und dem Aussenring der Jahrringe begrenzten Flächen umfasste. So ist auch in diesem Fall der konzentrische Bau des Holzes berücksichtigt worden.

Es ist zu bemerken, dass im Resultat das Herbstholzprozent im Verhältnis zu der Gesamtfläche ausgedrückt ist. Aus diesem Grunde ist es ganz gleichgültig, eine wie starke Vergrösserung man anwendet. Das Präparat ist im allgemeinen zu dem Grade vergrössert worden, dass die Jahrringe aufs beste sichtbar wurden.

Bei der Anfertigung der Präparate wurde jede Färbung vermieden. Um das Präparat durchsichtig zu machen, wurde es kurze Zeit in Wasser gehalten. Zwar erweitert das Wasser die zu dem Frühjahrs- und dem Herbstholz gehörenden Zellen auf verschiedene Weise, aber wenn sich die Zellen voll Wasser gesaugt haben, darf man annehmen, dass sie von derselben Grösse sind wie die des frischen Holzes, so dass man die nach Mikrophotogrammen ausgeführten Berechnungen denen an frischem Holz gleichstellen kann.

3) Die Methoden zur Bestimmung und Reduktion der Druckfestigkeit.

Von der Auswahl der Probekörper sei folgendes erwähnt.

Der Feuchtigkeitsgehalt des Kernholzes ist auch beim wachsenden Baum recht konstant. Das Kernholz ist abgestorben, weshalb es nicht

an den Lebensfunktionen des Baumes teilnimmt, und aus diesem Grund unterliegt auch seine chemische Zusammensetzung keinen grossen Schwankungen nach den Jahreszeiten. Es darf ausserdem als wahrscheinlich gelten, dass die Eigenschaften eines Kernholzkörpers auch nach den Tageszeiten und den Stunden nicht sehr variieren.

Um alle die Schwierigkeiten, die während der Fällungszeit bestehen — mag es sich handeln um die Jahreszeit oder den Monat, die Mondphasen, Tag oder Nacht, deren einzelne Stunden oder um zufällige Umstände, wie Niederschläge, ausnahmsweise trockene Perioden usw. — zu eliminieren, ist es von Wichtigkeit, dass die Probestämme zu einer Zeit gefällt werden, wo der Baum möglichst wenig physiologische Feuchtigkeit enthält, woneben natürlich Klimaextreme zu vermeiden sind.

In bezug auf den Feuchtigkeitsgehalt des Holzes hat der Verfasser zwei wahrscheinliche Minima aufgezeigt¹, davon das eine im Herbst ungefähr zu der Zeit, wo die Blätter abzusterben beginnen, und das andere im Frühling, wenn die Nahrungsvorräte aufgebraucht sind. Die Zeit des Frühlingsminimums ist jedoch recht kurz und fällt auf verschiedenen Standorten sehr verschieden. Schon solche Umstände wie das Verschwinden des Bodenfrostes, wie Wind- und Insulationsverhältnisse, ja ein paar warme Regentage können Veränderungen im Feuchtigkeitsgehalt des Holzes, in dessen Gewicht und Qualität hervorrufen, kurz, die Lebhaftigkeit der Lebensfunktionen des Baumes und der Wechsel von deren Intensität im Frühling macht auch die Qualität des Holzes recht wechselnd. Aus diesem Grunde ist der Herbst, die Zeit vom 10. September bis zum 10. Oktober, am allergeeignetsten zum Sammeln von Probestämmen für Qualitätsuntersuchungen des Holzes.

Über die Entnahme der Probekörper möge folgendes bemerkt werden.

MARTENS hat folgendes Verfahren vorgeschlagen, das an der Preussischen Hauptstation des forstlichen Versuchswesens in Eberswalde und an der mechanisch-technischen Versuchsanstalt in Charlottenburg in Anwendung steht und das JANKA folgendermassen beschreibt:

»Ueber einen beliebigen Durchmesser werden zwei Quadrate konstruiert, 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 appetiert, erst nach halbjährigem Aus-

¹ LASSILA, A. F. F. 36. 1929.

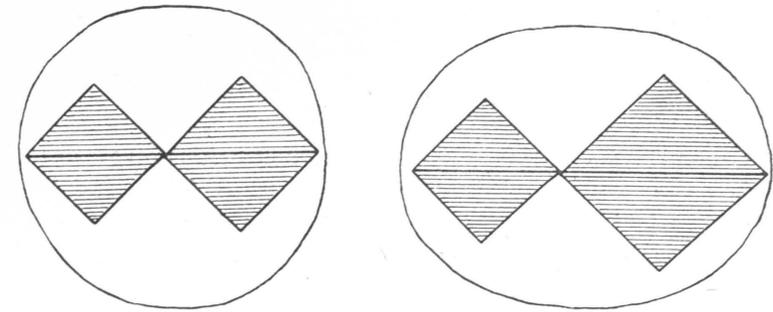


Fig. 10.

trocknen erfolgte die Feinappretur, respective die Herstellung eines möglichst genauen Cubus auf der Hobelbank. — — —»

Das Verfahren wird aus den obenstehenden Figuren deutlich.

Dieser Methode haben sich unter anderen SCHWAPPACH und JANKA bedient.

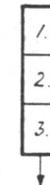
Bei der Untersuchung der Schwedischen Ingeniörsvetenskapsakademi erfolgte die Entnahme der Probekörper auf folgende Weise:

Die zu den Versuchen gebrauchten Balken massen 2.5" × 8" und die Sparren 7" × 7". Diese wurden folgendermassen gesägt:

Wenn ein Probekörper mit *tp B 52.2* bezeichnet ist, bedeutet dies, dass er für den Druck || mit Holzfasern von dem Brett Nr. 52 Teil 2 genommen ist. Ebenso bedeutet *tp P 201.5*, dass der Probekörper für die Druckfestigkeit von dem Sparren Nr. 201 Teil 5 abgeschnitten ist.

In den ersteren Fällen kommt in den Probekörper sowohl Splint- als Kernholz. Die so genommenen Probekörper eignen sich also am besten, wenn es sich um die Messung der Druckfestigkeit ganzer Stämme handelt, worauf unter anderem BAUMANN ausdrücklich hinweist.

Balken = B



Sparren = P

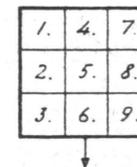


Fig. 11.

Wenn es sich dagegen um eine Qualitätsuntersuchung wie die hier vorliegende handelt, ist ein derartiges Verfahren nicht am Platze. Das Raumprozent des Kern- und des Splintholzes variiert stark, und man kann natürlich Probekörper, bei denen dieser Prozentsatz verschieden gross ist, nicht miteinander vergleichen. Wenn man die Druckfestigkeit des Splintholzes, die z.B. f_p sei, und die des Kernholzes, die z.B. f_s sei, getrennt mässe und das Volumen des Splintholzes in der Sektion z. B. v_p und das des Kernholzes v_s wäre, so betrüge die Festigkeit der ganzen Sektion

$$f = \frac{v_p f_p + v_s f_s}{v_p + v_s}.$$

Belaufen sich die Probekörper auf n Stück, so erhält man die Formel

$$f = \frac{v_{p1} f_{p1} + v_{p2} f_{p2} + v_{p3} f_{p3} + \dots + v_{s1} f_{s1} + v_{s2} f_{s2} + v_{s3} f_{s3} + \dots}{v_{p1} + v_{p2} + v_{p3} + \dots + v_{s1} + v_{s2} + v_{s3} + \dots}.$$

Wenn die Probekörper wie in den Versuchen der Schwedischen Ingeniörsvetenskapsakademi geschnitten sind, dann dürfen für die Berechnungen natürlich nur Kernholz- bzw. Splintholzkörper gewählt werden.

Wegen der oben angeführten Umstände ist es von Wichtigkeit, dass das zu Qualitätsuntersuchungen benutzte Material möglichst gleichwertig ist. Wenn es sich darum handelt, festzustellen, welche Bedeutung dem Waldtyp für die Qualität zukommt, ist die Lösung dieser Frage um so leichter, je homogener das Material ist und je besser es mit Rücksicht auf die Elimination aller etwaigen Nebenfaktoren gesammelt ist.

Wenn z. B. die Festigkeiten solcher Probekörper miteinander zu vergleichen sind, die verschieden grosse Kern- bzw. Splintholzprozentage besitzen, muss man zuerst untersuchen, welches Splint- und Kernholzprozent auf die Festigkeit einwirkt. Da dieser Prozentsatz ziemlich sicher von dem Waldtyp abhängig ist, wäre eine derartige Untersuchung für jeden einzelnen Typ getrennt auszuführen. Man gewinnt also recht viel Zeit, wenn man nur die Festigkeiten von Splint- oder Kernholzprobekörpern miteinander vergleicht. Aus den oben angegebenen Gründen eignen sich die Kernholzprobekörper am besten zu einem solchen Vergleich, weshalb sie allein zur Anwendung gekommen sind. Ausserdem sind zu den Messungen zwei oder drei Parallelprobekörper ungefähr gleich weit von

dem Marke entfernt genommen worden, so dass die schliessliche Festigkeitszahl gleich deren Mittelwert ist. Die Richtung der Jahrringe hinwieder ist dieselbe wie in den Versuchen von JANKA und SCHWAPPACH gewesen.

Über die Dimensionen der Probekörper sei folgendes bemerkt.

WIJKANDER benutzte in seinen Versuchen Probekörper von $10 \times 10 \times 15$ cm. RUDELOFF wählte beim Studium der Festigkeitseigenschaften von Blauholz Probestücke an, deren Querschnittfläche 5×5 cm betrug. Als sein Verdienst ist es übrigens zum grossen Teil zu betrachten, dass auf diesem Gebiet einheitliche Methoden eingeführt worden sind. Der erste diesbezügliche Schritt wurde getan, als auf dem Brüsseler Kongress 1906 beschlossen wurde, bei der Untersuchung der Festigkeitseigenschaften, wenn es sich um Druck- und Biegezugfestigkeit handelt, Probekörper anzuwenden, deren Querschnittfläche 10×10 cm beträgt und deren Länge bei Druckfestigkeitsversuchen 10 cm oder bei Biegezugfestigkeitsversuchen 150 cm ist. Diese Masse sind jedoch nicht befolgt worden. So hat HATT um 1909 Probekörper von 5×5 cm benutzt, und später hat auf Veranstaltungen von CLINE das Forests Products Laboratory U.S.A. solche von 5×5 cm in Gebrauch genommen. Dies geschah um 1912. Später haben LANG (1915) und BAUMANN (1922) noch kleinere Masse, nämlich 2×2 cm, zugrunde gelegt.

Die Dimensionen des Probestückes üben einen recht bedeutenden Einfluss auf die Resultate aus. Je grösser das Probestück ist, aus um so verschiedenartigerer Holzsubstanz besteht es. Grosse Probestücke können hinsichtlich ihrer Struktur nicht homogen und nicht fehlerfrei sein. Sie müssen jedoch dann angewendet werden, wenn die Eigenschaften eines bestimmten Baumaterials untersucht werden sollen. Neuerdings ist man denn auch dahin gekommen, Probekörper von natürlichen Dimensionen zu benutzen, wenn Festigkeitsuntersuchungen für einen bestimmten technischen Zweck ausgeführt werden, und kleine Probekörper (Normalprobestücke) dann, wenn es sich um die wissenschaftliche Untersuchung der Eigenschaften von Hölzern handelt. So sind derartige Normalprobestücke in den Versuchen der Schwedischen Ingeniörsvetenskapsakademi 5×5 cm gross gewesen.

Besonders die Flugzeugindustrie hat in den letzten Zeiten grosse Veränderungen auf dem Gebiet der Festigkeitsuntersuchung des Holzes hervorgerufen. Konstruktionskörper von ein paar Millimetern Dicke und 1—2 cm Breite sind auf diesem Gebiete gar nicht selten. Aus diesem Grunde ist es notwendig geworden, das Holz an immer kleineren Probestücken zu untersuchen, und in allen Flugzeugfabriken, u. a. in der staatlichen

Flugzeugfabrik bei uns, hat man begonnen, sich eingehend mit dem Studium der Eigenschaften des Holzes zu beschäftigen. Ein ausserordentlich vollständiges mechanisches Holzuntersuchungslaboratorium für kleine Probekörper, vielleicht das vollständigste auf seinem Gebiet in der Welt, ist das der Polnischen Militäringenieurakademie in Warschau, mit dessen Methoden sich der Verfasser im Sommer 1930 bekannt machen konnte.

Hier waren die Maschinerien von L. J. AMSLER, Schaffhausen — Schweiz, hergestellt, und die Masse der Probestücke waren folgende:

Druckfestigkeit: $2 \times 2 \times 3$ cm
 Biegezugfestigkeit: $2 \times 2 \times 30$ cm
 Schlagfestigkeit: $2 \times 2 \times 30$ cm
 Zugfestigkeit: 1.5 bzw. 3.2 cm vom Ende, Länge 40 cm.

Wie aus dem Obigen hervorgeht, sind bei der hier in Rede stehenden Untersuchung unbedingt Normalprobestücke anzuwenden. Die AMSLERsche Maschine, die für die Forsttechnologische Anstalt der Universität angeschafft wurde, ist von derselben Art wie die der Polnischen Militäringenieurakademie. Dieselben Maschinen sind unter anderem auch in Eberswalde und Dorpat in Gebrauch.

Von der Behandlung der Probestücke war schon oben die Rede. Wie auf Seite 41 dargelegt, waren die Probestücke ungefähr ofentrocken, mit einem Feuchtigkeitsgehalt von etwa 8—9 %. Der so erzielte Trockenheitsgrad ist durchaus nicht unbestimmt, was u. a. auch dadurch bewiesen wird, dass die amerikanischen Forscher die spezifischen Gewichte des Holzes bei diesem Feuchtigkeitsgrad ausgedrückt haben und dass man u. a. versucht hat, für die Druckfestigkeit eine Gleichung aufzustellen, die sich auf das spezifische Gewicht des ofentrockenen Holzes gründen würde. Da aber die Festigkeitszahlen doch am häufigsten bei 15 % H₂O angegeben werden, sind die gemessenen Festigkeitszahlen mit Rücksicht auf diesen Feuchtigkeitsgehalt zu reduzieren.

Die Reduktion der die Druckfestigkeit angegebenden Zahlen von dem Feuchtigkeitsgehalt φ % auf den Feuchtigkeitsgehalt 15 % führte JANKA mit Anwendung einer Formel aus, die auf dieselbe Weise wie die auf Seite 47 erwähnte Formel für die Reduktion der spezifischen Gewichte hergeleitet ist:

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

wo β = Druckfestigkeit bei 15 % H₂O und β_{φ} = Druckfestigkeit bei φ % H₂O.

Die Formel ist jedoch empirisch und hat nur für die Fichte Gültigkeit, weshalb sie bei der Reduktion der Druckfestigkeitszahlen der Kiefer keine Anwendung finden kann. Aus diesem Grunde hat der Verfasser für die Kiefer ein besonderes Verfahren abgeleitet.

Nach den Untersuchungen von BAUSCHINGER und RUDELOFF ist

bei dem Feuchtigkeitsprozent $f = 10$ %	die Druckfestigkeit = 360
» » » » = 12.5 %	» » = 362
» » » » = 12.0 %	» » = 547
» » » » = 16.0 %	» » = 291
» » » » = 16.0 %	» » = 355
» » » » = 27.0 %	» » = 267
» » » » = 27.0 %	» » = 257

SEITZ hinwieder hat folgende Zahlen angeführt, die auf Grund der wichtigsten deutschen Untersuchungen berechnet sind und die man daher als grosse Durchschnitte betrachten kann:

Feuchtigkeitsgehalt %	Vergleichszahl, wenn die Druckfestigkeit bei 17 % H ₂ O = 100 ist
10	182
15	115
17	100
20	80
25	65
30	60
40	60

Der Schweizerische Ingenieur- und Architekten-Verein hat ein Diagramm veröffentlicht, auf Grund dessen man die folgenden Zahlen erhält:

Feuchtigkeitsgehalt %	Vergleichszahl, wenn die Druckfestigkeit bei 17 % H ₂ O = 100 ist
10	112
20	100
30	88

Reduziert man diese Zahlen so, dass die Druckfestigkeit bei 10 % H₂O = 100 ist, so ergibt sich die folgende Tabelle:

Autor	Feuchtigkeits- gehalt %	Vergleichszahl, wenn die Druckfestigkeit bei 10 % H ₂ O = 100 ist
RUDELOFF & BAUSCHINGER	10	100
	12.5	100
	16.0	81
	16.0	99
	27.0	74
SEITZ	10	100
	15	64
	17	55
	20	44
	25	36
	30	33
	40	33
S. I. A.	10	100
	20	82
	30	72

Wenn man auf Grund der obenstehenden Zahlen ein Diagramm zeichnet, auf dessen Abszissen die Prozentsätze und auf dessen Ordinaten die oben berechneten Vergleichszahlen aufgetragen sind, so erhält man die in Fig. 12 dargestellten Kurven.

Über dieses Diagramm ist folgendes zu erwähnen. β_{10} % ist nicht in jedem Einzelfall gleich gewesen. Darum sind auch die Zahlen, die den

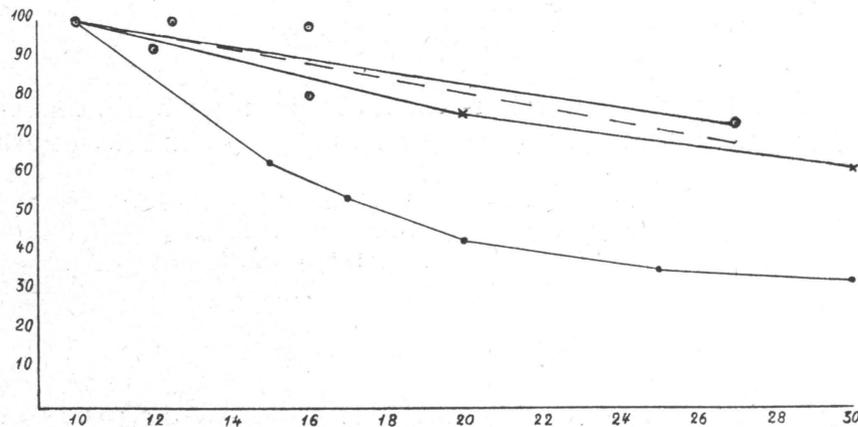


Fig. 12.

Vergleichszahlen jedes der obengenannten Autoren zugrunde gelegen haben, bei dem entsprechenden Feuchtigkeitsprozent verschieden. Aber das oben angewandte graphische Verfahren hat auch den Zweck gehabt, das allgemeine Gesetz ohne Rücksicht auf die absolute Grösse der Festigkeitsziffern zu ermitteln. Wenn man sich das Diagramm ansieht, findet man, dass die Zahlen von SEITZ (mit \cdot bezeichnet) bedeutend von denen RUDELOFF & BAUSCHINGERS (mit \circ bezeichnet) abweichen. Auf Grund der letzteren kann man leicht eine durchschnittliche Kurve (mit — — — bezeichnet) ausarbeiten. Diese Kurve nähert sich stark einer Geraden, und man findet aus ihr graphisch folgende Konstanten:

Feuchtigkeits- gehalt %	Vergleichszahl, wenn die Druckfestigkeit bei 10 % H ₂ O = 100 ist
10	100
11	87
12	81
13	75
14	70
15	67
16	65
17	62
18	60
19	55
20	52
21	45
22	42
23	40
24	40

Die zwischenliegenden Werte erhält man durch Interpolation.

Auf Grund der obigen Tabelle wird vorgeschlagen, diejenigen Werte zu berechnen, die zwischen den Prozenten 12 und 20 variieren. Handelt es sich andererseits um die Werte unter 12 %, so sind für sie besondere Konstanten bestimmt worden:

Feuchtigkeits- gehalt %	Vergleichszahl, wenn die Druckfestigkeit bei 10 % H ₂ O = 100 ist
8	111
9	109
10	100
11	85

Zeichnet man auf Grund des Obigen Kurven in der Weise, dass als Anfangszahlen dieselben Zahlen dienen, die BAUMANN in seiner Arbeit Seite 43 angewandt hat, so ersieht man, dass die so erhaltene Kurve dieselbe Richtung hat wie die von BAUMANN gezeichneten Kurven für Fichte und Eiche und zwischen denselben bleibt.

III. Die Ergebnisse der Untersuchungen.

A. Die Beziehungen zwischen der Breite des Jahrrings, dem Waldtyp und der Druckfestigkeit.

Die Bedeutung der Jahrringbreite als Qualitätsfaktor ist viel untersucht worden. Auch in der Praxis gilt es als Axiom, dass Dichtfaserigkeit bei Nadelhölzern immer besseres Holz bedeutet. Dieser Ansicht war unter anderen NÖRDLINGER, wenn er äusserte:

»Bei Nadelhölzern spricht Schmalheit der Jahresringe für gute Qualität. Denn jeder Jahresring besteht aus einem Ring weichen Frühlings- und Sommer- und einem Streifen harten harzreichen Herbstholzes. Beim Breiterwerden der Ringe bleibt sich der letztere ziemlich gleich, wogegen der weiche Ringtheil sich verbreitet.«

Zur Stütze dieser Behauptung macht NÖRDLINGER auch geltend, dass der Wert des Föhrenholzes zur Bemastung der Schiffe hauptsächlich nach der Schmalheit der Holzringe bemessen werde.

Diese Folgerungen NÖRDLINGERS sind um so bemerkenswerter, als CHEVANDIER und WERTHEIM schon 1848 zu dem Schluss gekommen waren, dass keine Beziehung zwischen Jahrringbreite und Bruchmodul existiert und dass die Jahrringbreite im allgemeinen gar keinen erkennbaren Einfluss auf die Elastizitäts- und Festigkeitsverhältnisse der Hölzer ausübe, nur bei der Tanne steige der Elastizitätsmodul proportional mit der Jahrringdichte.

Das Obige betraf die Nadelhölzer. TH. HARTIG war der Meinung, dass die breiteren Jahrringe bei Laubhölzern und wenigstens bei den Buchen eine grössere Zellwandmasse und mithin besseres Holz bedeuteten, wogegen R. HARTIG bei seinen Untersuchungen an der Eiche zu dem Resultat gekommen ist, dass die Ringbreite kein brauchbares Merkmal für die Holzgüte sei.

Von anderen Untersuchungen auf diesem Gebiet seien die von BAUSCHINGER, SCHWAPPACH, RUDELOFF, JANKA sowie THIÉRY und PETITCOLLOT erwähnt.

Sowohl BAUSCHINGER und SCHWAPPACH als JANKA sind der Ansicht, dass die Jahrringbreite im allgemeinen keinerlei Einfluss wenigstens auf die Festigkeitseigenschaften der Nadelhölzer hat. JANKA hat bei seinen Untersuchungen über die Südtiroler Fichte u. a. folgendes festzustellen unternommen:

»10. Besteht ein gesetzmässiger Zusammenhang zwischen Jahrringbreite, dem spezifischen Gewichte und den Festigkeitskoeffizienten?«

Auf diese Frage antwortet er gemäss seinen Untersuchungen:

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

Andererseits sind Beobachtungen darüber vorgeführt worden, dass die Breite des Jahrringes von Bedeutung für die Festigkeitseigenschaften des Holzes sein würde. So hat RUDELOFF durch seine im Mechanisch-technischen Laboratorium zu Charlottenburg ausgeführten Untersuchungen konstatiert, dass die Druckfestigkeit des Kiefernholzes mit der Breite der Jahrringe gestiegen ist und dass das engringige Holz eine geringere Festigkeit besass.

Ausserordentlich interessant sind die von den Professoren der Forstakademie in Nancy PETITCOLLOT und THIÉRY in dem Laboratorium dieser Hochschule angestellten Untersuchungen. Sie studierten den Einfluss der Jahrringbreite auf die Tragkraft von Tannenbalken, die aus Gerardmer und Raon l'Etape in den Vogesen stammten. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass das maximale Biegemoment an der Elastizitätsgrenze (moment flechissant pouvant être supporté avec sécurité) der Quadratwurzel der Jahrringbreite e ($= \sqrt{e}$) umgekehrt proportional ist und dass das Produkt $\mu \sqrt{e}$ eine konstante Grösse ist, welche zwischen 30.47—31.91 schwankt und im Mittel = 30.94 beträgt.

Diese Theorie von THIÉRY und PETITCOLLOT ist später in Vergessenheit geraten. Es ist klar, dass, wenn man zwischen der Jahrringbreite und den Festigkeitseigenschaften des Holzes einen solchen deutlichen Zusammenhang konstatieren könnte, ein grosser Schritt in der praktischen Bestimmung der mechanisch-technischen Eigenschaften der Hölzer getan wäre. Auf diese Weise wäre vielleicht das allerbequemste und einfachste Verfahren gefunden, über dieselben im täglichen Leben Klarheit zu gewinnen. Man brauchte keine so komplizierten Untersuchungen wie bisher anzustellen, sondern hätte sofort die mit dem Metermass feststellbaren Verhältniszahlen zur Verfügung, auf Grund deren man die Hölzer in

Qualitätsklassen einteilen und ihre Verwendungsmöglichkeiten bestimmen könnte.

Da nach THIÉRY und PETITCOLLOT

$$\mu \cdot \sqrt{e} = C,$$

so ist

$$\mu = \frac{C}{\sqrt{e}},$$

wo C eine Konstante, e die Jahrringbreite in Millimetern und μ der Grenzmodul ist. Wäre z. B. $e = 1$ mm, so wäre $\mu = C$, wenn $e = 4$ mm wäre, dann $\mu = \frac{C}{2}$ usw. Aus dem Obigen geht hervor, dass hiernach die Festigkeit (in diesem Fall die Biegefestigkeit) des Holzes recht schnell mit der Zunahme der Jahrringzahl geringer würde. Dies würde natürlich bedeuten, dass das Holz von um so höherer Qualität ist, von einem je geringeren Waldtyp es stammt.

Tabelle I.

Bezeichnung des Probekörpers	Feuchtigkeitsgehalt %	Jahrringe pro cm	Durchschn. Jahrringbreite mm	\sqrt{e}	$\frac{1}{\sqrt{e}}$	σ_{bP} kg/cm ²	σ_{bB} kg/cm ²	$e \cdot \sigma_{bP}$
B ₁	17.1	7.6	1.3	1.14	0.88	329	500	37.5
B ₂	17.0	7.5	1.3	1.14	0.88	225	445	25.7
B ₃	17.6	6.7	1.5	1.22	0.81	197	389	24.0
B ₄	20.0	8.7	1.2	1.10	0.91	288	522	31.7
B ₉	15.7	5.6	1.8	1.34	0.75	276	480	37.0
B ₁₀	15.2	3.6	2.8	1.67	0.60	217	422	23.2
B ₁₁	16.1	5.7	1.8	1.34	0.75	296	519	39.7
B ₁₂	15.8	3.6	2.8	1.67	0.60	207	342	34.6
B ₁₃	17.7	4.7	2.1	1.45	0.70	194	364	28.1
B ₁₄	18.4	4.5	2.2	1.48	0.68	238	409	35.2
B ₁₅	19.9	7.0	1.4	1.18	0.85	304	385	35.8
B ₁₆	18.6	5.7	1.8	1.34	0.75	238	435	31.8
B ₁₇	19.2	7.8	1.3	1.14	0.88	298	581	33.9
B ₁₈	17.6	5.6	1.8	1.34	0.75	260	504	34.8
B ₁₉	18.6	5.8	1.7	1.30	0.77	302	521	39.2
B ₂₀	18.5	9.4	1.1	1.05	0.95	285	513	29.9
B ₂₁	16.1	7.6	1.3	1.14	0.88	282	342	32.1
B ₂₂	17.5	7.4	1.4	1.18	0.85	278	546	32.8
B ₂₃	16.3	13.6	0.7	0.84	1.19	254	441	30.2
B ₂₄	16.2	8.7	1.2	1.10	0.91	305	497	27.8

Zur Untersuchung des obenerwähnten Gesetzes von THIÉRY und PETITCOLLOT bietet das Material der Schwedischen Ingeniörsvetenskapsakademi recht gute Gelegenheit. In der nebenstehenden Tabelle sind die Breiten der Jahrringe auf Grund ihrer Zahl innerhalb 1 cm berechnet. Ausserdem sind in die Tabelle nur die Probekörper aufgenommen, deren Feuchtigkeitsgehalt zwischen 15 und 20 % geschwankt hat.

In der Tabelle bedeutet σ_{bB} die Bruchspannung bei Biegung und σ_{bP} die Spannung bei der Proportionalitätsgrenze.

Wenn man die Probekörper B₂, B₃, B₁₀ und B₁₃ der Tabelle unberücksichtigt lässt, B und B₁, weil sie nur aus Kernholz bestanden, und B₂ und B₁₃, weil sie ästiger als die anderen waren, und danach ein Diagramm zeichnet, in dem als Abszissen die Werte von $\frac{1}{\sqrt{e}}$ und als Ordinaten die Werte von σ_{bP} erscheinen, so erhält man die in Fig. 13 wiedergegebene Kurve.

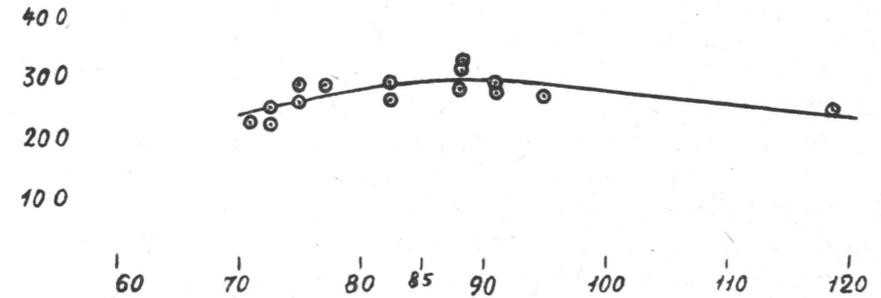


Fig. 13.

Diese zeigt, dass die Biegefestigkeit ungefähr bis zum Werte $\frac{1}{\sqrt{e}} = 88-92$ anwächst, aber hiernach abzunehmen beginnt. Dies bedeutet, dass die beste Jahrringbreite etwa bei 1.10—1.15 mm liegt, dass aber die kleineren und grösseren Werte von $\frac{1}{\sqrt{e}}$ eine Verschlechterung des Holzes anzeigen.

Betrachtet man das Produkt μe , so sieht man, dass auch dieses nicht konstant ist, aber auch nicht sehr schwankt. Die Variation ist, wenn man die obenerwähnten exzeptionellen Probekörper ausser Betracht lässt, von der Art, wie Fig. 14 erkennen lässt.

Zeichnet man ferner eine Kurve, bei der als Abszissen die Breiten der Jahrringe und als Ordinaten die Werte $c\sigma_{bP}$ auftreten, so erhält man das Diagramm Fig. 15. Aus diesem geht hervor, dass das Produkt $c\sigma_{bP}$ sein undeutliches Maximum ungefähr bei den Ringbreiten 1.3—1.8 haben würde.

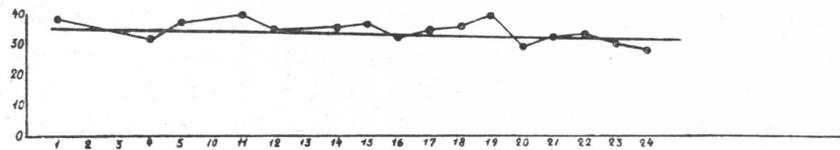


Fig. 14.

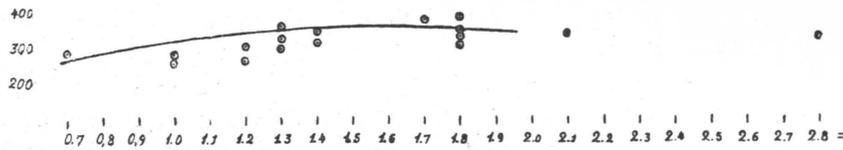


Fig. 15.

Wie aus dem Obigen ersichtlich wird, lässt sich die Gültigkeit des THIÉRY-PETITCOLLOTSchen Gesetzes nicht mit Sicherheit auf Grund grosser Probekörper konstatieren. Man kann aber doch als wahrscheinlich ansehen, dass das Gesetz Gültigkeit besitzt, wenn die Breite der Jahrringe innerhalb bestimmter Grenzen, ungefähr zwischen 1 und 2 mm schwankt. Ausserdem wird vorausgesetzt, dass die Probekörper dieselben Anforderungen erfüllen wie die Kiefernprobestücke der Schwedischen Ingeniörsvetenskapsakademi, d. h. höchstens 7 mittelgrosse Äste in 11 Sektionen oder etwas mehr kleine Äste enthalten, geradfaserig sind, nicht ausschliesslich aus Kernholz bestehen und unter einem Schutzdach getrocknet sind, so dass der Feuchtigkeitsgehalt durchschnittlich auf 17.5 % (15—20 %) gesunken ist.

Wenn bei Anwendung von Bohrzylindern konstatiert ist, welcherart die Variation von $\bar{J} \bar{e}$ auf verschiedenen Waldtypen ist, kann man auf Grund des Obigen ermitteln, welcher Typ noch zu der Jahrringgruppe gehört, deren $e\sigma_{bP}$ nicht kulminiert. Zu diesem Zweck ist ein Material gesammelt worden, das in Tabelle I beschrieben ist.

Für die Aufklärung des oben angedeuteten Verhaltens kam ein Verfahren zur Anwendung, dessen Prinzipien die folgenden sind.

Nach THIÉRY und PETITCOLLOT wurden der Grenzmodul bei der Biegungsfestigkeit und die Quadratwurzel der Jahrringbreite miteinander verglichen. Der Verfasser schlägt Druckfestigkeit und die Quadratwurzel aus der Fläche des Ringes zum Vergleich vor.

Angenommen, dass der Durchmesser des Stammes d und sein Alter a ist, so ist die durchschnittliche Fläche des Jahrringes

$$P = \frac{\pi d^2}{4a}$$

Im folgenden vergleichen wir die Quadratwurzel aus der durchschnittlichen Fläche des Jahrringes mit dem Bruchmodul bei der Druckfestigkeit. Zu diesem Zweck wenden wir von dem Material SCHWAPPACHS gerade dieselben Stämme an, auf Grund deren SCHWAPPACH seine Schlussfolgerung über den Einfluss der Jahrringbreite auf die mechanisch-technischen Eigenschaften des Holzes ausgesprochen hat.

Nummer des Probestammes	Alter	d 1.3 m	Druckfestigkeit kg/cm ²	$\sqrt{\frac{\pi d^2}{4a}}$
25	120	349	593	33.7
26	120	386	542	37.3
27	150	373	520	40.3
29	120	361	437	34.9
31	120	291	446	28.1
33	90	247	?	29.33
39	120	297	462	28.7
41	120	342	418	33.0
43	150	356	576	38.5
45	90	349	444	29.3
47	150	377	528	40.8
51	120	354	590	36.8

Auf Grund der vorstehenden Tabelle ist eine Kurve gezeichnet worden, als deren Abszissen $\sqrt{\frac{\pi d^2}{4a}}$ und als deren Ordinaten die Druckfestigkeit in kg/cm² erscheinen. Es ist zu bemerken, dass die Druckfestigkeiten Mittelwerte aus zwei Probekörpern sind, deren Grundflächendiagonale der grösste bzw. der kleinste Durchmesser ist, so dass sie genau die Festigkeit der Probescheibe vertreten. Sie waren auch astfrei und bestanden aus regelmässig gewachsenem Holz. Bei der Zeichnung der Kurve wurde der Stamm 33 unberücksichtigt gelassen, weil darüber keine Festigkeitszahlen vorliegen, desgleichen die Stämme 29 und 41. Die beiden letzteren sind in Freienwalde gefällt, und ihre Druckfestigkeit pro ganzen Stamm ist ausnahmsweise niedrig berechnet. Nimmt man nämlich die in Freienwalde gefällten Stämme getrennt, so erhält man folgende Tabelle:

Nummer des Stammes	Spezifisches Trocken- gewicht des Holzes	Durchschnitt- liche Druckfestigkeit des ganzen Stammes kg/cm ²
39	431	449
40	502	511
41	367	419
42	472	462
29	383	438
30	425	458

Hieraus geht hervor, dass die fraglichen Stämme die leichtesten der in Freienwalde gefällt und diejenigen gewesen sind, die die allergeringste Druckfestigkeit besaßen.

Die graphische Darstellung (Fig. 16) ist nicht derart, dass man aus ihr unbedingt sichere Schlüsse ziehen könnte. Aber soviel dürfte man auf Grund derselben doch sagen können, dass, wenn $\sqrt{\frac{\pi d^2}{4a}}$ steigt, die Druckfestigkeit bis zu einer gewissen Grenze zunimmt, um danach wieder zu sinken. Es kann also z. B. möglich sein, dass die Druckfestigkeit dieselbe

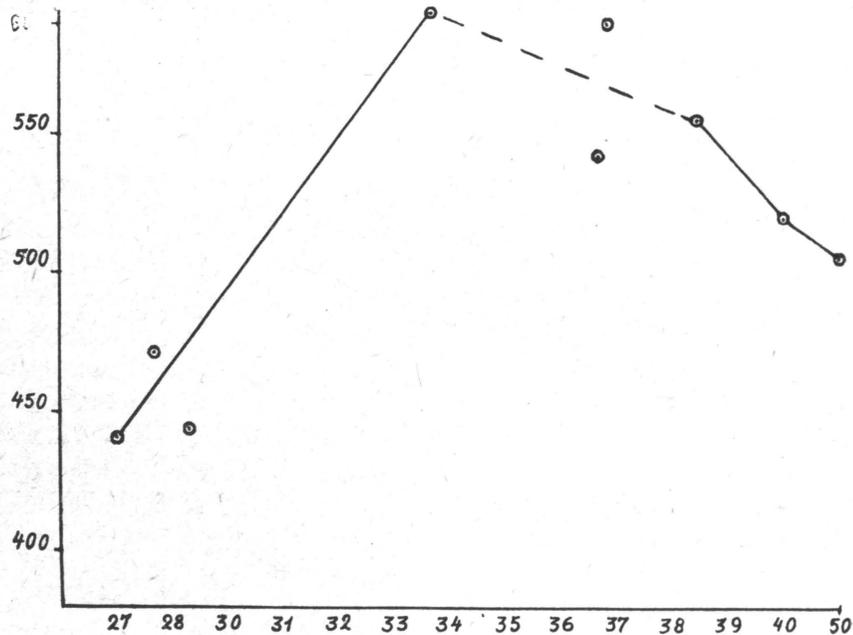


Fig. 16.

ist, wenn $\sqrt{\frac{\pi d^2}{4a}}$ z. B. 30—31, wie wenn es 50.51 ist. Dies dürfte darauf deuten, dass es einen Wert von $\sqrt{\frac{\pi d^2}{4a}}$ geben kann, bei dem die Druckfestigkeit ihren maximalen Wert erreicht. Jedenfalls scheint es also wahrscheinlich, dass die Druckfestigkeit eine Funktion von $\sqrt{\frac{\pi d^2}{4a}}$ = des durchschnittlichen jährlichen Flächenzuwaches ist.

Dieses Verhalten ist vom Verfasser untersucht worden. Das Material bestand ausschliesslich aus Kiefernholz, und die Beschaffenheit und die Masse der Probestämme werden des näheren aus den beigefügten Tabellen I, II und III ersichtlich.

Tabelle I (OMT).

Nummer des Stammes	D 1.3 mit Rinde	D 1.3 ohne Rinde	Durchm. des Kernholzes	Jahrringe 1.3	Anzahl der Jahrringe des Kernholzes	Durchschn. Jahrringbreite mm	$\sqrt{\frac{\pi d^2}{4a}}$ für d. Kernholz	$\sqrt{\frac{\pi d^2}{4a}}$ für den ganzen Stamm	Druckfestigkeit d. Kernholzes kg/cm ²
1	27.8	26.0	12.4	67	33	0.37	1.9	2.8	345
2	32.0	31.0	14.8	37	13	0.83	3.7	4.5	382
3	32.2	30.1	10.2	43	11	0.70	2.8	4.1	374
4	23.2	21.2	10.6	44	16	0.48	2.4	2.8	391
5	27.0	26.2	13.4	41	12	0.64	3.5	3.6	343
6	32.2	30.4	11.4	59	19	0.52	2.5	3.5	363
7	28.0	26.4	12.6	54	18	0.49	2.6	3.1	384
8	28.0	26.5	12.0	53	18	0.50	2.5	3.4	389
9	26.2	24.7	10.0	37	10	0.66	2.8	3.6	355
10	32.0	31.2	12.2	70	32	0.45	1.9	3.3	377
11	22.2	20.2	8.8	45	11	0.45	2.3	2.7	332
12	27.0	25.6	14.0	41	12	0.62	3.6	3.5	406
13	35.0	32.6	14.2	49	14	0.67	3.7	4.0	417
14	27.0	25.0	8.6	49	11	0.51	2.3	3.2	385
15	33.4	31.6	14.2	37	13	0.85	3.5	4.6	340
16	38.0	35.6	16.6	51	20	0.70	3.1	4.4	428
17	37.4	35.4	18.0	52	20	0.68	3.6	4.4	411
18	31.2	29.4	14.8	37	13	0.74	3.6	4.3	393
19	33.4	31.4	16.4	64	25	0.49	2.6	3.5	359
20	33.4	32.0	15.6	63	25	0.51	2.8	3.7	371

Tabelle II (MT).

Nummer des Stammes	D 1.3 mit Rinde	D 1.3 ohne Rinde	Durchm. des Kernholzes	Jahrringe 1.2	Anzahl der Jahrringe des Kernholzes	Durchschn. Jahrringbreite mm	$\sqrt{\frac{\pi d^2}{4 a}}$ für d. Kernholz	$\sqrt{\frac{\pi d^2}{4 a}}$ für den ganzen Stamm	Druckfestigkeit d. Kernholzes kg/cm ²
1	26.0	24.1	10.4	69	23	0.35	26	19	386
2	33.7	31.8	13.6	63	19	0.50	36	27	459
3	33.4	31.6	14.4	72	25	0.44	33	26	385
4	36.0	34.0	16.8	69	29	0.48	36	28	447
5	26.0	24.4	12.0	60	26	0.61	28	21	456
6	29.0	27.2	10.8	60	18	0.45	31	23	404
7	26.0	24.3	12.2	64	43	0.38	27	13	447
8	33.0	31.8	15.3	75	26	0.42	32	27	463
9	34.0	32.8	18.0	74	41	0.44	34	25	431
10	38.4	35.4	22.8	73	39	0.48	37	33	533
11	38.4	36.2	18.2	69	38	0.52	39	26	422
12	36.0	34.3	22.2	67	35	0.51	37	33	465
13	34.4	32.6	15.4	69	29	0.47	35	25	540
14	23.8	25.4	8.3	48	18	0.53	33	18	521
15	24.0	22.9	10.0	55	22	0.42	27	19	467
16	36.4	34.4	14.0	81	29	0.42	34	23	449
17	26.1	24.4	12.1	59	39	0.41	28	17	429
18	23.2	21.4	10.6	57	21	0.36	25	20	538
19	24.0	22.8	9.0	54	21	0.42	28	20	501
20	23.5	22.3	9.3	54	19	0.41	27	19	467
21	23.1	21.4	9.6	55	22	0.39	26	18	443
22	24.0	22.2	9.7	44	19	0.50	30	20	465
23	33.1	31.7	14.2	74	33	0.43	33	22	451

Tabelle III (VT).

Nummer des Stammes	D 1.3 mit Rinde	D 1.3 ohne Rinde	Durchm. des Kernholzes	Jahrringe 1.3	Anzahl der Jahrringe des Kernholzes	Durchschn. Jahrringbreite mm	$\sqrt{\frac{\pi d^2}{4 a}}$ für d. Kernholz	$\sqrt{\frac{\pi d^2}{4 a}}$ für den ganzen Stamm	Druckfestigkeit d. Kernholzes kg/cm ²
1	23.2	21.4	10.6	78	28	0.27	18	2.0	442
2	20.4	18.4	7.4	75	29	0.25	12	1.9	494
3	22.2	21.0	9.4	59	22	0.37	18	2.4	426
4	26.0	24.8	16.0	60	29	0.41	26	2.7	421
5	22.6	20.8	10.4	67	28	0.31	17	2.2	440
6	25.2	23.9	15.0	59	27	0.41	26	2.8	427
7	24.0	22.6	8.6	58	23	0.40	16	2.6	454
8	26.0	24.9	16.3	64	29	0.39	27	2.8	485
9	28.2	26.9	18.0	79	27	0.34	31	2.5	477
10	21.2	20.7	10.3	64	21	0.32	20	2.2	442
11	25.4	23.4	10.4	85	29	0.25	17	3.0	488
12	20.9	18.9	7.8	54	16	0.35	17	2.3	393
13	22.3	21.1	9.5	62	22	0.34	18	2.4	428
14	24.0	23.2	12.4	69	29	0.34	19	2.5	403
15	24.1	22.7	15.3	62	27	0.37	26	2.6	459
16	22.3	21.1	9.7	77	18	0.27	21	2.1	384
17	25.2	23.9	14.6	59	27	0.41	25	3.1	415
18	21.0	20.6	10.2	62	20	0.33	20	2.3	401
19	27.0	24.8	16.4	66	27	0.38	28	2.7	445
20	29.2	27.8	19.0	79	27	0.35	32	2.8	439
21	22.0	20.8	9.4	78	16	0.27	21	2.1	472
22	31.2	28.6	20.1	83	19	0.36	41	2.6	426
23	21.3	20.5	9.6	78	18	0.26	20	2.1	410
24	23.2	21.4	10.6	78	27	0.27	18	2.1	391
25	20.8	18.8	7.5	51	14	0.37	18	2.6	473

Wenn man die obigen Tabellen durchmustert, kann man die Beobachtung machen, dass die Zahl $\sqrt{\frac{\pi d^2}{4a}}$ und die Druckfestigkeit nicht ganz deutlich übereinstimmen. Andererseits lässt sich jedoch nicht behaupten, dass die Zahl $\sqrt{\frac{\pi d^2}{4a}}$ in dieser Hinsicht eine gewisse Richtschnur böte. Ihr Einfluss ist indes auf verschiedenen Typen etwas verschieden, aber man sieht deutlich, dass die niedrigen Werte von $\sqrt{\frac{\pi d^2}{4a}}$ im allgemeinen durchaus nicht oder wenigstens nicht regelmässig auf aussergewöhnlich festes Holz hinweisen. Zwar besteht auf dem MT z. B. eine Regelmässigkeit, auf den anderen Typen aber ist keine derartige, ja nicht einmal eine schwache Regelmässigkeit zu erkennen.

Denkt man sich dagegen die einzelnen Waldtypen getrennt, als grossen Durchschnitt, so erhellt aus den obigen Tabellen ohne weiteres, dass die Zahl $\sqrt{\frac{\pi d^2}{4a}}$ im allgemeinen ein ziemlich deutliches Charakteristikum der Druckfestigkeit des Holzes darstellt. Hier handelt es sich jedoch nicht um Eigenschaften, die von dem geringeren zum besseren Typ zunehmen, sondern um Eigenschaften, die für jeden Waldtyp im einzelnen charakteristisch sind. Denken wir uns z. B., dass wir auf Grund von Messungen das Charakteristikum $\sqrt{\frac{\pi d^2}{4a}}$ berechnet und die Druckfestigkeit des Holzes bestimmt haben, so können wir aus diesen Zahlen mit ziemlich grosser Sicherheit schliessen, auf welchem Typ der Baum gefällt worden ist. Dies setzt natürlich voraus, dass wir wissen, aus welcher Gegend der Baum herührt.

Wenn wir andererseits wissen, auf welchem Typ der Baum zu Hause ist, und das Charakteristikum $\sqrt{\frac{\pi d^2}{4a}}$ kennen, so können wir danach schliessen, dass demselben Charakteristikum auf dem MT eine grössere Druckfestigkeit als auf dem OMT entspricht.

Gilt es also, die Frage zu beantworten, ob die Jahrringbreite für die Druckfestigkeit des Holzes von Bedeutung ist, so können wir sagen, dass sie wenigstens in dem Fall zu bejahen ist, dass ein breiterer oder schmalerer Jahrring das Merkmal eines besseren oder geringeren Waldtyps ist. So verhält es sich ja keineswegs immer. In einem Brett oder einem Balken, die in der Nähe des Markes herausgesägt sind, sind die Jahrringe breiter als in denen aus den Splintholzpartien. In einer weiter oben entnommenen Scheibe sind die Jahrringe öfters breiter als in einer weiter unten herausgesägten, bei einem im Schatten erwachsenen Baum hinwieder

schmäler als bei einem beherrschenden usw. In allen diesen eben aufgezählten und damit vergleichbaren Fällen kann die Jahrringbreite also nicht als ein sicherer Qualitätsmassstab des Holzes angesehen werden.

Hieraus geht auch hervor, dass bei der Beurteilung der Qualität des Holzes auf Grund der Jahrringbreite in der Praxis oftmals Irrtümer begangen werden und dass eine solche Beurteilung vor allem eine genaue Kenntnis des Waldtyps, d. h. des Ursprungs des Holzrohmaterials voraussetzt, weshalb die Jahrringbreite mithin nur in dem Fall als Charakteristikum der Eigenschaften des Holzes Anwendung finden kann, dass der Standort des Baumes und sogar die Stelle des Schnittes an demselben, wenn irgend möglich genau bekannt sind.

B. Der Prozentsatz des Herbstholzes als Massstab der Druckfestigkeit und der Bonität*

Schon SCHWAPPACH hat konstatiert, dass die Druckfestigkeit von dem Prozentsatz des Herbstholzes abhängig ist. Er hat zu diesem Zweck 10 Stämme untersucht, wobei er die Probestücke in Brusthöhe und in 8—9 m Höhe entnahm. Die untersuchte Holzart war die Kiefer. Das Ergebnis seiner Untersuchungen war folgende Reihe:

Ein durchschnittlicher Pro-				
zentsatz an Sommerholz .	unter 30 %	31—35 %	36—40 %	über 40 %
entspricht einer Druckfestig-				
keit von kg/cm ²	408	456	514	561

SCHWAPPACH zieht hieraus den Schluss: »Es zeigt sich demnach eine stetige und sehr erhebliche Zunahme an Druckfestigkeit mit dem steigenden Prozentsatz, welchen das Sommerholz¹ von der gesamten Jahrringbreite ausmacht.«

An JANKAS Untersuchungen über die Eigenschaften der Fichten von Nordtirol, des Erzgebirges und des Wienerwalds schliessen sich Tabellen an, in denen aus 9 Probestämmen entnommene Probestücke in folgender Weise vereinigt sind:

Gruppe I Querschnittsflächen von Fichtenhölzern gleichen spezifischen Trockengewichtes (im Mittel 37.3) bei verschiedener Jahrringbreite.

¹ Sommerholz = Herbstholz.

- Gruppe II D:o von Fichtenhölzern mit gleicher Jahrringbreite und verschiedenem spezifischem Trockengewichte und
 Gruppe III D:o mit verschiedenem spezifischem Trockengewichte bei verschiedener Jahrringbreite.

In diesen Tabellen ist auch der Anteil des Herbstholzes an der gesamten Querfläche in Prozenten sowie die Druckfestigkeit normallufttrocken erwähnt.

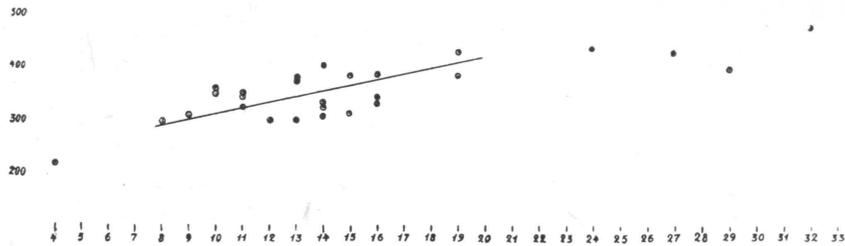


Fig. 17.

Betrachtet man die auf Grund der Zahlen JANKAS gezeichnete Kurve, so sieht man deutlich, dass die Druckfestigkeit linear mit dem Steigen des Herbstholzprozentos zunimmt, obwohl es möglich sein kann, dass sie mit der Zunahme des Sommerholzprozentos ungefähr über 20—30 zu sinken beginnt. Auch die Untersuchungen JANKAS dürften zeigen, dass die Druckfestigkeit des Holzes zunimmt, wenn der Prozentsatz des Herbstholzes steigt. (Fig. 17.)

Sowohl die von SCHWAPPACH als die von JANKA studierten Stämme rühren nicht von dem gleichen Waldtyp her. Die letzteren sind ausserdem aus fast verschiedenen Wachstumsgebieten entnommen. Unter diesen Umständen ist es klar, dass durch sie nur annähernd die Frage aufgehellt werden konnte, ob die Druckfestigkeit vom Prozentsatz des Herbstholzes abhängig ist oder nicht. JANKA ist bei seinen Schlussfolgerungen recht vorsichtig. Er äussert u. a.:

»Dass beim Fichtenholze neben der Ringbreite und dem Spätholzprozent doch noch ein anderer Faktor wirksam sein müsse, der das spezifische Gewicht und die Druckfestigkeit beeinflusst; dieser Faktor dürfte höchst wahrscheinlich im anatomischen Baue der Elementarorgane zu suchen sein.»

In dem Material der Schwedischen Ingeniörsvetenskapsakademi liegen keine den Herbstholzprozentos entsprechenden Druckfestigkeitszahlen vor, die man bei der Untersuchung der uns hier interessierenden Frage verwenden könnte. Dagegen finden sich darin solche Zahlen für die Bie-

gungsfestigkeit, und da die Biegungsfestigkeit, soviel fast alle bisherigen Festigkeitsprüfungen zeigen, der Druckfestigkeit proportional ist, kann diese Frage vielleicht auch auf Grund der Biegungsfestigkeitsuntersuchungen einigermaßen aufgeklärt werden. Dabei ist jedoch zu beachten, was oben auf Seite 52 über die Berechnungsweise des Herbstholzprozentos bei der Schwedischen Ingeniörsvetenskapsakademi angeführt worden ist.

Im folgenden ist das Material (Planken) der Ingeniörsvetenskapsakademi behandelt, doch so, dass die Planken, deren Feuchtigkeitsgehalt über 20 % war, nicht berücksichtigt sind. Auch dieses Material rührt, wie die Stämme JANKAS und SCHWAPPACHS, von verschiedenen Typen her.

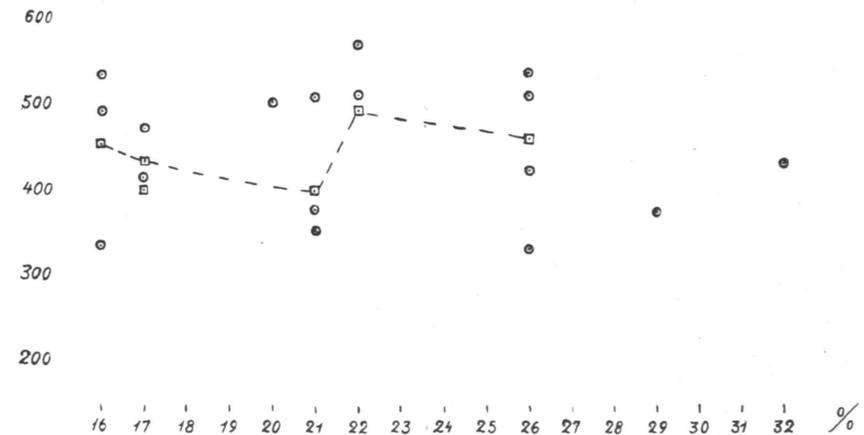


Fig. 18.

Wie man aus den Diagrammen Fig. 18 sieht, zerstreuen sich die Punkte in dem Koordinatensystem so stark, dass es unmöglich ist, nach ihnen eine Kurve zu zeichnen. Berechnet man die gewogenen Mittelwerte, so findet man folgende Zahlen:

$$y_{16} = \frac{500 + 342 + 546}{3} = 461$$

$$y_{17} = \frac{445 + 480 + 422 + 40}{4} = 414$$

$$y_{21} = \frac{519 + 385 + 364}{3} = 417$$

$$y_{22} = \frac{522 + 581 + 504}{3} = 502$$

$$y_{26} = \frac{435 + 521 + 342 + 297}{4} = 448.$$

Diese Punkte sind durch Quadrate (\square) bezeichnet. Die sie verbindende gebrochene Linie ist auch recht unregelmässig. Dass es sich so verhält, beruht entschieden darauf, dass das Untersuchungsmaterial von verschiedenen Waldtypen und sogar aus verschiedenen Teilen des Landes gestammt hat. Irgendwelche sicheren Schlüsse lassen sich also betreffs der vorliegenden Frage aus dem Material der Schwedischen Ingeniörsvetenskapsakademi nicht ziehen. Immerhin stellt man aber fest, dass das Herbstholzprozent bei den Stämmen bedeutend niedriger als z. B. bei den von SCHWAPPACH untersuchten Kiefern gewesen ist und hauptsächlich zwischen 16 und 26 % geschwankt hat. Ausserdem scheint es, dass die Biegezugfestigkeit beim Schwanken des Herbstholzprozents nicht besonders stark variiert, denn wenn wir die verschiedenen hohen Prozente durchmustern, finden wir bei diesen in dem Koordinatensystem sowohl grosse als geringe Biegezugfestigkeiten.

Oben ist darum so genau auf die Untersuchungen SCHWAPPACHS, JANKAS und der Schwedischen Ingeniörsvetenskapsakademi eingegangen worden, weil der Verfasser auch in der Lage gewesen ist, ihre Materialien zu prüfen. Auf Grund des Ausgeführten kann man sagen, dass die Druckfestigkeit wenigstens nach den Untersuchungen SCHWAPPACHS von dem Herbstholzprozent der Jahrringe abhängig ist. Zu ähnlichen Ergebnissen sind später auch BAUSCHINGER und SCHWARZ gekommen. LIESE hält denn auch bei seinen Studien über die mechanisch-technischen Eigenschaften der archangelschen Kiefer das Herbstholzprozent des Jahrringes für ein Charakteristikum der Druckfestigkeit und Qualität des Holzes. Aus seinen Untersuchungen geht hervor, dass das Herbstholzprozent in einem feinen, d. h. schmalen Jahrring durchaus nicht höher zu sein braucht als bei Holz, dessen Jahrringe breit sind. Seine Untersuchungen zeigen auch, dass die Herbstholzprozente des archangelschen Holzes niedriger als die der deutschen, polnischen und finnischen Kiefer sind. Entsprechend war auch das spezifische Gewicht der archangelschen Kiefer geringer als das der deutschen und finnischen.

Um diese Frage aufzuklären, hat der Verfasser einige Probestücke der nordfinnischen Kiefer untersucht. Sämtliche in Rede stehenden Stücke waren in der Sägemühle Veitsiluoto gesägt und stammten mithin aus der Gegend nördlich von Kemi. Ihre Herkunft ist nicht genauer bekannt, aber soviel der Verfasser auf Grund seiner sechsjährigen Kenntnis Nordfinlands für wahrscheinlich halten darf, rühren die Stücke jedenfalls von produktivem Boden und zwar mit grösster Wahrscheinlichkeit vom EMT her.

Das Herbstholzprozent und die Druckfestigkeit der Stücke, ihr spezifisches Gewicht usw. werden durch die folgende Tabelle verdeutlicht:

Nummer des Probestücks	Herbstholzprozent	Druckfestigkeit kg/cm ²	Feuchtigkeitsgehalt %	Absolutes Trockengewicht	Jahrringklasse
1 a	19.4	475	9.5	0.52	3)
b	20.1	475	9.4	0.52	2)
2 a	16.1	338	9.6	0.40	1)
b	15.2	336	9.6	0.41	1)
3 a	17.1	389	9.5	0.41	1)
b	17.0	391	9.7	0.41	2)
4 a	18.2	442	9.7	0.47	2)
b	17.6	444	9.8	0.49	2)
5 a	21.8	576	9.5	0.56	3)
b	22.3	578	9.4	0.55	3)
6 a	16.4	400	11.0	0.52	1)
b	16.2	410	8.3	0.46	2)
7 a	18.1	429	7.3	0.61	2)
b	17.9	433	10.5	0.61	2)
8 a	19.3	476	8.4	0.49	3)
b	19.5	480	8.8	0.49	3)

Aus der Tabelle wird ersichtlich, dass die Herbstholzprozente recht niedrig sind. Man kann von ihnen sagen, dass sie im allgemeinen noch niedriger als die Prozentsätze sind, die LIESE für das archangelsche Holz berechnet hat. Übrigens geht aus den Mikrophotogrammen hervor, dass das Herbstholz, unter dem Mikroskop untersucht, in einigen Fällen fast ganz zu fehlen scheint oder dass wenigstens die Grenze zwischen Herbst- und Frühjahrsholz ausserordentlich undeutlich wird. Eine deutliche Grenze des Herbstholzes sieht man z. B. in Fig. 19, während sie in Fig. 20, 21 und 22 diffuser ist. In der Tat ist die Bestimmung des Herbstholzprozents auf Grund der Mikrophotogramme nicht besonders sicher, weil es von optischen Momenten abhängt, wie breit der Jahrring erscheint. Dies ist namentlich dann der Fall, wenn man Jahrringe verfolgt, die bei starker Vergrösserung ungefähr normalbreit sind. Bei der Untersuchung der Beschaffenheit des Jahrringes hat der Verfasser drei Typen unterschieden, und zwar:

1) Jahrringe, bei denen der Unterschied zwischen Herbst- und Frühjahrsholz sehr undeutlich ist. In der Stärke der Zellwände besteht in Wirk-

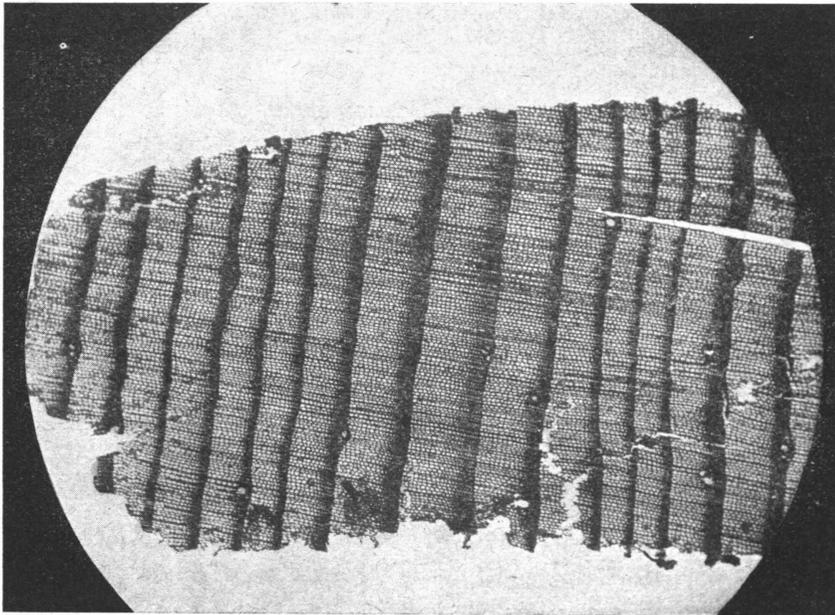


Fig. 19.

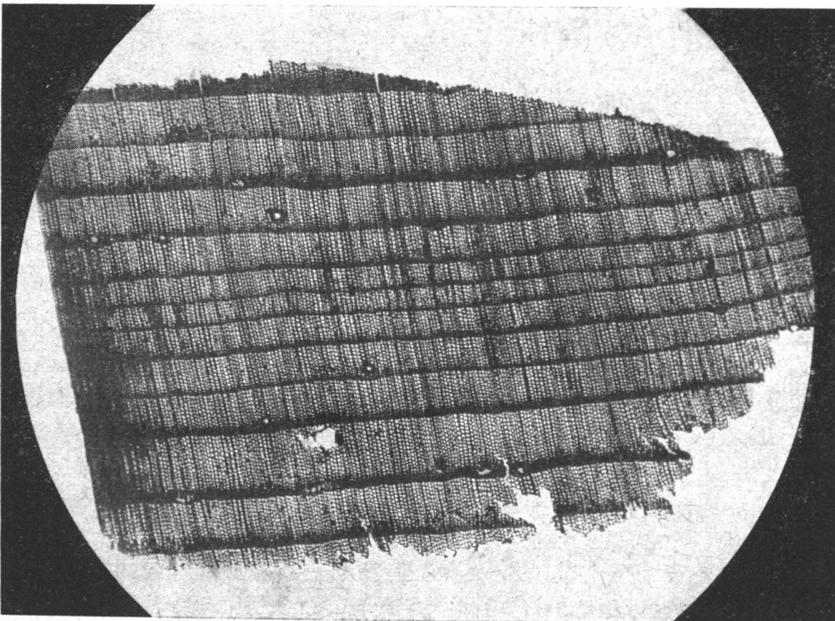


Fig. 20.

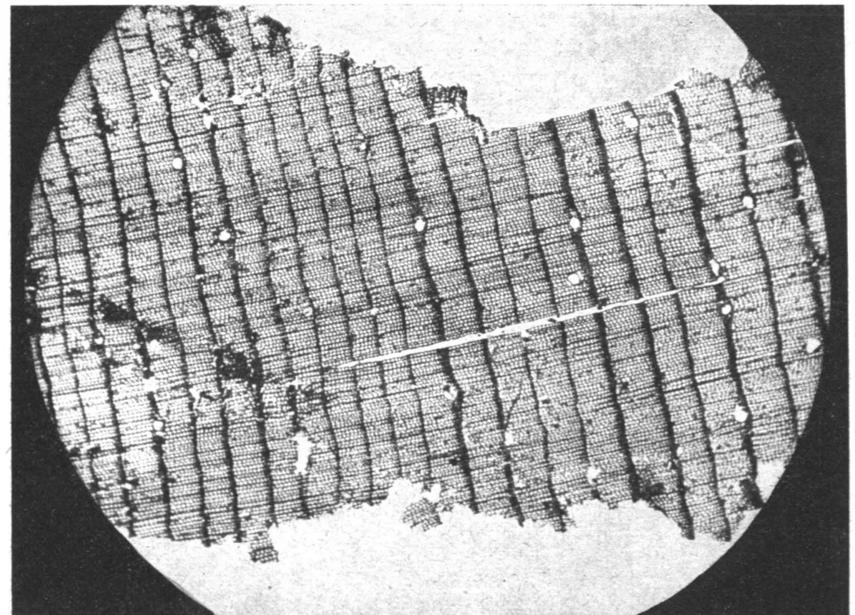


Fig. 21.

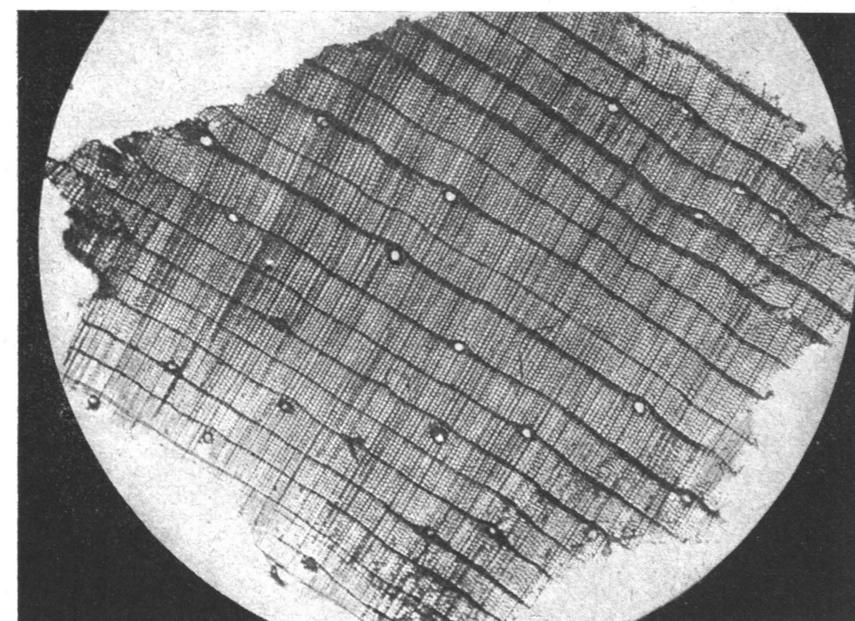


Fig. 22.

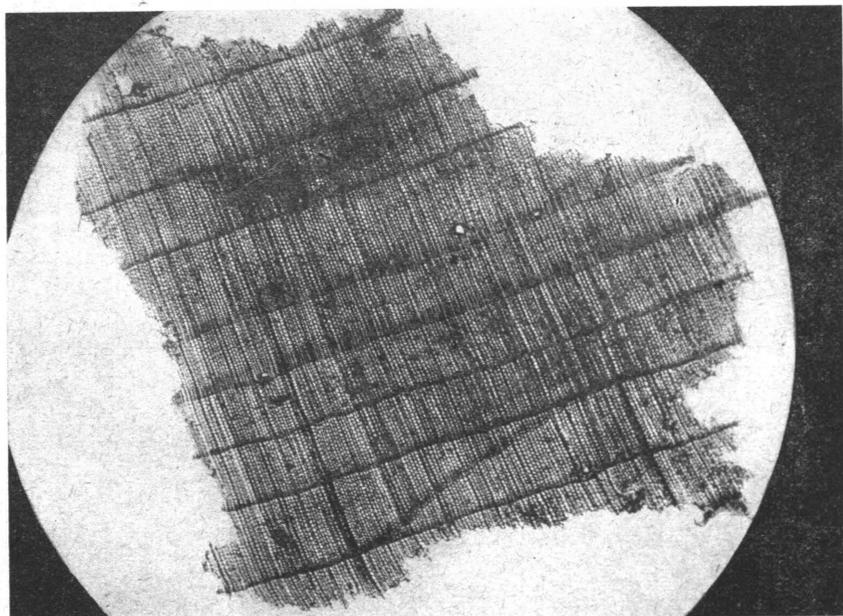


Fig. 23.

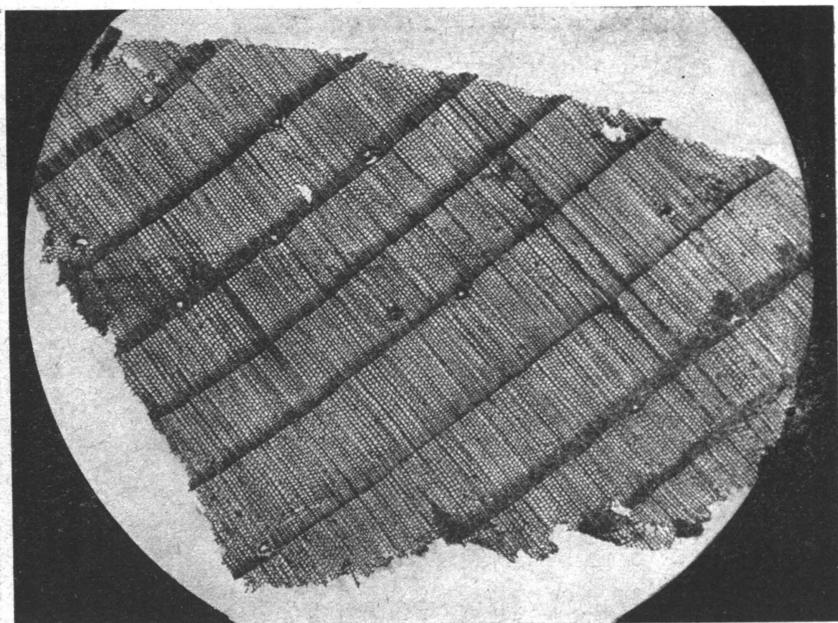


Fig. 24.

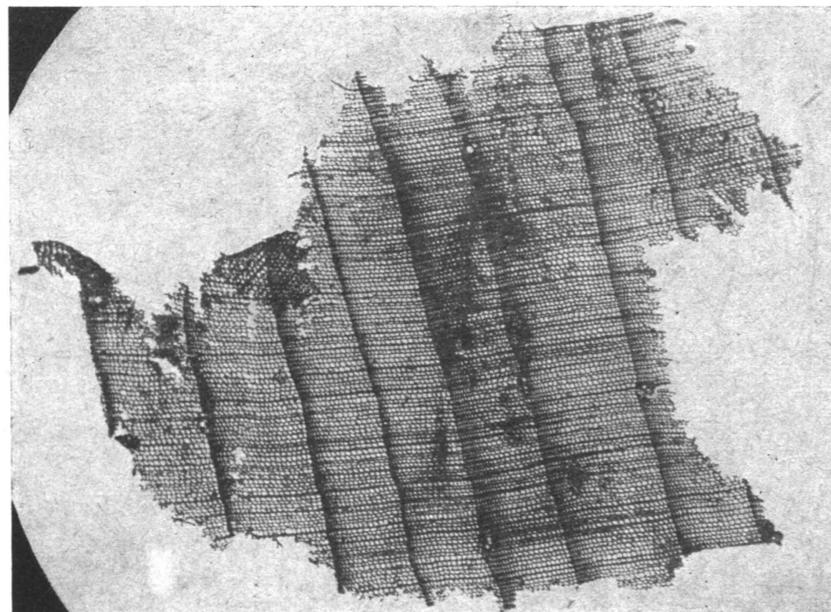


Fig. 25.

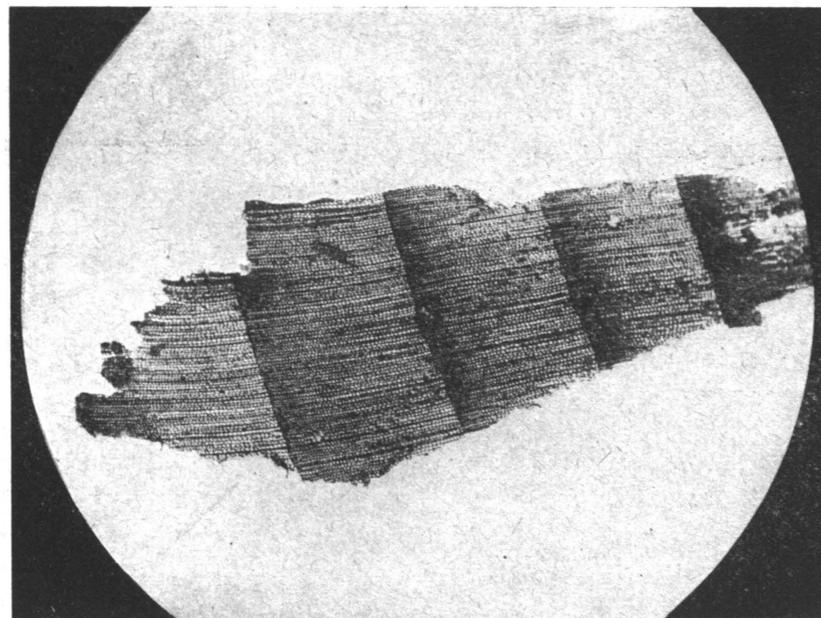


Fig. 26.

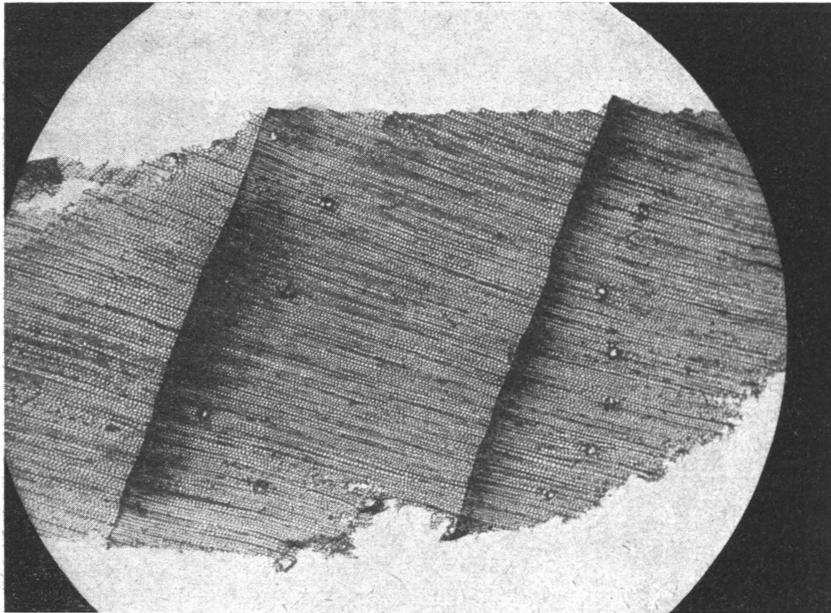


Fig. 27.

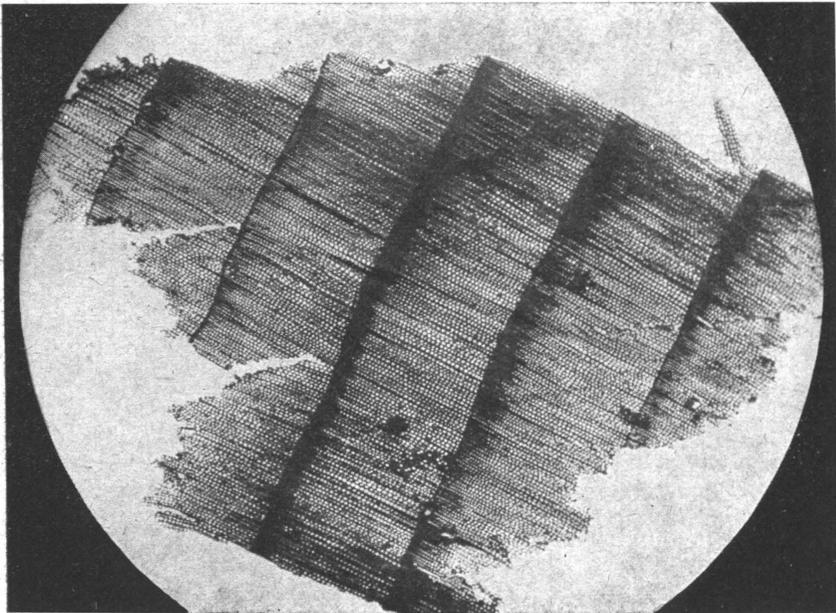


Fig. 28.

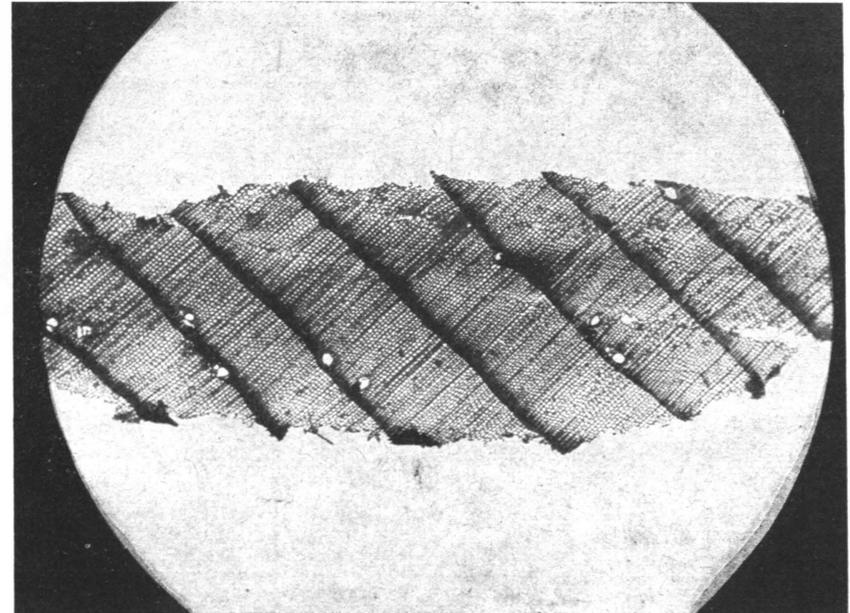


Fig. 29.

lichkeit kein erwähnenswerter Unterschied, sondern dass man die Jahrringe auseinanderhalten kann, beruht hauptsächlich auf den Dimensionen der Zellen. Typische Jahrringe dieser Art sind in Fig. 23, 24, 25 und 26 wiedergegeben.

2) Der Herbst- und der Frühjahrsholzteil des Jahrringes lassen sich deutlich voneinander unterscheiden, aber die Breite des Herbstholzrings ist sehr ungleichmässig. Der Herbstholzring ist an den einen Stellen sehr breit, an anderen ganz schmal, so dass er bei okularer Besichtigung oder bei schwacher Vergrößerung wie unterbrochen aussieht. Der Unterschied zwischen Herbst- und Frühjahrsholz beruht sowohl auf der verschiedenen Grösse der Zellräume als auf der verschiedenen Dicke der Zellwände. Dieser Typus wird durch Fig. 27, 28 und 29 veranschaulicht.

3) Die Jahrringe, bei denen der Unterschied zwischen Herbst- und Frühjahrsholz scharf und deutlich ist. Derselbe beruht ausser auf den verschiedenen Dimensionen der Zellen auch darauf, dass die Wände der Herbstholzzellen ganz erheblich dicker als die Zellen des Frühjahrsholzes sind. Der Jahrring ist dabei auch in dem Falle deutlich zu unterscheiden, dass er schmal ist. Diese Eigentümlichkeit bewahrt der Jahrring auch bei

starker Vergrößerung, und es ist auch zu bemerken, dass optische Umstände, wie z. B. das verschiedenartige Einfallen des Lichtes in das Mikroskop, nicht nennenswert auf die Sache einwirkten. Das Gesagte wird am besten aus den Fig. 30, 31, 32, 33 und 34 ersichtlich.

Die vorstehenden Klassen sind in der Tabelle je mit ihrer Ordnungszahl bezeichnet, und wie man nach der Tabelle konstatieren kann, ist im allgemeinen das Holz der Klasse 3) unter gleichen Bedingungen bedeutend fester als das der Klassen 1) und 2). Die oben berührten Mikrophotogramme sind von Stämmen aufgenommen, die in der staatlichen Sägemühle Veitsiluoto und in der Schaumanschen Sägemühle zu Pietarsaari geschnitten worden sind. Diese Bilder, die man als Stichproben betrachten kann, zeigen dass der Herbstholzgehalt der nordfinnischen Kiefer im allgemeinen niedrig und geringer als der der mittelfinnischen Kiefer ist.

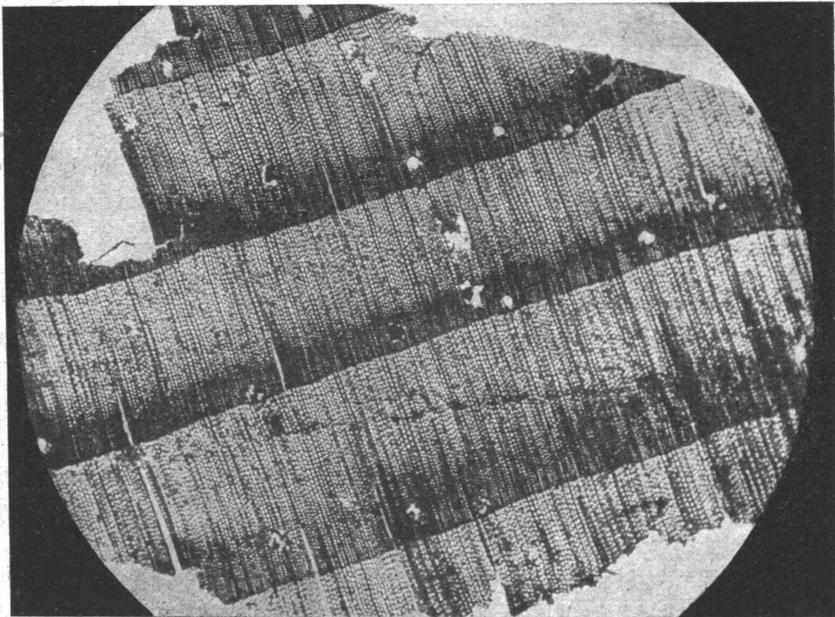


Fig. 30.

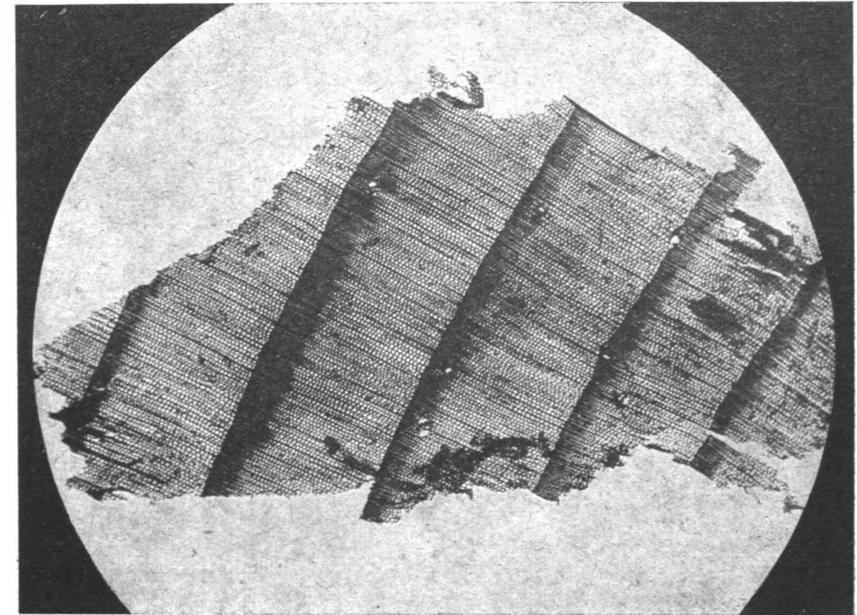


Fig. 31.

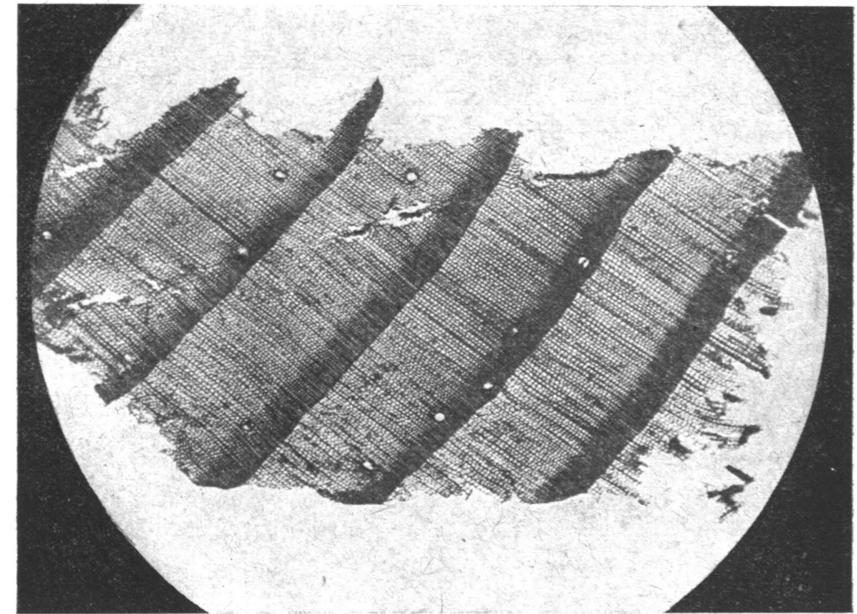


Fig. 32.

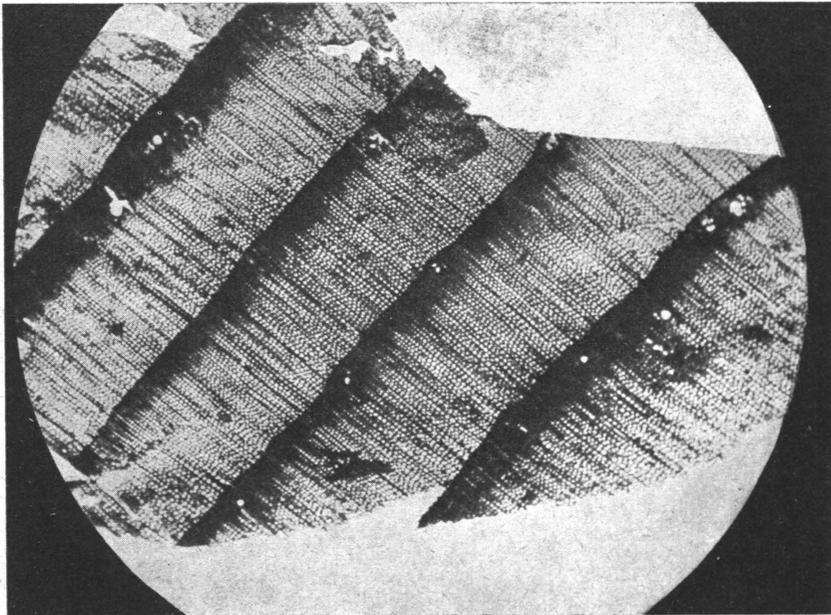


Fig. 33.

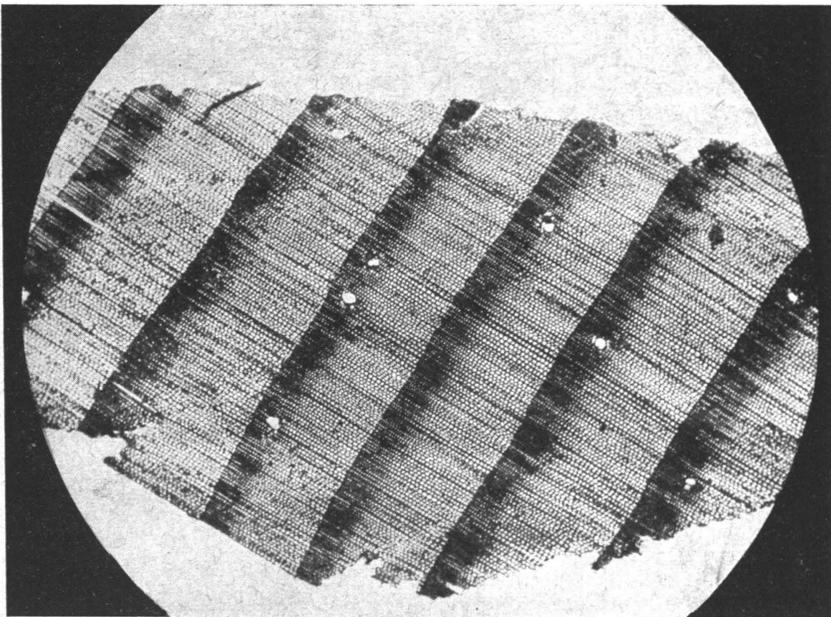


Fig. 34.

Die Tabellen IV, V und VI zeigen die Druckfestigkeiten derselben Probestämme wie die obigen Tabellen I, II und III nach Herbstholzprozenten und Kernholzprozenten. Auf Grund dieser Tabellen sind die graphischen Darstellungen Fig. 35, 36 und 37 gezeichnet.

Tabelle IV (OMT).

Nummer des Stammes	D 1.3 mit Rinde	D 1.3 ohne Rinde	Kernholz G %	Herbstholz %	Druckfestigkeit kg/cm ²
1	27.8	26.0	22.7	15.0	345
2	32.0	31.0	22.8	16.1	382
3	32.2	30.0	11.5	15.0	374
4	23.2	21.2	25.0	16.9	391
5	27.0	26.2	26.2	14.5	343
6	32.2	30.4	14.1	14.7	363
7	28.0	26.4	22.8	15.8	384
8	28.0	26.5	20.3	19.2	389
9	26.2	24.7	16.4	13.8	355
10	32.0	31.2	15.3	13.4	377
11	22.2	20.2	19.0	10.4	332
12	27.0	25.6	26.8	15.7	406
13	35.0	32.6	19.0	18.2	417
14	27.0	25.0	11.8	16.2	385
15	33.4	31.6	20.2	15.9	340
16	38.0	35.6	21.7	19.2	428
17	37.4	35.4	25.8	16.8	411
18	31.2	29.4	25.3	15.4	393
19	33.4	31.4	27.3	14.9	359
20	33.4	32.0	23.8	18.4	371
Durchschnitt				15.7	377.25

Tabelle V (MT).

Nummer des Stammes	D 1.3 mit Rinde	D 1.3 ohne Rinde	Kernholz G %	Herbstholz %	Druckfestigkeit kg/cm ²
1	26.3	24.1	18.6	12.5	386
2	33.7	31.8	18.3	20.2	459
3	33.4	31.6	20.8	10.4	385
4	36.0	34.0	24.4	20.6	447
5	26.0	24.4	24.2	20.2	456
6	29.0	27.2	15.8	15.3	404
7	26.0	24.3	25.2	21.2	447
8	33.6	31.8	23.2	19.2	463
9	34.0	32.8	30.1	16.4	431
10	38.4	35.4	41.5	25.1	533
11	38.4	36.4	25.4	17.7	422
12	36.0	34.3	41.9	21.2	465
13	34.4	32.6	22.3	30.1	540
14	23.8	25.4	10.7	24.1	521
15	24.0	22.9	19.1	19.4	467
16	36.4	34.4	16.6	18.7	449
17	26.1	24.4	24.6	15.6	429
18	23.2	21.4	24.5	31.1	538
19	24.0	22.8	15.6	24.3	501
20	23.5	22.3	17.4	19.5	467
21	23.1	21.4	20.1	17.6	443
22	24.0	22.2	19.1	18.8	465
23	33.1	31.7	20.1	16.4	451
Durchschnitt				19.8	459.5

Tabelle VI (VT).

Nummer des Stammes	D 1.3 mit Rinde	D 1.3 ohne Rinde	Kernholz G %	Herbstholz %	Druckfestigkeit kg/cm ²
1	23.2	21.4	24.5	18.1	442
2	20.4	18.4	16.2	26.1	494
3	22.2	21.0	20.1	18.4	426
4	26.0	24.8	41.8	10.4	421
5	22.6	20.8	25.0	17.4	440
6	25.2	23.9	39.4	20.1	477
7	24.0	22.6	14.5	17.3	454
8	26.0	24.9	42.9	20.0	485
9	28.2	26.9	44.7	18.8	477
10	21.2	20.7	24.7	16.5	442
11	25.4	23.4	19.7	17.1	488
12	20.9	18.9	17.0	16.3	393
13	22.3	21.1	20.3	19.0	428
14	24.0	23.2	28.6	15.4	403
15	24.1	22.7	45.4	16.6	459
16	22.3	21.1	21.1	16.3	384
17	25.2	23.9	37.3	12.4	415
18	21.0	20.6	24.5	7.2	401
19	27.0	24.8	43.7	19.1	445
20	20.2	27.8	46.8	15.7	439
21	22.0	20.8	20.4	18.3	472
22	31.2	28.6	49.4	17.8	426
23	21.3	20.5	21.9	16.8	410
24	23.2	21.4	24.5	17.0	391
25	20.8	18.8	15.9	16.2	473
Durchschnitt				16.9	439.4

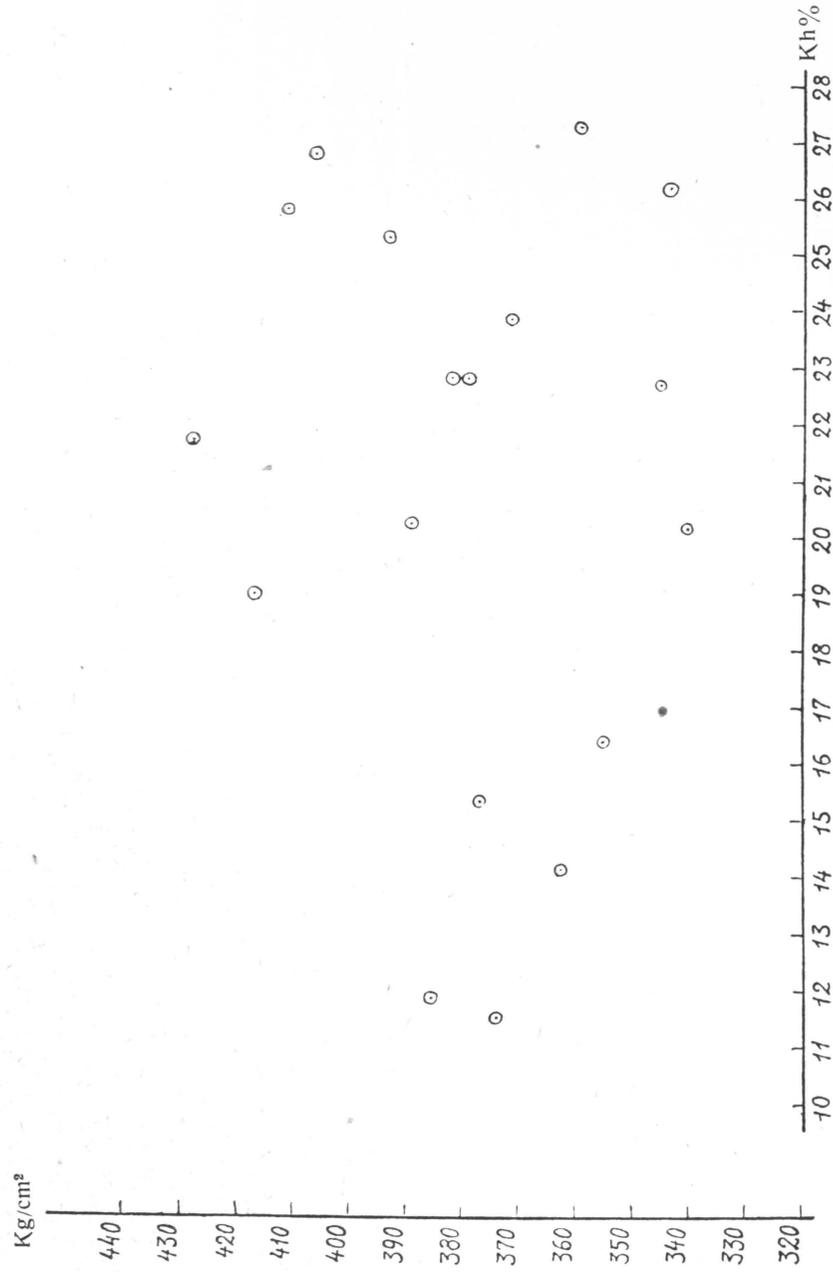


Fig. 35.

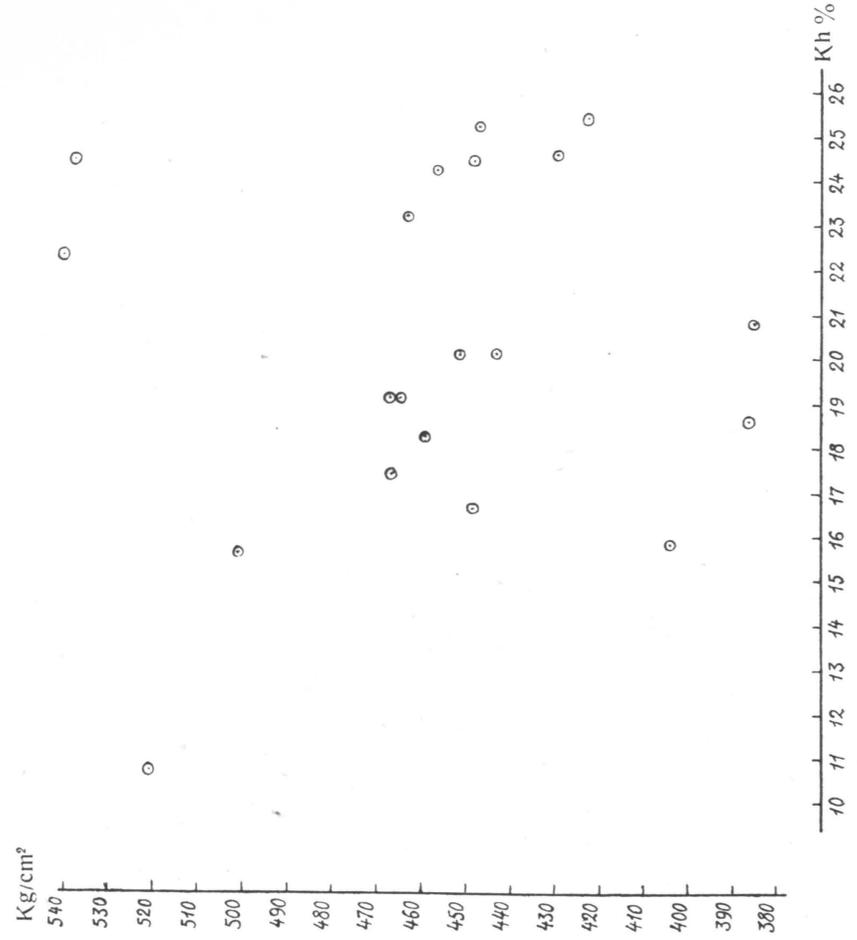


Fig. 36.

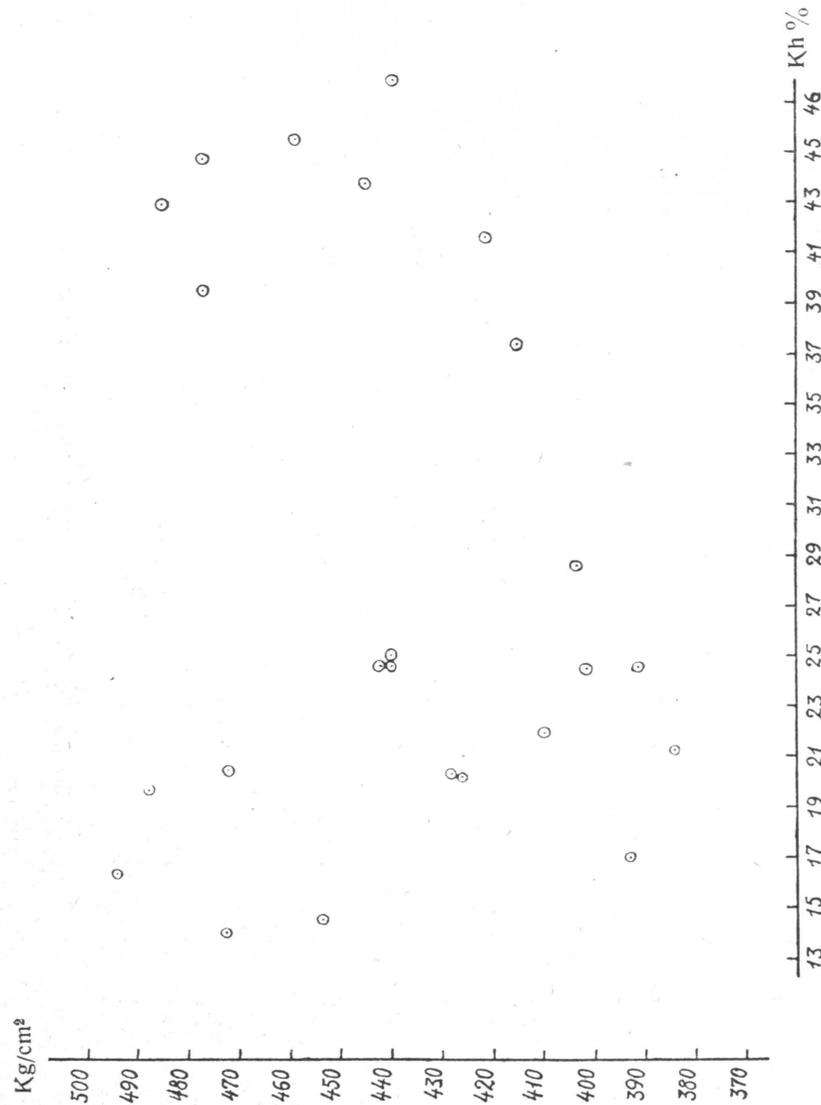


Fig. 37.

Wie man daraus ersieht, ist die Druckfestigkeit nicht direkt proportional dem Kernholzprozent, und es besteht zwischen beiden nicht einmal eine positive Korrelation, obwohl man leicht annehmen könnte, dass hier entweder eine positive oder eine negative Korrelation vorhanden sein müsste, weil höherer Kernholzgehalt im allgemeinen grösseren Harzgehalt bedeutet.

Was das Herbstholzprozent betrifft, sind seine durchschnittlichen Werte auf den verschiedenen Waldtypen folgende:

OMT	Herbstholzprozent	15.7
MT	»	19.8
VT	»	16.9

Dies dürfte beweisen, dass verschiedene Waldtypen ein deutlich verschiedenes Herbstholzprozent haben. Dasselbe lassen auch die graphischen Darstellungen Fig. 38, 39 und 40 erkennen, welche die Herbstholzprocente und Druckfestigkeiten auf den verschiedenen Waldtypen wiedergeben. Was die Beziehungen zwischen dem Herbstholzprozent und der Festigkeit angeht, sieht man aus den graphischen Darstellungen Fig. 38, 39 und 40 deutlich, dass auf den einzelnen Waldtypen einem höheren Herbstholzprozent eine grössere Festigkeit entspricht. Nehmen wir dagegen die auf verschiedenen Waldtypen gewachsenen Stämme in dieselbe graphische Darstellung, so finden wir, dass demselben Herbstholzprozent ganz verschiedene Druckfestigkeiten entsprechen können. Hieraus ist zu entnehmen, von welcher Wichtigkeit auch in dieser Hinsicht die Kenntnis der Herkunft des Baumes ist. Auch wird hierdurch klar, weshalb man z. B., wenn man das in Rede stehende Verhalten auf Grund des Materials der Schwedischen Ingeniörsvetenskapsakademi untersucht, zu einem negativen Resultat gelangt. Das andererseits z. B. BAUSCHINGER, SCHWAPPACH und SCHWARZ beim Studium dieser Frage zu einem positiven Ergebnis gekommen sind, erklärt sich vielleicht daraus, dass sie bei ihrem Vergleich gleichwertiges Material anzuwenden verstanden haben.

Was alle oben angeführten Festigkeitszahlen im übrigen anlangt, sind sie im allgemeinen nicht so hoch wie die Zahlen der Schwedischen Ingeniörsvetenskapsakademi für normale Probekörper, mit denen man sie am nächsten vergleichen dürfte. Es ist jedoch zu bemerken, dass der Verfasser, wie oben auf Seite 72 auseinandergesetzt, Probekörper angewandt hat, deren Querschnittfläche kleiner als die von der Schwedischen Ingeniörsvetenskapsakademi gebrauchte ist. Die Probekörper bestanden, wie aus dem

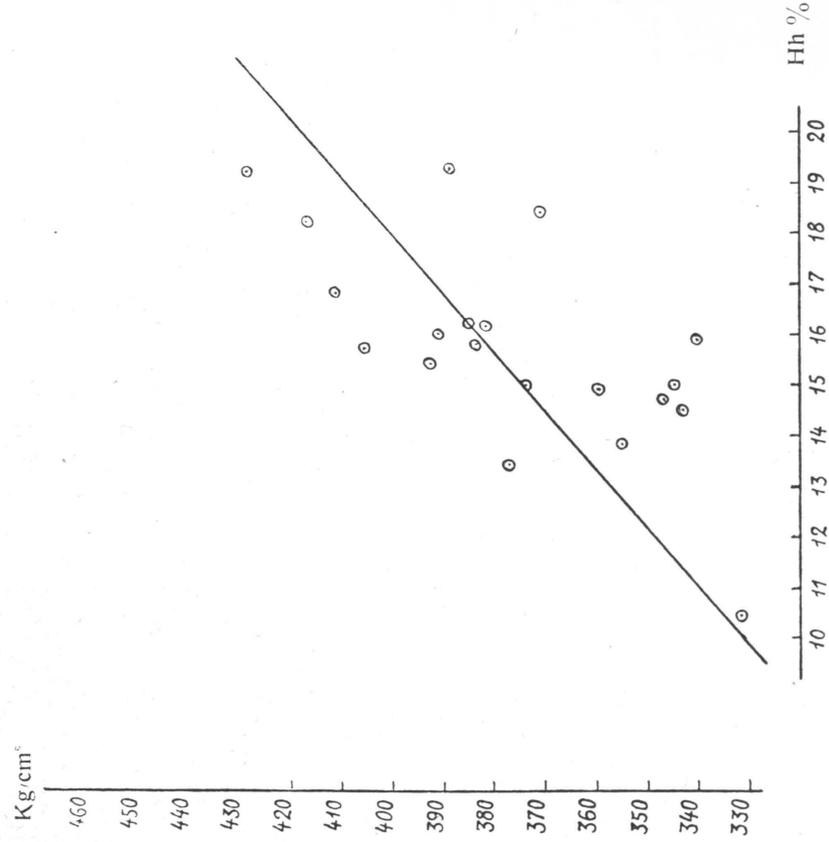


Fig. 38.

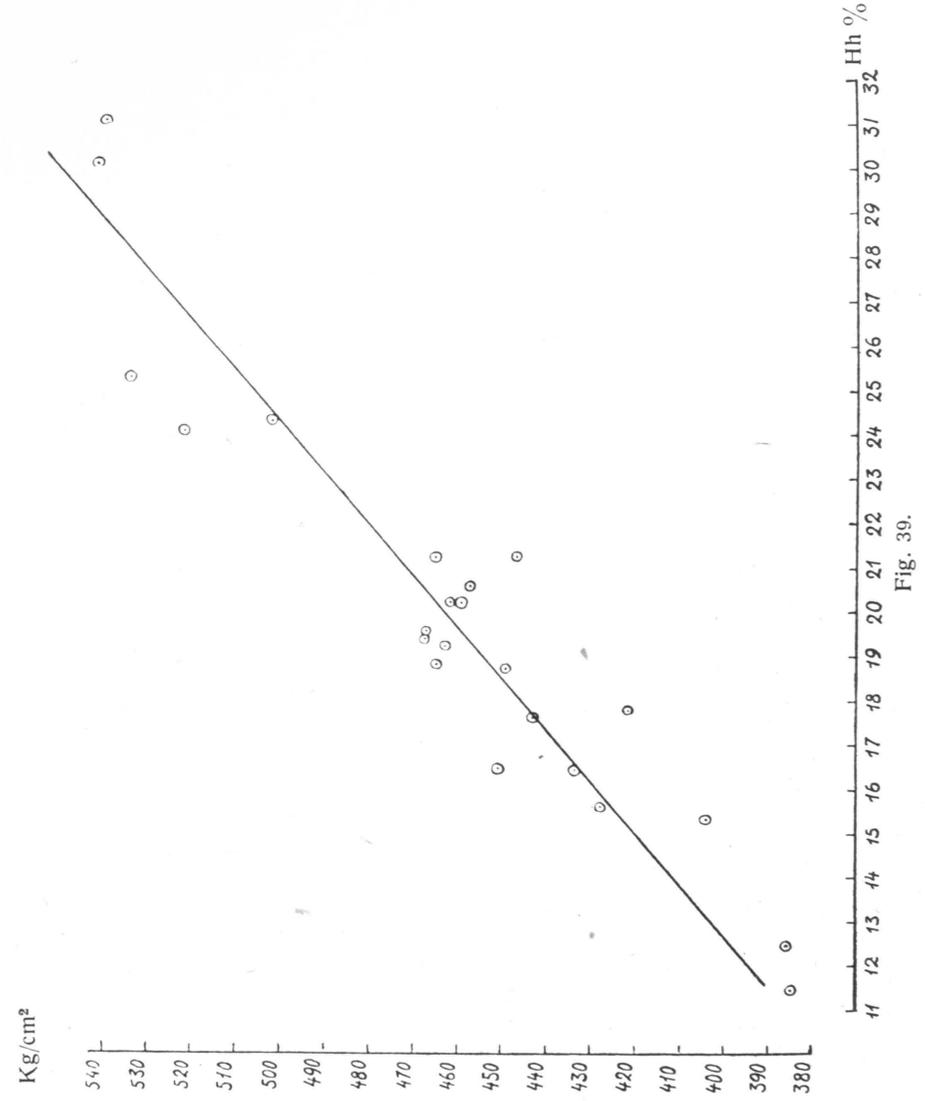


Fig. 39.

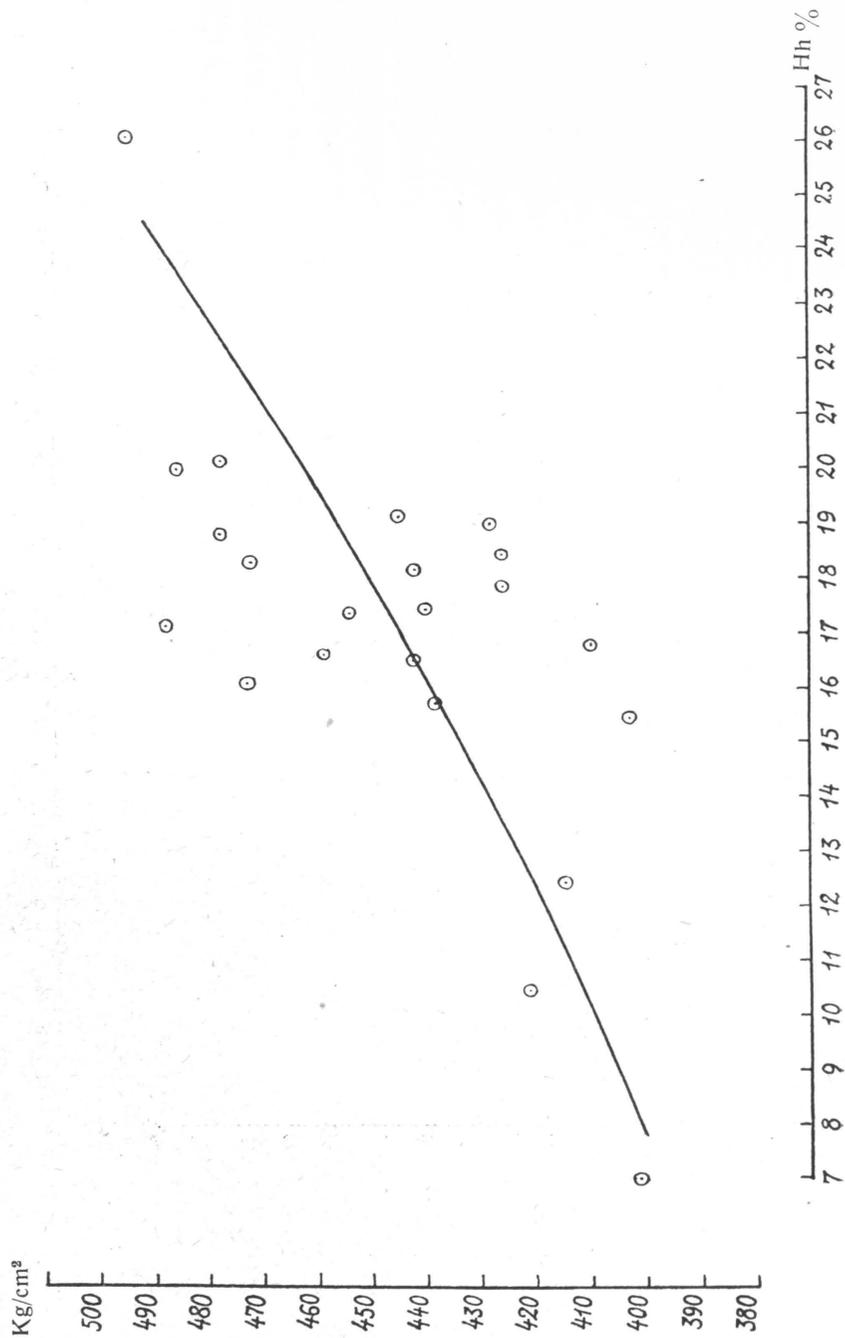


Fig 40.

Obigen hervorgeht, ausschliesslich aus Kernholz und aus fehlerfreiem Holz. Indes gibt es beim Trocknen auf einen niedrigeren Trockenheitsgrad als 15 % H₂O im allgemeinen kein so fehlerfreies Holz, dass es nicht kleine Risse enthielte, die nicht mit blossem Auge zu erkennen sind. Erst wenn das Holz absolut getrocknet ist, werden diese Risse sichtbar, und dann kann man feststellen, dass zwei anscheinend ganz gleiche Probestücke auf verschiedene Weise gerissen sind. Je kleiner das Probestück ist, desto grösser ist die Wirkung eines solchen, eigentlich am nächsten an einen primären Riss erinnernden Risses auf die Festigkeit des Holzes, und er ist natürlich desto grösser, je kürzer das Probestück ist.

Aus diesem Grunde haben solche zahlreichen und zerstreuten Risse gewiss die Druckfestigkeit des Holzes herabgesetzt und ist ihre Wirkung dann grösser gewesen, wenn die Probestücke kleiner waren. Dagegen kann man nicht behaupten, dass die mit solchen kleinen Probestücken ausexperimentierten Zahlen nicht die wirklichen Eigenschaften des Holzes angäben und untereinander proportional wären. Ihre Bedeutung ist auch da gross, wo kleine Konstruktionskörper zur Anwendung kommen, wie in der Flugzeugindustrie.

Ferner kann erwähnt werden, dass die Querschnittflächen bei einem Druckfestigkeitskörper genau senkrecht zur Längskante gehen müssen. Je kleiner die Grundfläche des Probestückes ist, desto grösser ist die Möglichkeit, dass in dieser Hinsicht bei der Formung des Probestückes ein Fehler gemacht wird, denn z. B. mit Hilfe eines Winkelmasses ist dann der Fehler schwerer festzustellen. Andererseits hat der Umstand, dass die Grundfläche nicht senkrecht zur Längskante steht, zur Folge, dass der Druck nicht parallel mit der Längsrichtung der Holzfasern wird. Auch dies wirkt einigermaßen vermindern auf die Druckfestigkeit ein, und zwar ist die Wirkung um so grösser, je kleiner die Grundfläche des Probestückes ist.

Die obigen, von der Grösse und Form der Probestücke verursachten Fehler haben bewirkt, dass die oben angeführten Festigkeitszahlen kleiner sind, als sie wären, wenn man z. B. Normalprobestücke mit Kanten von 5 cm Länge angewandt hätte. Ihre Vergleichbarkeit wird jedoch durch diese Umstände in keiner Weise beeinträchtigt.

Aus den Tabellen auf Seite 101-103 geht weiter hervor, dass die Druckfestigkeit war

auf dem OMT	377.25 kg cm ²
» » MT	459.5 »
» » VT	439.4 »

Wie aus den vorstehenden Zahlen ersichtlich wird, variiert die Druckfestigkeit je nach dem Waldtyp, aber z. B. nicht auf dieselbe Weise wie z. B. die Volumina der Bäume auf dem Hektar, sondern so, dass auf dem MT eine grössere Druckfestigkeit auftritt als sowohl auf dem VT wie auf dem OMT.

Es ist zu bemerken, dass die obigen Zahlen nur die Druckfestigkeit des Kernholzes angeben. Weshalb nur das Kernholz untersucht worden ist, wurde schon oben auf Seite 41 auseinandergesetzt. Ausserdem sei erwähnt, dass bei der Untersuchung des Kernholzes die Einwirkung der Ästigkeit nicht so gross sein wird wie bei der Untersuchung des Splintholzes, weshalb ein homogeneres Material erhalten worden ist.

Wenn man die obigen Zahlen als absolute Zahlen beurteilt, ist ferner zu beachten, dass sie gewissermassen die Druckfestigkeit jungen Holzes angeben. Auch dieser Umstand kann eine Erklärung dafür liefern, dass die Druckfestigkeitszahlen im allgemeinen so niedrig sind. So zeigen auch die Untersuchungen SCHWAPPACHS, dass die Druckfestigkeit bei älteren Stämmen grösser als bei jüngeren ist. Nach SCHWAPPACH ist die Druckfestigkeit des Holzes der untersten Stammteile bei den über 120 Jahre alten Stämmen etwa um 8—10 % höher als bei mittelalten Stämmen.

Dass ein höheres Herbstholzprozent im allgemeinen grössere Druckfestigkeit bedeutet, ist leicht zu erklären, wenn es sich um Bäume des gleichen Waldtyps und um solche aus ungefähr derselben Gegend handelt. Dabei bedeutet das steigende Herbstholzprozent Vermehrung der organischen Substanz innerhalb des gleichen Volumens. Es bedeutet das in diesem Fall darum, weil man annehmen darf, dass z. B. die Grösse der Zellen und die Anzahl der Jahrringe auf der Flächeneinheit in demselben Waldtyp und ungefähr demselben Wachstumsgebiet annähernd die gleichen sind. Hieraus erklärt sich auch, dass JANKA Stämme antreffen konnte, bei denen die Herbstholzprozentage gleich, aber die Druckfestigkeiten ganz verschieden waren.

Man hat im allgemeinen erklärt, dass der Bau des Holzes derart ist, dass seine oberflächlichen Teile am festesten sind, und wenn wir uns z. B. einen Baum denken, der in seinen inneren Teilen vollständig morsch ist, kann er Stürmen und Winden trotzen, solange sein Wurzelsystem lebensfähig ist und den Baum im Boden zu verankern imstande ist oder solange die umgebende gesunde Holzschicht selbst so dick ist, dass sie ihrer Festigkeit nach der mechanischen Wirkung des Windes und der anderen auf den Baum gerichteten äusseren Kräfte entspricht. Unter anderen hat ROBERT KAAAN studiert, welche Jahrringbreiten unter verschiedenen Bedingungen

in den verschiedenen Teilen der Querschnittfläche des Stammes am günstigsten sind. Eine solche Untersuchung ist von recht grosser Bedeutung, wenn es sich darum handelt, wie ein Bestand durchforstet werden muss, damit man möglichst feste Ware daraus erzielen kann. Diese Untersuchung zeigt im grossen, dass man im allgemeinen aus Wald, der in der Jugend schnell und im Alter langsamer wächst, im höchsten Grade festes Holz bekommt.

Zu beachten ist jedoch, dass KAAAN die Festigkeit des ganzen Stammes in Betracht gezogen hat, während ein Baum in der Praxis selten als Ganzes, häufiger aber zu Planken und Brettern verschiedener Dimensionen zersägt angewandt wird und dass er recht selten rund benutzt wird. Unter diesen Umständen werden da, wo grössere Probekörper und ihre Anwendung in Frage kommen, von dem Stück immer die Splintholzteile entweder abgesägt oder mit der Axt abgehauen, und so ist es für die Festigkeit des des ganzen anzuwendenden Stückes stellt. Man kann mithin sagen, dass die Festigkeit des Kernholzteils bei der Beurteilung der Qualität des Holzes im ganzen von entscheidender Wichtigkeit ist und dass also der Kernholzteil in dieser Hinsicht durchaus nicht bedeutungslos ist. Bemerkenswert ist auch, dass das Kernholz unter gleichen Bedingungen schwerer und seine Qualität infolgedessen höher ist als das Splintholz. Hiermit ist gemeint, dass das Kernholz, das ebenso breite Jahrringe und ein ebenso grosses Kernholzprozent besitzt wie irgendein Splintholzstück, schwerer und im allgemeinen fester ist als dieses.

Es ist auch zu bemerken, dass besonders aus Bäumen wie den unsrigen gesägte breitere und daher wertvollere Sägewarenqualitäten im allgemeinen ein höheres Prozent Kernholz als Splintholz enthalten, weil sie nahe bei dem Mark des Stammes gesägt werden und natürlicherweise schon deswegen ihre Qualität durch die Qualität des Kernholzes bestimmt wird. Aus diesem Grunde ist denn auch im folgenden die Qualität des Kernholzes als eine Art bescheidener Massstab für die Qualität des ganzen Stammes betrachtet.

C. Das Verhältnis zwischen Kern- und Splintholz auf verschiedenen Waldtypen.

Das Kernholz ist in mehrerer Hinsicht der wertvollste Teil des Baumes. Es ist für zahlreiche praktische Zwecke wertvoll: es schwindet weniger als das Splintholz und eignet sich infolgedessen besonders da zum Gebrauch, wo das Holz seine Dimensionen nicht verändern darf; seine Festigkeitsei-

genschaften sind, vorausgesetzt, dass das Holz völlig fehlerfrei ist, im Verhältnis zum Gewicht recht bedeutend; seine Haltbarkeit ist grösser als die des Splintholzes, so dass z. B. ein im Freien liegender oder in die Erde versenkter Stamm immer zuerst in seinen oberflächlichen Teilen morsch wird, wogegen die Kernholzteile — man betrachte z. B. nur alte Stubben — viel länger unvermorscht bleiben als die Splintholzteile. Da das spezifische Gewicht des Kernholzes unter denselben Bedingungen höher als das des Splintholzes und sein Brennwert grösser als der des letzteren ist und da sich ein kernholzreicher Stamm ausserdem leichter flössen lässt als ein kernholzarmer, ist es klar, dass eine grosse Kernholzmenge geeignet ist, die Qualität des Holzes zu erhöhen.

Aus diesem Grunde muss die Menge des Kernholzes als eine Art Qualitätsmassstab angesehen werden und erscheint denn auch als solcher allgemein im Holzwarenhandel.

Das Kernholz gilt im allgemeinen seinen Eigenschaften nach für um so besser, je deutlicher es sich durch seine Farbe vom Splintholz unterscheidet. Für praktische Zwecke sind die Hölzer denn auch folgendermassen eingeteilt worden:

- 1) Kernbäume, bei denen deutlich zwei Teile, Splint und farbiger Kern, zu unterscheiden sind;
- 2) Kernreifholzbäume, bei denen Splint, Reifholz und Kern mit allmählichem Übergang von der hellen Splint- zur dunkleren Kernholzfarbe vorhanden sind;
- 3) Reifholzbäume, bei denen der Splint ungefärbtes Kernholz umschliesst; und
- 4) Splintbäume, die ganz aus Splint bestehen.

Unter Reifholz wird ungefärbtes Kernholz verstanden. Hieraus geht hervor, dass von unseren Baumarten die Kiefer ein typischer Kernbaum, die Fichte ein typischer Reifholzbaum und die Birke ein typischer Splintbaum ist.

Die Bildung des Kernholzes folgt nicht den Jahrringen, sondern das Kernholz bildet im Querschnitt des Stammes unregelmässige sternförmige Figuren. Dies ist besonders in den unteren Teilen des Stammes der Fall, während die Grenzlinie des Kernholzes weiter oben zwischen den Astkränzen an einen Kreis erinnert.

Bei der Untersuchung der Kernholzmenge kann man das Durchmesser-, das Flächen- und Volumprozent in Betracht ziehen. Am besten lässt sich die Kernholzmenge natürlicherweise mit Hilfe von Stammanalysen studieren.

Obwohl fast alle Forsttechnologen das Kernholz untersucht haben, — hier seien nur R. HARTIG, SCHWAPPACH, OMEIS, SCHWARTZ, BERTOG, PILZ, ÖRTENBLAD, ENEROTH und WEBBERG genannt —, weiss man vorläufig nur recht wenig von den allgemeinen Gesetzen der Kernholzbildung.

ÖRTENBLAD teilt mit, dass das Flächenprozent des Kernholzes bei in Norrland gefällten Bäumen in 6.5 m Höhe folgendes war:

Alter	51—100 J.	Kernholzprozent	21
»	101—150 »	»	38
»	151—200 »	»	52

Die von ENEROTH in Dalekarlien ausgeführten Untersuchungen zeigen, dass das Flächenprozent des Kernholzes der Kiefer bei einem Alter unter 100 J. zwischen 6 und 80 % schwankt. Und die Durchschnitte variieren von 19—38 %. ENEROTH untersuchte von einem 150,000 Sägestämme umfassenden Material jeden fünfzigsten Baum.

Umfangreiche Untersuchungen hat auf diesem Gebiet WEBBERG angestellt. Sein Material ist im Übungsrevier der Universität Dorpat und in dem daran anschliessenden Revier Kivinömm gesammelt worden. Es ist nicht nach Waldtypen klassifiziert, sondern bei der Klassifikation wurden die in Estland gebräuchlichen Bonitäten angewandt, die auf Grund des Ertrags, zunächst den mitteleuropäischen entsprechend, unterschieden sind. Unter diesen Umständen können diese Typen nicht direkt mit unseren Waldtypen verglichen werden. Eine gewisse Vorstellung davon, welchem Typ die estnischen Bonitäten entsprechen, gewinnt man aus LINKOLAS Untersuchungen über die Waldtypen Estlands. LINKOLA hat nämlich in mehreren Fällen angegeben, welcher Bonität seine Probeflächen angehört haben. Es ist klar, dass die Bonitäten Estlands und die Waldtypen CAJANDERS einander im allgemeinen nicht decken können, sondern dass ein CAJANDERScher Waldtyp zu mehreren estnischen oder umgekehrt eine estnische Bonität zu mehreren CAJANDERSchen Waldtypen gehören kann.

Von den Probeflächen LINKOLAS gehörten:

- 1 Probefläche vom CLT zu der Bonität IV, mit unverkennbarer Neigung zu V;
- 1 Probefläche vom WT zu der Bonität IV;
- 4 Probeflächen vom MT zu der Bonität III;
- 3 Probeflächen vom OMT zu der Bonität II und 1 Probefläche zu der Bonität I—II.

Aus dem Obigen dürfte man sich wenigstens einen Begriff davon machen können, dass unsere besten Bonitäten im allgemeinen nicht der ersten est-

nischen Klasse entsprechen. Nach der Auffassung, die der Verfasser auf seinen Exkursionen in den Wäldern Estlands im Sommer 1930 gewonnen hat, gibt es dort recht allgemein solche Waldtypen, die bei uns hinsichtlich der Vegetation recht wenig Seitenstücke haben. Man darf wohl im allgemeinen behaupten, dass unsere besten Waldtypen ungefähr der II. estnischen Bonitätsklasse angehören.

Im übrigen ist zu bemerken, dass, je weiter nach Süden man kommt, um so grössere Holz mengen auch von dem Wald des gleichen Waldtyps produziert werden, so dass auch aus diesem Grunde auf dem gleichen Waldtyp in Estland grössere Holz mengen als bei uns stocken und auch die übrigen Eigenschaften der Hölzer wahrscheinlich andere sind.

Mustert man das Material WERBERGS durch, so findet man, dass er im allgemeinen alte Bäume untersucht hat, und da das Kernholzprozent der alten Bäume im allgemeinen hoch, ist er zu recht hohen Prozenten gelangt. Sieht man sich die Altersklassen und Bonitäten an, die man bei Vergleichen mit unseren Verhältnissen und mit den oben beschriebenen schwedischen Untersuchungen in Betracht ziehen kann, so lassen sich folgende Zahlen anführen:

Altersklasse	Bonität	V % des Kernholzes
III	I	35.5
»	III	27.6
V	II	47.2
»	III	44.1

Hieraus ergibt sich, dass das Kernholzprozent auf einer geringeren Bonität im allgemeinen niedriger als auf einer schlechteren ist. Betrachtet man dagegen die Flächenprozent des Kernholzes ungefähr in Brusthöhe, so kommt man nicht zu ganz gleichen Resultaten. Die Variationen des G % in 5 m Höhe und von da abwärts werden durch die folgenden Zahlen WERBERGS veranschaulicht:

Altersklasse	Bonität	G%	
		Im Baumstumpf in 5 m Höhe	
VIII	I	44.0	51.4
»	II	48.2	49.3
»	IV	26.1	36.8
IX	I	56.2	62.7
»	II	38.6	49.1
»	III	61.7	63.3
»	V	35.5	34.4

Das Obige zeigt also, dass die Variation des Flächenprozents des Kernholzes im Basisteil nicht auf dieselbe Weise den Bonitäten folgt wie die Variation des Raumprozents des Kernholzes.

Um das Flächenprozent des Kernholzes auf Grund eines in bestimmter Höhe gemessenen Durchmessers aufklären zu können, ist ein ausserordentlich grosses Material erforderlich. So ist z. B. ENEROTH durch 750 Untersuchungen noch nicht zu endgültig sicheren Resultaten gekommen. Schwierigkeiten hat ihm jedoch in sehr hohem Grade der Umstand bereitet, dass die von ihm studierten Stämme verschiedenen Waldtypen entstammten, so dass auf Grund der Prozentzahlen keine Kurve erzielt wurde, die nur einen Gipfel gehabt hätte, sondern eine mehrgipfelige Kurve zustande kam.

Das Material des Verfassers ist mit Berücksichtigung der Waldtypen gesammelt, und aus diesem Grunde war auch kein so grosses Material vonnöten, wie es bei ENEROTH vorliegt. Der Verfasser untersuchte das G % des Kernholzes in Brusthöhe. Der Brusthöhendurchmesser wurde darum gewählt, weil er das niedrigste Mass ist, in dessen Höhe das Kernholz eine sich dem Kreis nähernde Form anzunehmen beginnt. Die untersuchten Stämme waren auch so klein, dass kein Zweifel darüber obwalten kann, dass sich ihr Wurzelanlauf höher als 1.3 m erstreckte, woneben sich der Querschnitt des Baumes in dieser Höhe schon dem Kreis näherte.

Die folgende Tabelle zeigt die Gesamtflächen in 1.3 m Höhe ohne Rinde, die durchschnittliche Fläche des Kernholzes und das Kernholzprozent.

Tabelle IV.

Nummer des Stammes	OMT			Nummer des Stammes	MT			Nummer des Stammes	VT		
	A_k	A_s	p_s		A_k	A_s	p_s		A_k	A_s	p_s
1	0.0531	0.01208	22.7	1	0.0456	0.00849	18.6	1	0.0360	0.00882	24.5
2	0.0755	0.01720	22.8	2	0.0794	0.01453	18.3	2	0.0266	0.00430	16.2
3	0.0712	0.00817	11.5	3	0.0784	0.01629	20.8	3	0.0346	0.00694	20.1
4	0.0353	0.00882	25.0	4	0.0908	0.0222	24.4	4	0.0483	0.0201	41.6
5	0.0539	0.01410	26.2	5	0.0468	0.01131	24.2	5	0.0340	0.00849	25.0
6	0.0726	0.01021	14.1	6	0.0581	0.00916	15.8	6	0.0449	0.01767	39.4
7	0.0547	0.01247	22.8	7	0.0464	0.01169	25.2	7	0.0401	0.00581	14.5
8	0.0552	0.01131	20.3	8	0.0794	0.01839	23.2	8	0.0487	0.0209	42.9
9	0.0479	0.00785	16.4	9	0.0845	0.0254	30.1	9	0.0568	0.0254	44.7
10	0.0765	0.01169	15.3	10	0.0984	0.0408	41.5	10	0.0337	0.00833	24.7
11	0.0320	0.00608	19.0	11	0.1024	0.0260	25.4	11	0.0430	0.00849	19.7

OMT			MT			VT					
Nummer des Stammes	A_k	p_s	A_s	Nummer des Stammes	A_k	A_s	p_s	Nummer des Stammes	A_k	A_s	p_s
12	0.0515	0.01539	26.8	12	0.0924	0.0387	41.9	12	0.0281	0.00478	17.0
13	0.0835	0.01584	19.0	13	0.0835	0.01863	22.3	13	0.0350	0.00709	20.3
14	0.0491	0.00581	11.8	14	0.0507	0.00541	10.7	14	0.0423	0.01208	28.6
15	0.0784	0.01584	20.2	15	0.0412	0.00785	19.1	15	0.0405	0.01839	45.4
16	0.0995	0.0216	21.7	16	0.0929	0.01539	16.6	16	0.0350	0.00739	21.1
17	0.0984	0.0254	25.8	17	0.0468	0.01150	24.6	17	0.0449	0.01674	37.3
18	0.0679	0.01720	25.33	18	0.0360	0.00882	24.5	18	0.0333	0.00817	24.5
19	0.0774	0.0211	27.3	19	0.0408	0.00836	15.6	19	0.0483	0.0211	43.7
20	0.0804	0.01911	23.8	20	0.0391	0.00679	17.4	20	0.0607	0.0284	46.8
	Durchschnitt		20.9	21	0.0360	0.00724	20.1	21	0.0340	0.00694	20.4
				22	0.0387	0.00739	19.1	22	0.0642	0.0317	49.4
				23	0.0789	0.01584	20.1	23	0.0330	0.00724	21.9
				Durchschnitt			22.6	24	0.0360	0.00882	24.5
								25	0.0278	0.00442	15.9
								Durchschnitt			29.2

Erklärung: A_k = Gesamtfläche — A_s = Kernholzfläche — p_s = Kernholzprozent

D. Der Qualitätsquotient JANKAs auf verschiedenen Waldtypen.

Schon BAUSCHINGER konstatierte, dass Druckfestigkeit und Gewicht als Massstäbe der Qualität des Holzes betrachtet werden können. Da jedoch die Messung des Gewichtes leichter als die der Druckfestigkeit ist, strebte BAUSCHINGER danach, die Druckfestigkeit durch eine Gleichung auszudrücken, mit deren Hilfe es möglich wäre, die Druckfestigkeit auf Grund des Gewichtes zu berechnen. Eine solche Gleichung war die folgende lineare Gleichung:

$$\beta = \beta_0 + \gamma \delta,$$

wo β die Druckfestigkeit und β_0 und γ Konstanten bedeuten, von denen die Druckfestigkeit beim spezifischen Gewicht 0 eine fingierte Zahl ist.

Diese Gleichung hat BAUSCHINGER später entwickelt und in dieser Hinsicht für die Nadelhölzer folgende Gleichung aufgestellt:

$$\beta_{15} = 1000 s_{15} - 100,$$

wobei mit β_{15} die Druckfestigkeit in kg/cm² und mit s_{15} das spezifische Gewicht für den Wassergehalt von 15 % bezeichnet wird.

SCHWAPPACH hat die Sache graphisch untersucht, indem er für verschiedene Wachstumsgebiete Kurven zeichnete, in denen als Ordinaten das spezifische Gewicht und als Abszissen die Druckfestigkeiten auftreten, und er äussert auf Grund dieser Kurven: »Die graphischen Darstellungen — — — lassen ferner ersehen, dass bei der Kiefer die Beziehungen zwischen Raumgewicht, — — —, und Druckfestigkeit annähernd durch eine grade Linie dargestellt werden können. — — —»

SCHWAPPACH hebt jedoch weiterhin hervor: »Wegen dieser Aenderungen (die von Alter, Standortsgüte und Wachstumsgebiet bedingt sind) des Verhältnisses zwischen Raumgewicht und Druckfestigkeit mit dem Alter, sowie wegen des verschiedenen Verhaltens beider Grössen je nach Wachstumsgebiet und Standortsgüte genügt es nicht, die Untersuchungen über die Holzqualität nach der Methode der Ermittlung des Raumgewichtes *allein* durchzuführen. Nur durch eine gleichzeitige Ermittlung von Raumgewicht und Druckfestigkeit ist es möglich einen vollständigen Einblick in diese für Wissenschaft und Technik gleich interessanten und wichtigen Verhältnisse zu erlangen.»

Eigentlich ist die obenerwähnte Theorie von BAUSCHINGER gar nicht neu, denn schon BUFFON hat um die Mitte des 18. Jahrhunderts konstatiert, dass die mechanisch-technischen Eigenschaften und besonders die Festigkeit der Eiche proportional dem spezifischen Gewicht sind. Zu einem ähnlichen Ergebnis ist auch HARTIG beim Studium des Fichten- und Tannenholzes des bayerischen Waldes und des Einflusses der Ernährung auf die Qualität des Holzes gekommen, indem er u. a. äussert, dass das spezifische Trockengewicht der beste Massstab zur Beurteilung der Holzqualität sei.

Ferner sei erwähnt, dass RUDELOFF zu der Auffassung gelangt ist, dass die BAUSCHINGERSCHE Gleichung wenigstens nicht auf die Buche angewandt werden kann, für die er die Gleichung vorgeschlagen hat

$$y = a + bx + cx^2.$$

JANKA hat sogar mehrere Gleichungen aufgestellt, u. a. für die Südtiroler Fichte:

$$\beta_{15} = 1000 s_{15} - 70,$$

die in dem Fall Gültigkeit hat, dass die Probekörper würfelförmig sind.

In letzter Zeit hat man versucht, die Gleichung auf die Form

$$\beta_{15} = A s_8 + C$$

zu bringen, wo s_8 das spezifische Gewicht des ofentrockenen Holzes ist.

Es ist klar, dass die Auffindung einer Gleichung dieser Art recht grosse Vorteile mit sich bringen würde. Und unter Benutzung der Lagrangeschen Formel kann man solche Gleichungen für jeden Einzelfall berechnen und auf Grund derselben auch zu einer Art mittlerer Gleichung gelangen. Jedenfalls aber werden diese Gleichungen sehr annähernde Werte geben, und sie besitzen keine grössere Bedeutung als z. B. die Gleichungen, die für Wachstumskurven berechnet worden sind. Man kann entschieden dem beistimmen, was SCHWAPPACH Seite 121 ausgesprochen hat, dass nämlich das spezifische Gewicht allein nie dazu genügt, die Qualität des Holzes auszudrücken, sondern dass zu diesem Zweck wenigstens das Gewicht und die Druckfestigkeit angewendet werden müssen. Wenn man so verfährt, ist der Qualitätsquotient JANKAS unbedingt zum Ausdruck der Holzqualität sehr geeignet.

Der Quotient $\frac{\beta_{15}}{s_{15}}$ ist auch in keiner Weise der Praxis fremd, wenn es sich um die Beurteilung der Eigenschaften des Holzes handelt. Ist doch das Rohmaterial, das z. B. zu Baukonstruktionen benutzt wird, um so besser, je fester es im Verhältnis zu seinem Gewicht ist. Kleines Gewicht und grosse Festigkeit ist auf dem Gebiet der Technik stets von Vorteil. Diese Eigenschaft ist ja übrigens gerade für das Holz recht charakteristisch, weshalb es unter anderem in der Flugzeugindustrie zur Anwendung kommt. Ist hinwieder die Qualität des Holzes zu beurteilen, so ist natürlich das Holz besser, das im Verhältnis zu seiner Festigkeit ein möglichst geringes Gewicht besitzt.

Wendet man die für das Kernholz verschiedener Waldtypen berechneten spezifischen Gewichte luftgetrocknenen Holzes an, die der Verfasser in seiner Untersuchung »Metsätyypin vaikutuksesta puun painoon« veröffentlicht hat, so findet man für die Waldtypen, die der Verfasser studiert hat, folgende Qualitätsquotienten:

OMT Qualitätsquotient	=	887
MT	»	= 1043
VT	»	= 1033

Wie hieraus hervorgeht, ist der Qualitätsquotient bei MT höher als sowohl bei VT wie bei OMT. Der Unterschied ist jedoch zwischen VT und MT recht unerheblich, wogegen er zwischen diesen beiden Typen und OMT recht bedeutend ist.

Auch in dieser Hinsicht findet man also, dass ein besserer Typ nicht höhere Qualität bedeutet und dass die Qualität der Hölzer nicht vom Bes-

seren zum Schlechteren zu- oder abnimmt, sondern dass in diesem Punkt eine Art Optimum vorhanden ist. Natürlich lässt sich beim Studium von nur drei Typen nicht sagen, ob es bloss einen derartigen höchsten Qualitätsquotienten gibt oder ob ihrer möglicherweise mehrere existieren. Es ist ja z. B. denkbar, dass die Qualität des Holzes nach dem CT hin abnehme, aber ganz ebensogut kann sie auch in dieser Richtung ansteigen. Es kann also sein, dass z. B. auf einem Typ, der geringer als der CT ist, ein höherer Qualitätsquotient bestehe als z. B. auf dem MT und dem VT oder ein ebenso hoher. Jedenfalls kann man auf Grund des Obigen konstatieren, dass man von verschiedenen Waldtypen Holz erhält, dessen Qualität verschieden ist, und darf es als wahrscheinlich ansehen, dass, wenn die Herkunft des Holzes bekannt ist, man auf Grund seines Qualitätsquotienten bestimmen kann, von welchem Waldtyp das Holz herkommt.

IV. Schlussfolgerungen über den Einfluss des Waldtyps auf die Qualität der Kiefer.

Oben ist die Qualität der finnischen Kiefer in der Weise untersucht worden, dass das Untersuchungsmaterial nach Waldtypen verfolgt wurde. Das Material entstammte ausserdem einem begrenzten Gebiet: demselben Revier und mithin der gleichen geographischen Breite. Hierdurch sind, da das Material überdies zu derselben Jahreszeit entnommen war und die untersuchten Stämme zu derselben Klasse gehörten, ungefähr gleichaltrig waren und die Probestücke ungefähr aus den gleichen Höhen und in gleichem Abstand vom Mark des Baumes genommen waren, alle anderen Faktoren eliminiert worden, so dass man aus den Untersuchungsergebnissen Schlüsse darauf ziehen kann, welchen Einfluss der Waldtyp auf die Qualität der Kiefer ausübt.

Als Qualitätscharakteristika wurden angewandt: 1) der Quotient, der von der Jahrringbreite und dem Flächenzuwachs des Baumes abhängig ist, 2) das Herbsth Holzprozent, 3) das Kern- und Splintholz-G-% und 4) JANKAS Qualitätsquotient, der den gemeinsamen Einfluss der Druckfestigkeit und des spezifischen Gewichts auf die Qualität des Holzes ausdrückt.

1) Bezüglich des Quotienten wurde konstatiert, dass er auf dem gleichen Waldtyp nicht die Qualität der Kiefer angibt, dass man aber dagegen, wenn es sich um verschiedene Waldtypen handelt, auf Grund desselben, falls mindestens 20—30 Stämme untersucht worden sind und aus diesen das Mittel berechnet ist, ungefähr schliessen kann, welchem Waldtyp der Baum angehört, und mithin auch, welches der annähernde Druckfestigkeitswert des Holzes ist.

2) Das Herbstholzprozent gibt auf demselben Waldtyp ziemlich genau die Druckfestigkeit des Holzes an, woneben es auch ein Charakteristikum des spezifischen Gewichts des Holzes darstellt, ein Verhalten, das schon durch frühere Untersuchungen mit genügender Deutlichkeit wenigstens für alle bisher studierten Nadelhölzer nachgewiesen worden ist. Ausserdem hat sich ergeben, dass dieser Prozentsatz für verschiedene Waldtypen charakteristisch ist und dass er auf den einzelnen Waldtypen jeweils als Charakteristikum der Druckfestigkeit des Holzes gelten darf. In diesem Zusammenhang wurde auch konstatiert, dass die Druckfestigkeit von den Waldtypen abhängig ist, obwohl nicht so, dass ein besserer bzw. geringerer Waldtyp einer besseren bzw. schlechteren Druckfestigkeit entspräche, sondern so, dass in dieser Hinsicht ein Optimum existiert, das auf dem MT vorliegen dürfte.

3) Der Prozentsatz des Kern- und Splintholzgehalts ist von dem Waldtyp abhängig, aber von welcher Art diese Abhängigkeit ist, geht aus den obigen Untersuchungen nicht hervor.

4) JANKAS Qualitätsquotient ist von dem Waldtyp abhängig und ist bei den untersuchten Typen wahrscheinlich am höchsten auf dem MT und bedeutend niedriger auf dem OMT als auf dem MT und VT.

Gegenwärtig hat man angefangen, bei der Untersuchung des Holzes der Kennzeichnung nach Ursprung und Aussehen recht grosse Aufmerksamkeit zu schenken. In dieser Hinsicht bestehen von früherher die Bestimmungen des Brüsseler Kongresses 1906, aber dazu sind mehrere Ergänzungen gemacht worden. Von denselben seien u. a. diejenigen erwähnt, die auf Veranstaltungen des RKW vorgenommen wurden. In diesen Bestimmungen ist die Standortsgüte in Anlehnung an die Anleitung des Vereins deutscher Forstlicher Versuchsanstalten berücksichtigt, wobei die Standorte in 3 Klassen geteilt erscheinen, nämlich in gut (Standortsklasse I und II), mittel (Standortsklasse III) und gering oder schlecht (Standortsklasse IV und V).

Aus den obigen Schlussfolgerungen dürfte hervorgehen, dass den Waldtypen CAJANDERS bei der Beurteilung der Qualität der Kiefer entscheidende Bedeutung beigemessen werden muss. Wenn man weiss, auf welchem Waldtyp ein Baum gefällt ist und zu welcher Stammklasse er gehört hat, kann man schon hieraus annähernd schliessen, welche die wichtigsten mechanisch-technischen Eigenschaften der Kiefer sind. Diesem Umstand kommt in der Praxis die Bedeutung zu, dass, wenn ein Baum gesucht wird, von dem man bestimmte mechanisch-technische Eigenschaften fordert, man

wissen kann, dass er auf einem bestimmten Waldtyp zu suchen ist. Andererseits kann man mit den Einschränkungen und unter den Voraussetzungen, die oben auseinandergesetzt worden sind, schliessen, von welchem Waldtyp ein Baum stammt. Dieser Umstand wiederum kann bei manchem Rechtsprozess eine Rolle spielen.

Obwohl durch die obigen Untersuchungen die Frage nach dem Einfluss des Waldtyps auf die Qualität der Kiefer nicht annähernd gelöst worden ist, sind dabei doch wichtige Tatsachen aus diesem Gebiet vorgeführt, woneben die Resultate nach der Ansicht des Verfassers zu der Schlussfolgerung berechtigen, dass bei der Bestimmung der Herkunft eines Baumes zum Zweck forsttechnologischer Untersuchungen der Waldtyp CAJANDERS unbedingt in Betracht gezogen werden muss. Andererseits dürfte aus dem Obigen die grosse Bedeutung ersichtlich werden, die der Kenntnis der Herkunft eines Baumes, d. h. in diesem Fall des Waldtyps, bei der Beurteilung der Holzqualität zukommt. Die äusseren Kennzeichen, wie die Jahrringbreite, das Kernholzprozent, die Splint- und Kernholzmenge, geben an sich noch keine klare Vorstellung davon, was für Eigenschaften das Holz besitzt. Bei der Sortierung des Holzes nach Qualitätsklassen kommt man zu den allergenauen Ergebnissen, wenn man die Herkunft des Baumes genau kennt.

Die Holzindustrie macht heute eine schwere Krise durch. In Russland ist auf den Weltmärkten allen holzwarenerzeugenden Ländern ein gefährlicher Konkurrent erstanden. Bei steigendem Wettbewerb muss immer mehr mittels der Qualität konkurriert werden, und z. B. bezüglich der Sägewarenausfuhr lässt sich dies u. a. dadurch ermöglichen, dass die Holzwaren sorgfältiger als früher sortiert werden. Infolge seiner genauen Sortierung konnte z. B. Schweden für seine Holzwaren höhere Preise erzielen als Finnland. Man kann denn auch sagen, dass der Verkäufer um so bessere Preise erhalten kann, je sorgfältiger und praktischer er seine Waren zu sortieren weiss. Die bisherige Sortierung hat die Qualität des Holzes nur annähernd zu bestimmen vermocht. Dadurch konnten erstens die minderwertigen Warenklassen unterschieden und die besseren Marken nach dem Augenmass in leicht erkennbare Klassen eingeteilt werden. Vergleicht man aber z. B. Waren derselben Klasse aus verschiedenen geographischen Breiten miteinander, so wird man bald finden, dass ihre mechanisch-technischen Eigenschaften ganz verschieden sind je nach dem Wachstumsgebiet, dem Waldtyp, der Stellung des Baumes im Bestand und der Stelle des Einschnitts im Baum. Zieht man diese Umstände beim Sortieren in Betracht, so kann man schon Sortierungsklassen erhalten, deren Qualität

sich ziemlich genau durch Nummern definieren lässt. Dies besagt, dass man in anspruchsvollen Fällen wissen kann, welcher Klasse das anzuwendende Holz angehören muss. Andererseits aber bedeutet es auch grösseren Absatz für solche Ware, über deren Eigenschaften man gewisse Angaben machen und möglicherweise innerhalb bestimmter Grenzwerte Garantie leisten kann.

Der erste Schritt zu einer solchen genaueren Sortierung wird natürlicherweise darin bestehen, dass man bei der Sortierung und Qualitätsbestimmung des Holzes den Ursprung in Betracht zieht, und in dieser Hinsicht sind nach dem Dafürhalten des Verfassers die Waldtypen CAJANDERS von entscheidender Bedeutung.

Literaturverzeichnis.

- AERONAUTICAL RESEARCH COMMITTEE: Report on materials of construction used in aircraft engines, by C. F. JENKIN 1920.
- ANDERSSON, B. C.: A universal static and kinetic wood testing machine developed to meet the requirements of the french aeronautical standardization committée. Journal »Testing». Vol. I, N:o 1, Jan. 1924. New York.
- BACH, C. und BAUMANN, R.: Festigkeitseigenschaften und Gefügebilder der Konstruktionsmaterialien. 2. Aufl. Verlag Jul. Springer. Berlin 1921.
- BARBEY, A.: Les effets de la sécheresse de 1928 du pied du Jura vandois. Journal forestier Suisse, 1929. Berne 1929.
- BAUMANN, R.: Die bisherigen Ergebnisse der Holzprüfungen in der Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule Stuttgart. Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Heft 231. Verein deutscher Ingenieure, Berlin 1922.
- BAUSCHINGER, J.: Verhandlungen der Münchener Konferenz und der von ihr gewählten ständigen Commission zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Constructionsmaterialien. München 1886.
- » Ueber die Veränderung der Festigkeit des Nadelholzes nach dem Fällen. Mitt. mechan.-techn. Hochsch. München, 1887.
- » Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit verschiedener Nadelhölzer. Mitt. mechan.-techn. Hochsch. München 1887.
- » Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit von Fichten- und Kiefernbauhölzern. Mitt. mechan.-techn. Labor. Techn. Hochsch. München, 1887. H. 16.
- BETTS, H. S.: The seasoning of wood. U. S. Dept. of Agriculture. Bulletin 552. 1917.
- » Timber. Its strength, seasoning and grading. Mc Graw-Hill Book Co, New York 1919.
- BETTS, H. S., GREELY, W. B.: Structural timber in the United States. International Engineering Congress. Paper 95. 1915.
- BIENFAIT, JACQUES: Relation of the manner of failure to the structure of wood under compression parallel to the grain. Journ. of agricult. res. Washington, D. C. 1926.
- BREUIL, PIERRE: Beitrag zur Frage der Erprobung von Holz. Int. Verb. f. d. Mat.-prüf. der Technik. IV Kongress Brüssel 1906.
- BROWN, N. C.: Forests products, their manufacture and use. New York 1919.
- BRUCKMANN, W. und KNUCHEL, H.: Holzzuwachs und Witterung. Forstw. Centr.bl. Berlin 1930.
- BUREAU OF AIRCRAFT PRODUKTION: Information for inspectors of airplane wood, prepared at U. S. Forest Products Laboratory, Washington 1919.
- CHAPLIN, C. J.: Tests of some home-grown timbers in their green condition, Dept. of scient. and industr. res. Project I. Progress report 1. London 1928.

- CHEVANDIER, E. & WERTHEIM, G.: Mémoire sur les propriétés mécaniques du bois. Paris 1846.
- CLINE, MAC GARWEY: Untersuchungen der amerikanischen Forstverwaltung an einheimischen Hölzern mit besonderer Berücksichtigung ihrer mechanischen Eigenschaften. Int. Verb. f. d. Mat.-prüf. der Technik. VI Kongress New-York 1912.
- CLINE, MAC GARVEY and HEIM, A. L.: Tests of structural timbers. U. S. Dept. of Agriculture. Bulletin 108. 1912.
- CRESTIN, F.: Prescriptions suisses et allemandes pour l'emploi des bois dans les constructions. Le Genie civil. N:o 15. Paris 1928.
- DEPARTMENT OF SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH. LONDON. FOREST PRODUCTS RESEARCH: Mechanical and physical properties of timbers. Test of small clear specimens. London 1928.
- EKMAN, W.: Handbok i Skogsteknologi, Stockholm 1922.
- GRAF, OTTO: Bauholz. Aus den Ergebnissen der seit 1914 in Deutschland ausgeführten Versuche mit Holz. Kongress Amsterdam 1927.
- HARTIG, R.: Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume. Berlin 1885.
- HARTIG, TH.: Ueber Bestimmung des Holz-, Wasser- und Luftgehaltes der wichtigeren deutschen Waldbäume. Allg. Forst- und Jagd-Zeitung 1871.
- HATT, W. H.: Relation of timber tests to forest products. Int. Verb. f. d. Mat.-prüf. des. Techn. IV Kongress. Brüssel 1906.
- IHNE, A.: Le sechage des bois. Dunod. Paris 1927.
- ILVESSALO, LAURI: Puuluokitus ja harvennusasteikko. Acta forestalia Fennica 34. Helsinki 1929.
- IVORY, E. P., WHITE, D. G. and UPSON A. T.: Standard grading specifications for yard lumber. U. S. Dept. of Agriculture. Circular 296. 1923.
- JACCARD, P.: Nouvelles recherches sur l'accroissement en épaisseur. Fondation Schnyder von Wartensee. Lausanne 1919.
- JANKA, GABRIEL: Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit der Österreichischen Bauhölzer. II Fichte von Nordtirol, vom Wienerwalde und Erzgebirge. Wien 1904.
- JANKA, GABRIEL und HADEK, ANTON: Untersuchungen über die Elasticität und Festigkeit der Österreichischen Bauhölzer. I Fichte Südtirols. Wien 1900.
- »— Ergebnisse der Holzprüfungen an der österreichischen forstlichen Versuchsanstalt in Mariabrunn. Int. Verb. f. d. Mat.-prüf. der Technik. IV Kongress. Brüssel 1906.
- »— Die Härte der Hölzer. Wien 1915.
- KALNINŠ, A.: Die technischen Eigenschaften der Hölzer Lettlands. Sonderabdruck der Verhandlungen des internationalen Kongresses Forstlicher Versuchsanstalten. Stockholm 1929.
- »— Latvijas priedes (Pinus silvestris L.) Tehniskas īpašības. Rīgā. 1930 g.
- KINNMAN, GUNNO: Bestämning av vedens volymvikt. Skogsvårdsföreningens Tidsskrift. Stockholm 1923.
- KNUCHEL, H.: Untersuchungen über den Einfluss der Fällzeit auf die Eigenschaften des Fichten- und Tannenholzes. I. Teil. Der Einfluss der Fällzeit auf einige physikalische und gewerbliche Eigenschaften des Holzes. Bern 1930.
- KOEHLER, ARTHUR: The Properties and Uses of Wood. München 1927.
- LANG, GUSTAV: Das Holz als Baustoff, sein Wachstum und seine Anwendung zu Bauverbänden. Kreydels Verlag, Wiesbaden 1915.

- 37.1 Untersuchungen ü. d. Einfluss des Waldtyps auf die Qualität der Kiefer. 127
- LANG, GUSTAV & BAUMANN, R.: Das Holz als Baustoff. München 1927.
- LASSILA, I.: Puun mekaanillis-teknillisten ominaisuuksien tutkimuksesta sen tuloksista ja tehtävistä. Helsinki 1926.
- »— Metsäteknologisen tutkimuksen lähiaikojen tehtävistä Suomessa. Commentationes in honorem Professoris A. K. CAJANDER quinquagenarii editae. Helsinki 1929.
- »— Metsätyypin vaikutuksesta puun painoon. Helsinki 1930.
- »— Puun teknilliset ominaisuudet. Maa ja Metsä IV. 1930.
- »— Puun käyttö ja puutavaralajit. Maa ja Metsä IV. 1930.
- LEVON, MARTTI: Puun keinotekoinen kuivaaminen. Voima- ja polttoainetaloudellinen yhdistys. Julkaisu 17. 1928.
- LIESE, I.: Über die mechanischen Eigenschaften des Archangelskholzes. Sonderabdruck aus der Zeitschr. für F.- u. J.-wesen, begründet von Bernhard Danckelmann. 1928.
- LINKOLA, K.: Zur Kenntnis der Waldtypen Eestis. Commentationes in honorem Professoris A. K. CAJANDER quinquagenarii editae. Helsinki 1929.
- LUNDBERG, GUSTAF: Torrvolymvikten hos tall och granved. Skogshögskolans festskrift. Stockholm 1928.
- MARTLEY, J. T.: Moisture movement through wood. The steady state. Dept. of scient. and industr. res. Techn. Paper N:o 2. London 1926.
- V. MONROY, J. A.: Das Holz. Gemeinfassliche Darstellung seiner Erzeugung, Gewinnung und Verwendung. Berlin 1929.
- MORCILLON, M.: Epicéas sur pied fendus pendant la période de sécheresse. Journal Forestier Suisse. Berne 1929.
- NEWLIN, J. A. and JOHNSON, R. P. A.: Basic grading rules and working stresses for structural timbers. U. S. Dept. of Agriculture. Circular 295. 1923.
- NEWLIN, J. A. and WILSON, T. R. C.: Mechanical properties of woods grown in the United States. U. S. Dept. of Agriculture. Bulletin 556. 1917.
- NEWLIN, J. A. and WILSON, T. R.: The relation of the shrinkage and strength properties of wood to its specific gravity. U. S. Dept. of Agriculture. Bulletin 676. 1919.
- NÖRDLINGER, H.: Die technischen Eigenschaften der Hölzer. Stuttgart 1860.
- »— Zug-, Druck- und Biegezugfestigkeit der Hölzer. Wien 1888.
- »— Die gewerblichen Eigenschaften der Hölzer. Stuttgart 1890.
- PITOIS, E.: Utilisation scientifique contrôle des Bois dans l'Aviation et l'Industrie. Paris 1920.
- RECORD, SAM. J.: The mechanical properties of wood. New-York 1914. John Wiley & Sons, Inc.
- ROOS AF HJELMSÄTER, J. O.: Hållfasthetsprovningar å färskt virke av tall och gran. Medd. fr. Tekn. Högsk. Mater. pr. anst. Stockholm 1912.
- ROTHE, G.: Druckfestigkeit und Druckelastizität des Rot- und Weissholzes der Fichte. Thar. forst. Jahrb. 81 Bd. Berlin 1930.
- RUDELOFF, M.: Bericht über die im Auftrage des Herrn Ministers für Landwirtschaft, Domänen und Forsten ausgeführten Untersuchungen. Berlin 1889.
- »— Untersuchung über den Einfluss des Blauwerdens auf die Festigkeit von Kiefernholz. I. Mitt. aus den Mechan.-Techn. Versuchsanstalten. Berlin. 1897.
- »— Untersuchungen über den Einfluss des Blauwerdens auf die Festigkeit von Kiefernholz, II. Ibidem. Berlin 1899.

- RUDELOFF, M.: Die heutige Stand der Holzuntersuchungen und die Vereinheitlichung der Prüfungsverfahren. Ibidem. Berlin 1899.
- »— Aufstellung einheitlicher Methoden für die Prüfung von Holz. Ibidem. Berlin 1907.
- »— Ueber Holzprüfung. Int. Verb. f. d. Mat.-prüf. der Technik. VI Kongress New-York 1912.
- SCHLYTER, RAGNAR: The strength of swedish redwood timber (pine) and its dependence on moisture content and apparent specific gravity. Proceedings of the international congress for testing material in Amsterdam 1927. Haag 1928.
- SCHLYTER, RAGNAR & WINBERG, GUSTAF: Svenskt furuvirkes hållfasthetsegenskaper. Ingeniörs Vetenskaps Akademien. Handlingar Nr 92. Stockholm 1929.
- SCHWAPPACH, A.: Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen der Breite des Herbstholzes und der Holzqualität. Zeitschr. für F.- und J.-wesen 1892.
- »— Beiträge zur Kenntnis der Qualität des Rotbuchenholzes. Zeitschr. für F.- und J.-wesen. Berlin 1894.
- »— Untersuchungen über Raumgewicht und Druckfestigkeit des Holzes wichtiger Waldbäume. I. II. Berlin 1897—98.
- SCHWEIZERISCHER INGENIEUR- und ARCHITEKTEN-Verein »S.I.A.«: Normen über Holzbauten, N:o 111. Zürich 1926.
- STILLWELL, L. T. C.: The movement of moisture with reference to timber seasoning. Dept. of scient. and industr. res. Techn. Paper N:o 1. London 1926.
- SUENSON, E.: Byggematerialier, 2:det Bd, Trae, Plantestoffer, Vaerme- og Lydisolering. Bluhmes Boghandel, Köbenhavn 1922.
- TETMAJER, L.: Methoden und Resultate der Prüfung der schweizerischen Bauhölzer. Mitt. der Anst. zur Prüf. von Baumater. am eidgenössischen Polyt. in Zürich. 1884.
- THIÉRY ET PETITCOLLOT: Rapport de la commission chargée de faire des expériences sur la résistance des bois résineux. Paris 1896.
- TIEMANN, H. D.: Effect of moisture upon the strength and stiffness of wood. U. S. Dept. of Agriculture. Bulletin 70. 1906.
- »— The strength of wood as influenced by moisture. U. S. Dept. of Agriculture. Circular 108. 1907.
- »— The theory of drying and its application to the new humidity-regulated and recirculating dry kiln. U. S. Dept. of Agriculture. Bulletin 509. 1916.
- WARREN, W. H.: Festigkeit, Elasticität und andere Eigenschaften der Harthölzer aus Neu-Südwesten. Int. Verb. f. d. Mat.-prüf. der Technik. VI Kongress New-York. 1912.
- WERBERG, K.: Lüli- ja maltspuu suhe männil. Das Verhältnis von Kern- und Splintholz bei der Kiefer. Tartu Ülikooli Metsaosakonna toimetused nr. 17. Mitteilungen der Forstwissenschaftlichen Abteilung der Universität Tartu Nr. 17. Tartu 1930.
- WIJKANDER, AUG.: Untersuchung der Festigkeits-Eigenschaften Schwedischer Holzarten in der Material-Prüfungsanstalt des Chalmerschen Institutes ausgeführt. Bih. till Tekn. Samf. Handl. Göteborg 1897.

Tutkimuksia metsätyyppin vaikutuksesta männyn laatuun.

Selostus.

I. Puun laadun karakteristikoista.

Puun laadun määrittelyssä on kautta aikojen pyritty sellaisiin karakteristikoihin, joiden sovelluttaminen puuta valittaessa eri käyttötarkoituksia varten olisi mahdollisimman yksinkertainen. Näyttää siltä kuin väriä olisi ensinnä pidetty puun laadun määrääjänä. Kun esim. laivanrakennuspuu oli paloitetu suunnilleen sen kokosiin kappaleisiin, joina sitä aiottiin käyttää, niin määriteltiin laatu värin perusteella. Niinpä esim. oljenväristä tammea käytettiin mieluummin vedenalaisiin osiin, jota vastoin tummemmat osat kelpasivat paremmin osiin, jotka tulivat vedenpinnan yläpuolelle. Väristä voitiin myös päättää, oliko puu tervettä vai ei, voitiinpa siitä päätellä, milloin se oli kaadettu ja miten sitä oli kuivattaessa käsitelty j.n.e. Se, että vanhoissa mestari-säännöissä esim. puhutaan niin vähän oksista, joiden vaikutuksen puun ominaisuuksiin on täytynyt olla täysin selvän, riippuneen siitä, että ennen oli metsää siksi paljon, että jo kaadettaessa voitiin valita esim. laivanrakennuspuuksi täysin oksaton puu. Vasta sitten, kun kävi välttämättömäksi valita huonommastakin puusta kelpollisia osia, täytyi ruveta tutkimaan oksia ja niiden merkitystä.

Nykyisessä sahatavaran lajittelussa on oksien määrä ja laatu ratkaisevana. Luulisi siis, että puun laatua tieteellisestikin tutkittaessa puun oksaisuus ja oksien laatu olisi yhtä tärkeä karakteristika. Näin ei kuitenkaan ole asianlaita, vaan on tieteellinen tutkimus joutunut käyttämään karakteristikoita, jotka ensi silmäyksellä näyttävät olevan aivan toisia kuin ne, jotka suoranaisesti ovat esiintyneet puuteollisuudessa ja puutavaramarkkinoilla. Tämä eroavaisuus on kuitenkin vain näennäinen, sillä tarkoituksetperät ovat molemmissa tapauksissa samat ja tieteellisten tutkimusten tarkoituksena tällä alalla on yksinkertaistuttaa käytännössä esiintyvää laadun määrittämistä.

Kun puhutaan puun laadusta, niin on selvää, että käyttömuoto on tässä suhteessa määräävä. Esim. kuusen laatua tutkittaessa pannaan pääpaino aivan toisille ominaisuuksille kuin männyn laatua tutkittaessa. Edellisessä tapauksessa pidetään silmällä puun kelpollisuutta sellulosateollisuuteen, jälkimmäisessä taas sen käyttökelpoisuutta sahateollisuuteen. Kun taas tahdotaan saada tieteellisiä laatumääritelmiä, etsitään luonnollisesti sellaisia karakteristikoita, jotka ovat mahdollisimman vähän riippuvaisia jostain yksityiskohtaisesta käyttönotosta ja jotka siis karakterisoivat puun laadun käyttömuodosta riippumatta.

Vanhin puun laadun karakteristika tieteellisessä tutkimuksessa on ollut puun paino. Todettiin nimittäin, että saman puulajin raskaampien yksilöiden ja saman rungon raskaampien osien teknilliset ominaisuudet olivat yleensä paremmat kuin keveämpien.

Tämän seikan on tutkimuksien perusteella todennut ensimmäisenä DUHAMEL du MONCEAU ja sen jälkeen sanalla sanoen miltei kaikki metsäteknologian tutkijat.

Se, että painoa alettiin pitää puun ominaisuuksien karakteristikana, johtui siitä, että lujuußtutkimusten perusteella voitiin todeta, että painavampi puu, kun otettiin huomioon erinäisiä tutkimuksen perusedellytyksiä, on lujempaa kuin saman puulajin keveämpi puu resp. keveämmät rungonosat.

Sitävastoin kesti kauan ennenkuin tällä ajalla ruvettiin ajattelemaan suhteellisuutta. Ensimmäinen, joka teki johtopäätöksen tällaisen suhteellisuuden olemassa olostä, oli SCHWAPPACH. Hän nimittäin lausui, että puu on katsottava kasvaneeksi edullisissa olosuhteissa silloin, kun suurta puristuslujuutta vastaa mahdollisimman pieni paino. Tämä ajatus on metsäteknologian tärkeimpiä. Sen merkitys tuntuu kaikkialla. Jos ajatellaan esim. lentokoneeteollisuutta, niin käytetään siinä luonnollisesti mieluummin sellaista puuta tai puulajia, joka on mahdollisimman lujaa, mutta samalla mahdollisimman keveää. Sama on asianlaita esim. silloin, kun on kysymys katto- tai siltakonstruktioista, sillä näidenkin suhteen pitää tämä SCHWAPPACHIN ajatus, jota tekijä haluaisi nimittää SCHWAPPACHIN laiksi, paikkansa.

Tämän SCHWAPPACHIN lain ajatus on lausuttu matemaattisesti JANKAN laatuosamäärän kautta. Tämä osamäärä on

$$q = \frac{\beta_{15}}{s_{15}}$$

JANKAN laajat eri puulajeilla suorittamat tutkimukset osoittavat, että tällä osamäärällä voidaan määritellä rakennustekniikassa käytetyn puun laatu.

Syystä, että painon määrittäminen on helpompi tehtävä kuin puristuslujuuden, on pyritty määrittämään puristuslujuutta painon perusteella. Edelläolevan yhtälön perusteella saataisiin puristuslujuus kaavasta:

$$\beta_{15} = q s_{15}$$

On kuitenkin huomattava, että JANKAN tutkimuksissa edellytetään β_{15} ja s_{15} tunnetuiksi ja tutkitaan, missä määrin täten saatu osamäärä kuvastaa puun laatuominaisuuksia määrättyä käyttötarkoitusta, nim. puun käyttöä rakennuspuuna, silmällä pitäen. Ei ollut siis ensinkään tarkoitus laatia yleisyhtälöä, joka ilmaisisi näiden suurteiden ehdottoman riippuvaisuuden toisistaan.

Yhtälöistä, joiden tarkoituksena on laskea puun puristuslujuus painon perusteella, on ensimmäisenä mainittava seuraava BAUSCHINGERIN yhtälö:

$$\beta = \beta_0 + \gamma \delta$$

Tässä yhtälössä on β = tutkittava puristuslujuus ja β_0 puristuslujuus ominaispainon ollessa = 0, siis täysin teoreettinen luku, γ eri puulajeille ominainen konstantti ja δ puun ominaispaino ilmakuivana. Tämän kaavan on BAUSCHINGER teoreettisesti johtanut, mutta lausunut sen käytännöllisiä tarkoituksia varten muodossa:

$$\beta_{15} = C s_{15} + c$$

Tämä yhtälö on esim. BAUSCHINGERIN tutkimusten mukaan etelätyroolilaiselle kuuselle seuraava:

$$\beta_{15} = 1000 s_{15} - 100$$

BAUSCHINGERIN laatu-yhtälön muoto onkin säilytetty tieteessä ja koetettu saman muotoisella yhtälöllä lausua puristuslujuus uunikuivan puun perusteella, joten yhtälö on saanut muodon

$$\beta_{15} = A s_8 + C, \text{ jossa}$$

s_8 merkitsee uunikuivan puun ominaispainoa.

On lausuttu ajatus, että myöskin tällainen yhtälö karakterisoi puun laatua. Näin ei kuitenkaan ole asianlaita, sillä esim. β_{15} on määrätty s_{15} perusteella eikä riippumatta siitä, niinkuin silloin on asianlaita, kun molemmat mitataan erikseen. Laatua tutkittaessa ei tällaisilla yhtälöillä ole merkitystä, vaan on niiden tarkoitus siis tutkia puun ominaispainon ja puristuslujuuden riippuvaisuutta toisistaan.

Käytännössä pidetään yleensä vuosirenkaan leveyttä laadun mittana. Havupuuta, jonka vuosirenkaat ovat kapeat, pidetään, tätä kansanomaista sanontatapaa käyttäkösemme, parempana kuin havupuuta, jonka vuosirenkaat ovat leveät, kun taas lehtipuiden ominaisuuksia arvosteltaessa leveän vuosirenkaan katsotaan osoittavan hyvää puuta. Jo ominaispainotutkimukset osoittivat, ettei esim. leveän vuosirenkaan tarvinnut merkitä keveätä puuta ja kapean raskasta, joten, jos siis suuremman painon otaksutaan osoittavan laadun paremmuutta, jo täten oli tullut todetuksi, ettei edellä lausuttu käytännön miesten keskuudessa niin yleinen käsitys, pitänyt paikkaansa. Sama seikka todettiin myös lujuußtutkimuksien perusteella. Tästä syystä kuuleekin hyvin usein väitettävän, että olisi tieteellisesti todistettu, ettei vuosirenkaan leveyden perusteella voida määrittellä puun laatua. Näin ei ole kuitenkaan asianlaita. Vaikk'eivät esim. vuosirenkaan keskimääräinen leveys tai vuosirenkaiden lukumäärä 1 sm:llä ole osoittautuneet luvuiksi, joiden perusteella puun laatua voidaan arvostella, niin tällä ei kuitenkaan ole todistettu sitä, ettei puun laatu olisi funktio vuosirenkaan leveydestä. Ne tieteelliset tutkimukset, joita THIERRY ja PETITCOLLOT ovat tehneet, ovat nimittäin osoittaneet, että taivutuslujuus on funktio vuosirenkaan leveyden neliöjuuresta. Tämän perusteella voidaan otaksua, että nekin puun ominaisuudet, joiden ja taivutuslujuuden välillä on olemassa suoraviivainen korrelatio, ovat riippuvaisia vuosirenkaan leveyden neliöjuuresta. On siis selvää, että vuosirenkaan leveyttä on pidettävä puun laadun karakteristikana.

Sydänpuuta on totuttu pitämään suuremmissa arvossa kuin pintapuuta. Havupuiden, varsinkin sellaisten, joiden sydänpuu on värillinen, kaupassa, on sydänpuun runsaus pidetty hyvän laadun merkinä. Tällöin on etupäässä ajateltu puun kestävyyttä eikä lujuußtta. Esim. pohjoismaiden sydänpuurikkaan männyn hyvä maine maailman markkinoilla perustuu siihen, että yleensä hienosyinen sydänpuu on kaikessa käytössä kestävä. Mutta sydänpuurikkauudella on merkitystä myöskin lujuußen: siinä tapauksessa, että puuta on käytettävä vastakaadettuna, on sydänpuun lujuuß yleensä suurempi kuin pintapuun. Siellä, missä esim. kokonaisia tuoreita pölkkyjä on käytettävä, ajatellaan esim. metsärautateitä, sotilastarkoituksiin rakennettavia rautateitä y.m. näihin verrattavaa käyttöä, on yleensä sydänpuurikas havupuu lujempaa kuin sydänpuusta köyhä. Viimeaikoina tehdyt tutkimukset osoittavat edelleen, että sydänpuumäärällä on ratkaiseva merkitys puun uppoamiseen, jota teknillistä ominaisuutta jo DUHAMEL du MONCEAU on tutkinut, tai päinvastoin puun uimiskykyyn (ruots. virkets flytbarhet), joten tältäkin kannalta katsoen esim. sydänpuuprosenttia on pidettävä puun mekaanillis-teknillisten ominaisuuksien tärkeänä karakteristikana.

Jo puun ominaispainotutkimuksien yhteydessä on tullut selvitettyksi, että vuosirenkaan syyspuuprosentilla on vaikutusta puun ominaispainoon. Tämä onkin aivan luonnollinen asia, sillä soluseinien kuutiomäärä on syyspuussa suurempi kuin kevätpuussa. Mitä enemmän puussa on paksuseinäistä syyspuuta sitä pienempi on puun ontelokuutio, ja sitä suurempi sen ominaispaino. Selvää on kuitenkin, ettei suuri syyspuuprosentti sellaisenaan merkitse suurta ominaispainoa, vaan että lopullisesti asian ratkaisee ontelokuutio. Niinpä esim. tutkimusaineistossani esiintyy mäntyjä, joiden syyspuuprosentti on ollut 30:kin, mutta niiden ominaispaino absoluuttisesti kuivana on ollut miltei sama kuin mäntyjen joiden syyspuuprosentti on ollut 20:n tienoilla. Tämä riippuu luonnollisesti siitä, että edellisten puiden soluseinät ovat yleensä olleet paksampia kuin jälkimmäisten. Jos siis syyspuuprosenttia käytetään puun mekaanillisteknillisten ominaisuuksien karakteristikanä, niin edellyttää tämä, että verrataan toisiinsa puita, joiden syyspuun ja kevätpuun keskimääräinen ontelokuutio on sama. Tämä seikka selittää osaksi sen, että tutkimukset syyspuuprosentin vaikutuksesta puun mekaanillisteknillisten ominaisuuksien karakteristikanä ovat osaksi johtaneet ristiriitaisiin tuloksiin. Syyspuuprosentin vaikutusta puun puristuslujuuteen on SCHWAPPACH sangen perusteellisesti tutkinut ja tullut positiiviseen tulokseen. Samaa voidaan myös sanoa JANKAN tutkimuksien tuloksista, kuitenkin sillä erotuksella, että JANKAN tutkimukset osoittavat puun puristuslujuuden kasvavan syyspuuprosentin kohotessa ainoastaan noin 20—30%:iin asti, jonka jälkeen voi olla mahdollista, että puristuslujuus syyspuuprosentin kohotessa alenee. Ruotsin *Ingenjörsvetenskapskademin* tutkimuksien perusteella ei voida tehdä näin varmoja johtopäätöksiä. Kun kuitenkin ottaa huomioon, että tutkijat sellaiset kuin BAUSCHINGER ja SCHWARZ ovat tässä kysymyksessä tulleet positiivisiin tuloksiin ja että esim. LIESE EBERSWALDESSA on tutkiessaan arkangelilaisen männyn laatua pitänyt syyspuuprosenttia miltei tärkeimpänä laadun karakteristikanä, niin on mielestäni, kun puun laatututkimuksia tehdään, ehdottomasti yhtenä tärkeänä karakteristikanä pidettävä syyspuuprosenttia.

II. Puun laadun karakteristikoiden määrääminen.

Ylläolevien karakteristikoiden määräämistavat vaikuttavat luonnollisesti tutkimusten tuloksiin. Tästä syystä on tekijä selostanut ja arvostellut eri tutkijoiden käyttämiä menettelytapoja. Tarkastuksen esineenä ovat olleet seuraavien karakteristikoiden määräämistavat:

1. Ominaispainon redusoiminen jostain toisesta ominaispainosta ominaispainoon vesipitoisuuden ollessa 15 %.
2. Vuosirenkaiden keskimääräisen leveyden ja keskimääräisen syyspuuprosentin määrääminen.
3. Puristuslujuuden määräämis- ja redusoimistavat.

Ominaispainon redusoimistavoista on tutkittu Ruotsin valtion aineen-koetuslaitoksen, CHEVANDIER & WERTHEIM'in sekä JANKAN menettelytapoja.

Ruotsin valtion aineen-koetuslaitos määrittelee ominaispainon koetta tehtäessä »genom mätning och vägning av provkropparna i provningstillstånd, och volymvikten i torrt tillstånd beräknas ur volymvikten vid provningstillfallet genom reduktion för fuktighetshalten.» Tätä menettelytapaa käytettäessä jätetään

siis kokonaan huomioonottamatta puun kutistuminen kuivuessa. Virheen, joka tästä aiheutuu toteaa tekijä vähintään 1 %:iksi.

Tämän jälkeen selostaa tekijä CHEVANDIER & WERTHEIM'in menettelytapaa, joka voidaan lausua kaavalla

$$g = G [1 - c (F - f)],$$

jossa

$$G = \text{puun paino tuoreena}$$

$$F = \text{puun vesipitoisuus-} \% \text{ tuoreena}$$

$$c = \text{konstantti}$$

$$g = \text{redusoitu ominaispaino}$$

$$f = \text{redusoitua ominaispainoa vastaava vesipitoisuus-} \%$$

Tämän kaavan toteaa tekijä antavan sangen hyviä tuloksia m.m. männylle siinä tapauksessa, että sen ominaispaino absoluuttisesti kuivana on 0.55:n tienoilla. Koska kaava perustuu olettamukseen, että suhde

$$\frac{G - g}{F - f}$$

olisi konstantti, ei se teoreettisesti pidä paikkaansa, mutta on CHEVANDIER & WERTHEIM'in menettelytapa tekijän mielestä oikeampi kuin Ruotsin valtion aineen-koetuslaitoksen.

JANKAN menettelytapa perustuu yksityiskohtaisiin tutkimuksiin. Hän on siis tutkinut, miten ominaispaino on vaihdellut koekappaleiden vesipitoisuusprosentin muuttuessa. Näiden tutkimusten perusteella on hän johtanut empirisiä kaavoja, joilla on merkityksensä ainoastaan tutkittuun puulajiin nähden määrättyissä olosuhteissa.

Tekijä on myös empirisiä menettelytapoja käyttäen johtanut kysymyksessä olevaa redusoimista varten kaavan

$$s = s_a \frac{1}{0.935} \times \frac{100 - p_a}{100 - p_{\beta}}$$

jossa

$$s_a = \text{puun ominaispaino tuoreena}$$

$$a_a = \text{koekappaleen särmä tuoreena}$$

$$p_a = \text{vesipitoisuus-} \% \text{ tuoreena}$$

$$s_{\beta} = \text{puun ominaispaino vesipitoisuus-} \% \text{:in ollessa } p_{\beta}$$

$$p_{\beta} = \text{vesipitoisuus-} \% \text{ ominaispainon ollessa } s_{\beta}$$

Tekijän johtama kaava soveltuu käytettäväksi männylle, jonka ominaispaino vaihtelee 0.30—0.60 ja vesipitoisuus n. 50 %:ista 15—19 %:iin ja jonka kutistumis-%:it ovat suunnilleen $r =$ suuntaan = 2.2 % ja $tg =$ suuntaan = 4.4 %:ia. Kaava ei kuitenkaan ole kovin tunteellinen kutistumisprosenttien absoluuttisille arvoille, ellei niiden suhde huomattavasti muutu.

Vuosirenkaan keskimääräistä leveyttä ei tekijä sellaisenaan ole käyttänyt puunmekaanillisteknisten ominaisuuksien karakteristikanä, vaan on tekijä käyttänyt sekä

THIÉRY & PETITCOLLOT'in menetelmää, jonka perusteella tekijä aluksi on tutkinut SCHWAPPACH'in ja Ruotsin Ingeniörsvetenskapsakademien aineistoa. Näiden tutkimusten perusteella on tekijä tullut siihen käsitykseen, että karakteristika $\sqrt{\frac{\pi d^2}{4a}}$ on sopivampi kuin THIÉRYN ja PETITCOLLOTIN. Tätä karakteristikoa tekijä on käyttänyt omaa aineistoansa tutkiessaan.

Syyspuuprosentti on teoreettisesti oikein määrättävissä ainoastaan siten, että se lasketaan koko rungon tai koekappaleen poikkileikkauksen yhteenlaskettujen syyspuurengaspinta-alojen perusteella. On siis väärin laskea tämä prosentti esim. jonkun läpimitan yhteenlaskettujen syyspuuosien perusteella, sillä ympyrärenkaiden pinta-alat eivät suhtaudu toisiinsa niinkuin niiden leveydet.

JANKAN tunnettu kurvometrin menetelytapa sydänpuun pinta-ala laskemista varten on oikea ja tarkka. Jos kuitenkin puut ovat siksi hidaskasvuisia kuin meidän puumme käy sen käyttäminen liian aikaa vaativaksi. Tästä syystä on tekijä koettanut johtaa vähemmän työtä vaativia menettelytapoja, joiden perusteella kysymyksessä oleva prosentti voidaan määrätä PRESSLER'in kairalla otetun kairalierion perusteella tai yleensä kurvometriä käyttämättä.

Siinä tapauksessa, että jokaisen vuosirenkaan pituus voidaan ilman suurennuslasia mitata, on tekijä johtanut käytettäväksi kaavan

$$K = \pi (2r - 2a_n - \beta_{n-1} - \beta_n) f_n,$$

ja siinä tapauksessa, että vuosirenkaan resp. syyspuun leveydet voidaan mitata mikroskooppia käyttämättä tavallisella suurennuslasilla, kaavan

$$j = \frac{c [2r - 2(n-1)]}{r}$$

Kaavoissa käytettyjen kirjaimien merkitykset selviävät kuvista 7 ja 8 sekä johdoista sivuilla 57—60 ja 62—63.

Siinä tapauksessa, että vuosirenkaat eivät ole olleet erotettavissa ilman mikroskooppia on otettu mikrovalokuvia, jolloin vuosirenkaiden syyspuun pinta-ala on laskettu valokuvasta.

Puun puristuslujuuteen vaikuttavia seikkoja on yleensä siksi paljon, että jos tahdotaan suorittaa lujuustutkimuksia, joita käytetään metsäteknologian metsäbiologisiin tarkoituksiin, niin on yleensä jo koekappaleen ottoaika ja ottotapa koetettava järjestää sellaiseksi, että jo senkautta mahdollisimman paljon virhemahdollisuuksia poistuu. Tästä syystä on menetely seuraavasti:

- 1) Koekappaleet on otettu ainoastaan sydänpuusta.
 - 2) Koekappaleet on otettu syksyllä, jolloin puulla on toinen vesipitoisuusminiminsä.
- Sydänpuukappaleita on käytetty siksi, että sydänpuu on se osa puusta, jonka ominaisuuksiin satunnaiset seikat vähimmin vaikuttavat. Sen vesipitoisuus esim. on sängen vähän riippuvainen sade-ilmoista ja ylenmääräisestä kuivuudesta, sen kokoon eivät vaikuta lämpövaihtelut, sen kemiallinen kokoomus on kaikkina vuodenaikoina sama jne. Kun koekappaleet sitä paitsi otetaan aikana, jolloin puussa on mahdollisimman vähän vettä, niin on selvää, että sitäpaitsi saadaan tavaraa, joka mahdollisimman helposti kuivaa.

Lujuuslukujen redusoinemiseksi 15% vesipitoisuutta vastaaviksi, on tekijä aikaisemmin tehtyjen tutkimusten tuloksia (BAUSCHINGER, RUDELOFF, Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein) ja graafillista menettelyä käyttäen laatinut 2 taulukkoa, joiden perusteella voidaan saada redusoiduiksi lujuusluvut 15%:iin H_2O silloin kuin vesipitoisuus %:t vaihtelevat 8—24%:n välillä. Nämä taulukot ovat sivulla 75.

Taulukoiden suhteen voidaan tehdä se muistutus, että niitä ei ole laadittu meillä tehtyjen tutkimusten perusteella. Sitäpaitsi voidaan myös esittää, että niissä tutkimuksissa, joihin se perustuu, on käytetty eri kokoisia koekappaleita, jotka sitäpaitsi ovat olleet suurempia kuin tekijän käyttämät. Näiden muistutusten johdosta on huomautettava, että jo entiset tutkimukset osoittavat, ettei näillä seikoilla ole niin suurta merkitystä, että se voisi vaikuttaa sentapaisten seikkojen määrittelemiseen, jotka ovat tarpeellisia tekijän tutkimustarkoituksia varten.

III. Metsätyyppien vaikutus eri laatukarakteristikoihin.

1. $\sqrt{\frac{\pi d^2}{4a}}$ puun laadun karakteristikana.

Tämän karakteristikon suhteen ei ole voitu vetää täysin varmoja johtopäätöksiä. Sen verran selviää kuitenkin, että kullakin yksityisellä tyyppillä erikseen luvulla $\sqrt{\frac{\pi d^2}{4a}}$ on selvä karakteristika-ominaisuutensa siten, että jos puristuslujuus ja karakteristika $\sqrt{\frac{\pi d^2}{4a}}$ tunnetaan, niin voidaan sen perusteella, luonnollisesti ahtaata maantieteelliset rajoitukset huomioonottaen, (koepuut ovat kaikki Korkeakosken hoitoalueesta) päätää, mihin tyyppiin puu kuuluu.

Jos taas on vastattava kysymykseen, onko vuosirenkaan leveydellä merkitystä puun puristuslujuuteen, niin voidaan tähän kysymykseen vastata, että sillä on sitä ainakin silloin, kun vuosirenkaan suurempi tai pienempi leveys on paremman tai huonomman metsätyyppien merkinä.

2. Syyspuuprosentti puun laadun karakteristikana.

Tekijä on tutkinut syyspuu-%:ia eri metsätyypeillä ja saanut sen seuraavaksi

OMT	15.7%
MT	19.8 »
VT	16.9 »

Tästä selviää, että eri metsätyyppien syyspuuprosentit ovat olleet erilaiset, mutta ei näiden tutkimusten perusteella voida tehdä johtopäätöksiä siitä, onko jollain metsätyypillä olemassa tässä suhteessa maksimi. Sitävastoin viittaavat tekijän ennen tekemät ominaispaino tutkimukset siihen, että suurin arvo tässä tapauksessa voi merkitä maksimiarvoa.

3. Sydänpuun ja pintapuun suhde puun laadun karakteristikana.

Tutkimuksien tuloksina voidaan mainita, että sydänpuun pinta-ala-%:it vaihtelevat seuraavien raja-arvojen välillä:

OMT	11.5—27.3%
MT	10.7—41.5 »
VT	14.5—49.4 »

Syystä, että vaihtelut yleensä olivat suuret, ei tekijä ole katsonut voivansa tehdä keskimäärien perusteella johtopäätöksiä. Näiden lukujen perusteella ei voida tehdä muuta johtopäätöstä, kuin se, että ne verrattuina WERBERGIN lukuihin osoittavat, että sydänpuuta on tekijän tutkimusalueen puissa ollut vähemmän kuin WERBERGIN tutkimissa.

4. JANKAN laatuosamäärä eri metsätyypeillä.

JANKAN laatuosamäärä $\frac{\beta_{15}}{s_{15}}$ oli tutkituille metsätyypeille seuraava:

OMT	887
MT	1043
VT	1033

IV. Johtopäätöksiä metsätyypin vaikutuksesta männyn laatuun.

Edellä on tutkittu suomalaisen männyn laatua siten, että on seurattu tutkimusaineistoa metsätyypittäin. Tutkimusaineisto on sitäpaitsi ollut rajoitetulta alueelta: samasta hoitoalueesta ja siis samalta maantieteelliseltä latitudilta. Täten on tekijän mielestä, kun vielä tutkimusaineisto on kerätty samaan vuoden aikaan ja tutkitut puut ovat kuuluneet samaan harvennusluokkaan, olleet suunnilleen saman ikäisiä, ja koekappaleet ovat otetut suunnilleen samoilta korkeuksilta ja yhtä pitkän matkan päästä puun ytimestä, eliminoitu kaikki muut seikat, joten tutkimuksen tuloksien perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä siitä, mitä metsätyyppi vaikuttaa männyn kvaliteettiin.

Kvaliteetin karakteristikoina on käytetty 1) osamäärää $\sqrt{\frac{\pi d^2}{4a}}$, joka on riippuvainen vuosirenkaan leveydestä ja puun pintakasvusta, 2) syyspuu-%:ia, 3) sydän- ja pintapuun G -%:a sekä 4) JANKAN laatuosamäärää, joka ilmaisee puristuslujuuden ja ominaispainon yhteisvaikutusta puun laatuun.

1. Osamäärän $\sqrt{\frac{\pi d^2}{4a}}$ suhteen on todettu, ettei se samalla metsätyypillä ilmaise männyn laatua, mutta sitävastoin, kun on kysymys eri metsätyypeistä, niin sen perusteella suunnilleen voidaan päättää siinä tapauksessa, että on tutkittu ainakin 20—30 puuta, ja näiden perusteella laskettu keskimäärä, suunnilleen, mihin metsätyyppiin puu kuuluu ja siis myös puun puristuslujuuden likiarvo.

2. Syyspuu-% ilmaisee samalla metsätyypillä jokseenkin tarkoin puun puristuslujuutta, jotapaitsi se myös on puun ominaispainon karakteristika, seikka, jonka jo entiset tutkimukset kyllin selvästi ovat ainakin kaikkiin tähän asti tutkittuihin havupuihin nähden osoittaneet. Sitäpaitsi on selvinnyt, että tämä prosenttimäärä on karakteristinen eri metsätyypeille ja että se kullakin metsätyypillä erikseen voidaan pitää puun puristuslujuuden karakteristika. Tässä yhteydessä on myös todettu, että puristuslujuus on riippuvainen metsätyypistä, vaikka ei kuitenkaan siten, että parempi tai huonompi metsätyyppi vastaisi parempaa tai huonompaa puristuslujuutta, vaan siten, että tässä suhteessa on olemassa jonkunlainen optimum, joka lienee MT:illä.

3. Sydänpuun ja pintapuun G % on riippuvainen metsätyypistä, mutta minkälainen tämä riippuvaisuus on, ei edellä olevista tutkimuksista selviä.

4. JANKAN laatuosamäärä on riippuvainen metsätyypistä ja on todennäköisesti suurin tutkituista tyypeistä MT:illä sekä huomattavasti pienempi OMT:illä kuin MT:illä ja VT:illä.

Tätä nykyä on alettu kiinnittää puun tutkimuksessa sangen suurta huomiota puun ulkonäköön ja alkuperään perustuviin tuntomerkkeihin. Tässä suhteessa on jo ennestään olemassa Brysselin kongressin määräykset vuodelta 1906, mutta niihin on tehty useita täydennyksiä. Näistä mainittakoon m.m. ne täydennykset, joita RKW:n toimesta on tehty. Näissä määräyksissä on otettu huomioon »Standortsgröße in Anlehnung an die Anleitung des Vereins deutscher Forstlicher Versuchsanstalten», jolloin kasvu- paikat ovat jaetut 3 luokkaan, nimittäin: gut (Standortsklasse I u. II), mittel (Standortsklasse III), ja gering oder schlecht (Standortsklasse IV u. V).

Edellä olevista johtopäätöksistä selvinnee, että CAJANDERIN metsätyypeillä täytyy olla ratkaiseva merkitys männyn laatua arvosteltaessa. Kun tiedetään, miltä metsätyypiltä puu on kaadettu sekä mihin puuluokkaan se on kuulunut, niin voidaan jo tämän perusteella likimääräisesti päätellä, minkälaiset männyn tärkeimmät mekaanis-teknilliset ominaisuudet ovat. Tällä seikalla on käytännössä se merkitys, että voidaan tietää, jos etsitään puuta, jolta vaaditaan määrättyjä mekaanis-teknillisiä ominaisuuksia, että se on etsittävä määrättyltä metsätyypiltä. Toiselta puolen taas voidaan niillä rajoituksilla ja edellytyksillä, jotka edellä on selostettu; päätellä, miltä metsätyypiltä joku puu on. Tällä seikalla taas voi olla merkityksensä esim. hyvin monessa oikeudenkäyntitapauksessa.

Vaikkei edellä olevilla tutkimuksilla läheskään ole ratkaistu kysymystä metsätyypin vaikutuksesta männyn kvaliteettiin, on niiden kautta esiintuotu tärkeitä tosiseikkoja tältä alalta, jotapaitsi tutkimuksien tulokset tekijän mielestä oikeuttavat tekemään sen johtopäätöksen, että puun alkuperää määriteltäessä metsäteknologisia tutkimuksia varten CAJANDERIN metsätyyppi ehdottomasti on otettava huomioon. Toiselta puolen selvinnee ylläolevasta se suuri merkitys, joka puun alkuperän, s.o. tässä tapauksessa metsätyypin, tuntemisella puun laatua arvosteltaessa on. Ulkonaiset tuntomerkit, sellaiset kuin vuosirenkaiden leveys, sydänpuu-%, pinta- ja sydänpuun määrä eivät vielä sellaisenaan anna selvää käsitystä siitä, minkälaisia ominaisuuksia puulla on. Puuta lajiteltaessa laatuluokkiin päästään kaikkein tarkimpiin tuloksiin, kun tunnetaan tarkoin puun alkuperä.

Puutavateollisuus elää nykyään vaikeita aikoja. Venäjä on maailman markkinoille ilmestynyt kaikille puutavaraa tuottaville maille vaarallisenä kilpailijana. Kilpailun kasvaessa on yhä enemmän kilpailtava laadulla, ja esim. sahatavaran viennin suhteen käy tämä mahdolliseksi m.m. siten, että puutavara entistä tarkemmin lajitellaan. Tarkan lajittelunsa vuoksi on esim. Ruotsi voinut saada puutavarastaan suurempia hintoja kuin Suomi. Voidaankin sanoa, että mitä tarkemmin ja käytännöllisemmin myyjä kykenee lajittelemaan tavaransa, sitä suurempia hintoja hän voi siitä saada. Tähänastinen lajittelu on voinut ainoastaan likimäärin määritellä puun laadun. Sen kautta on ensinnäkin voitu erottaa ala-arvoiset tavaraluokat ja jakaa paremmat tavaralaadut silmämäärällä helposti eroteltaviin luokkiin. Mutta jos esim. verrataan toisiinsa saman luokan tavaraa eri maantieteellisiltä latituedeilta, niin tullaan pian huomaamaan, että sen mekaanillis-teknilliset ominaisuudet ovat aivan erilaiset, riippuen siitä, että ne ovat eri kasvualueilta, metsätyypistä, puun asemasta metsikössä ja leikkeleen asemasta puussa. Jos nämä seikat otetaan lajiteltaessa huomioon, niin voidaan jo saada lajitteluluokkia, joiden laatu voidaan jokseenkin tarkoin numeroilla määritellä. Tämä merkitsee sitä, että vaativissa tapauksissa voidaan tietää, minkä luokan puuta on käytettävä. Mutta toiselta puolen merkitsee tämä myös suurempaa menekkiä sellaiselle tavaralle, jonka ominaisuuksista voidaan antaa tällaisia tietoja ja mahdollisesti määrättyissä raja-arvoissa jonkunlainen takuu.

Ensimmäinen askel tällaiseen tarkempaan lajitteluun tulee luonnollisesti olemaan alkuperän huomioon ottaminen puuta lajiteltaessa ja puun laatua määriteltäessä, ja tässä suhteessa on CAJANDERIN metsätyypeillä tekijän mielestä ratkaiseva merkitys.