

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 119 (1968)

Heft: 1

Artikel: Vermessung von Industrieholz

Autor: Dietz, P.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-765551>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 17.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Vermessung von Industrieholz

Von P. Dietz, Güglingen

Oxf. 527

(Aus dem Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft
der Universität Freiburg i. Br.)

1. Ziel der Vermessung — Meßverfahren

Industrieholz ist ein junges Holzsortiment. Die holzverarbeitende Industrie — im wesentlichen die Zellstoff- und Papierindustrie sowie die Span- und Faserplattenindustrie — hatte bei ihrem Entstehen zunächst auf das Sortiment zurückgegriffen, das bereits auf dem Markt verfügbar war, das Brennholz. Später wurden in den Sortierungsbestimmungen zwar Papierholz und Spanplattenholz als besondere Gebrauchssortimente ausgeschieden. An der Art der Aufbereitung und Bereitstellung dieses Holzes sowie an seiner Vermessung hat sich dadurch jedoch gegenüber dem bisherigen Vorgehen beim Brennholz nichts geändert. Mit steigender Bedeutung des Industrieholzes und dem gleichzeitigen starken Rückgang des Brennholzbedarfs hat diese «brennholzmäßige» Bereitstellung des Industrieholzes ihre Berechtigung verloren. Forst- und Holzwirtschaft sind — im wesentlichen als Folge der rasch steigenden Arbeitskosten — gezwungen, neue Wege bei der Bereitstellung und Verwertung des Industrierohstoffes Holz zu gehen.

Ziel der Vermessung von Industrieholz ist in erster Linie die Kenntnis der Holztrockensubstanzmenge. Die Ausbeute und damit der kalkulatorische Wert einer Holzmenge bestimmter Holzart steht nämlich bei der Zellstoff- und Holzschlifffherstellung in direktem Zusammenhang mit dem Gehalt an Trockensubstanz, also mit dem Trockengewicht (Atrogewicht) dieser Holzmenge (R. Sieber, 1936). Die Zellstoff- und Papierindustrie verkauft ihre Produkte nach Gewicht, und zwar nach Atrogewicht. Bei der Faserplatten- und Spanplattenherstellung gelten ähnliche Beziehungen. Die Zielsetzung bei der Vermessung von Industrieholz ist also grundsätzlich anders als bei der Vermessung von Stammholz, wo es auf die Kenntnis des Volumens und der Dimensionen ankommt. Ähnliches gilt übrigens auch für die Vermessung von Brennholz. Der gegenübliche Verkauf von Brennholz nach Gewicht hat also unter gewissen Voraussetzungen durchaus seine Berechtigung.

Es sind zwei grundsätzlich verschiedene Wege zur Ermittlung der Holztrockensubstanz möglich:

Der herkömmliche, bei uns nach den derzeitigen Sortierungsbestimmungen vorgeschriebene Weg führt über das Raummaß oder allgemein über das Volumen. Zur Ermittlung der Holztrockensubstanzmenge muß das Raummaß über Durchschnittswerte für Festgehalt und Dichte umgerechnet werden. Dabei ergeben sich naturgemäß Fehler. Direkte Festgehaltsermittlung bei Industrielangholz über Mittendurchmesser und Länge ist vor allem bei schwachen Sortimenten sehr aufwendig. Sie ist zudem mit erheblichen Fehlern belastet.

Ein zweiter Weg führt über Gewichtsmessung zur Ermittlung der Holztrockensubstanzmenge. Da Holz als poriger Körper wechselnde Anteile von Luft und Wasser enthält, muß das Frischgewicht mit durchschnittlichen Trockengehaltszahlen reduziert werden (Bruttogewichtsverfahren). Hieraus können sich in Abhängigkeit von den Schwankungen im Trockengehalt erhebliche Fehler ergeben. Die Meßgenauigkeit läßt sich wesentlich verbessern, wenn zusätzlich zur Gewichtsermittlung auch der Trockengehalt des zu vermessenden Holzes bestimmt wird (Atrogewichtsverfahren). Insbesondere wo große Holzmengen zu vermessen sind, wo also infolge Fehlerausgleichs auch durch Bruttogewichtsvermessung eine ausreichende Meßgenauigkeit zu erzielen ist, hat die Gewichtsvermessung in den vergangenen Jahren mehr und mehr an Bedeutung gewonnen. Dies gilt vor allem für die holzreichen Länder Nordamerikas (M. A. Taras, 1957; W. H. Martin, H. Simard, 1951) und Skandinaviens (A. Tuovinen, 1964; P. Braatne, T. Okstad, 1964). Es gilt mit gewissen Einschränkungen auch für das verhältnismäßig geringwertige Laubindustrieholz der französischen Taillis und für das Kiefernholz der Landes.

Auf Grund der Ergebnisse von Versuchen, die am Institut für Forstbenutzung der Universität Freiburg i. Br. durchgeführt wurden (P. Dietz, 1966), sollen im folgenden Grundlagen für eine Wertung der beiden möglichen Vermessungsverfahren, Volumenvermessung – Gewichtsvermessung, gegeben werden. Es werden dabei insbesondere Meßgenauigkeit und Vermessungsaufwand der einzelnen Verfahren zu prüfen sein. Anhand der Ergebnisse erster Großversuche soll schließlich die praktische Durchführbarkeit der Gewichtsvermessung unter unteren Verhältnissen diskutiert werden.

2. Volumenvermessung

2.1 Festgehalt von Schichtholz

Industrieholz wird bei uns nahezu ausschließlich als 1 m oder 2 m langes Schichtholz aufbereitet. Das Holz wird in Beigen mit gleicher Höhe aufgesetzt und nach Raummaß vermessen. Dabei wird ein Höhenzumaß (Schwindmaß) berücksichtigt. Zur Ermittlung des Festgehalts wird das Raummaß mit durchschnittlichen Umrechnungszahlen reduziert, die von 0,6 fm/rm bis 0,8 fm/rm variieren, je nach Stärke und Qualität des Holzes. Neuerdings wird diskutiert, ob es nicht möglich sei, sich auf eine durch-

schnittliche Umrechnungszahl für alle Schichtholzsorten zu beschränken. Dies würde vermutlich keine wesentliche Beeinträchtigung der Genauigkeit, wohl aber eine erhebliche Vereinfachung bedeuten.

Die Genauigkeit der Massenermittlung über das Raummaß hängt entscheidend von der «Richtigkeit» der Umrechnungszahl ab sowie von den Abweichungen von dieser Durchschnittszahl im Einzelfall. Die Holzmeßlehre hat sich daher eingehend mit der Festgehaltsmessung von Schichtholz befaßt. Leider fehlen neuere, praktisch verwertbare Untersuchungsergebnisse aus unserem Raum. Theoretische Überlegungen, wie sie unter anderm Vorreiter (1963) und Stach (1949) angestellt haben, können zwar an Modellbeispielen einen Teil der Zusammenhänge klären, sie vermögen jedoch keinen Aufschluß über die tatsächlichen Verhältnisse zu vermitteln. Wir entschlossen uns daher im Sommer 1965 in kleinerem Umfang eigene Untersuchungen durchzuführen (Versuch Krozingen). Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind zusammen mit einigen Daten aus der Literatur in Darstellung 1 und der dazugehörenden Tabelle zusammengefaßt. Dabei fällt zunächst auf, daß die Mittelwerte zumeist unter den bei uns angewandten Umrechnungsfaktoren liegen. Dies erklärt sich im wesentlichen daraus, daß sich die Untersuchungsergebnisse jeweils auf das exakte Raummaß (ohne Zumaß) beziehen. Im übrigen bestätigt sich die Vermutung, daß es nur bedingt gerechtfertigt ist, mit verschiedenen Umrechnungsfaktoren zu arbeiten: Die Streumaße überschneiden sich weitgehend. Dabei ist zu beachten, daß zumindest bei den Baurschen Untersuchungen das Setzen des Versuchsholzes sehr sorgfältig und unter Aufsicht erfolgte. In der Praxis sind größere Streuwerte zu erwarten.

Versuch Krozingen – Untersuchungsmaterial

Buchenfaserholz: Es wurden 118 rm vermessen. Das Holz stammte aus dem Wintereinschlag 1964/65 und stand zur Zeit des Versuchs zum Verkauf als Buchenfaserholz an die Schwäb. Zellstoff AG, Ehingen, bereit. Es kam aus Endnutzungshieben von drei verschiedenen Waldorten und wurde durch drei verschiedene Walddarbeiterpartien aufbereitet, in allen drei Fällen durch hauptberufliche Walddarbeiter. Das Holz der drei Waldorte war schon vom Ausgangsbestand her verschieden in der Qualität. Es war zudem nur zum Teil als Faserholz sortiert (Abb. 1), während es zum Teil ursprünglich als Brennholz aufbereitet war (Abb. 2).

Tannenfaserholz: Da in günstiger Nähe des Versuchsortes zur Zeit der Versuchsdurchführung kein aufbereitetes Fichtenfaserholz zur Verfügung stand, wurde die Untersuchung an Tannenfaserholz ausgeführt. Man wird die Ergebnisse ohne Bedenken auf Fichte übertragen können. Insgesamt wurden 77 rm vermessen. Das Holz war im Frühjahr 1965 eingeschlagen und aufbereitet worden. Es kam aus drei verschiedenen Waldorten und wurde von drei verschiedenen Walddarbeiterpartien aufbereitet, in allen drei Fällen durch hauptberufliche Walddarbeiter. Auch das Tannenfaserholz

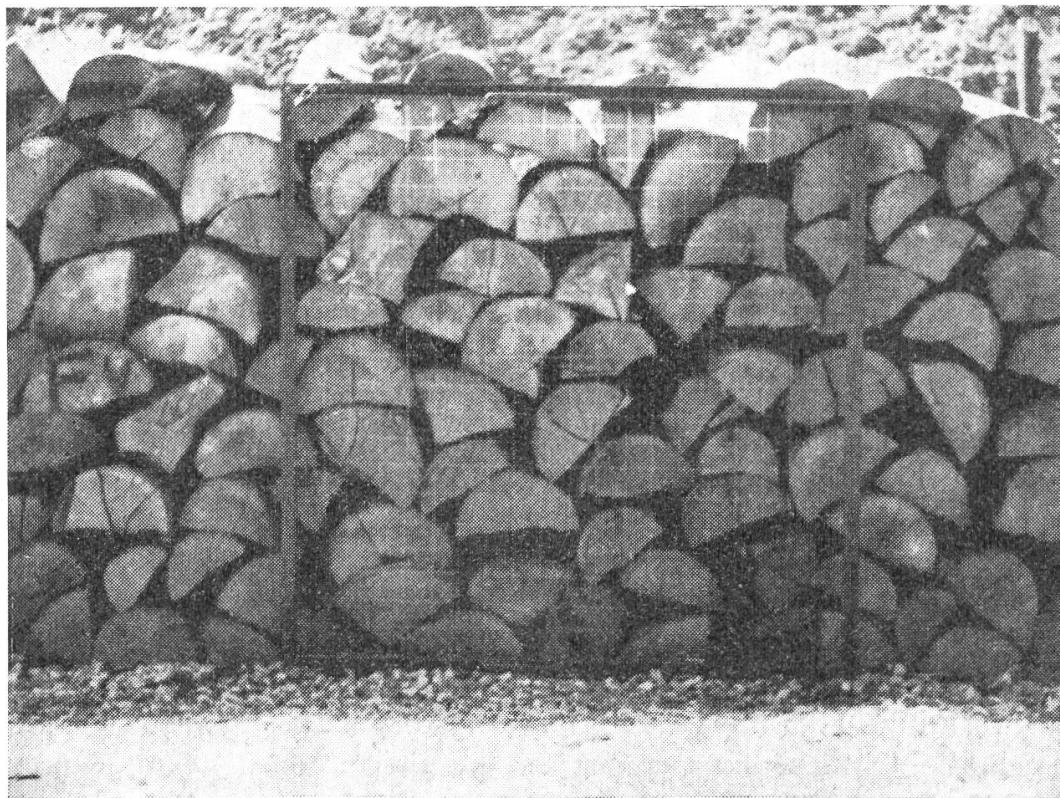


Fig. 1

Versuch Krozingen, Buchen-Faserholz, gute Qualität.

Essai de Krozingen, bois de ráperie de hêtre, bonne qualité.

wies erhebliche Qualitätsunterschiede auf. Zum Teil waren es gut einschichtbare Rugel aus schwächerem Durchforstungsanfall (Abb. 3), zum Teil schlecht einschichtbare Spaltstücke, die beim Gesundschneiden vom Stammholz angefallen waren oder sogar grobastige, beulige (Mistel) Zopfstücke (Abb. 4).

Versuch Krozingen – Versuchsablauf und Versuchsmethoden

Ermittlung des Waldmaßes: Das genaue Waldmaß wurde aus den Mittelwerten von Beigenhöhe, Beigenbreite und Prügellänge errechnet. Höhe und Breite wurden auf Zentimeter genau auf der Beigenvorder- und -rückseite wenigstens dreifach ermittelt, die Breite am Boden, in halber Höhe und am oberen Beigenrand. Die Prügellänge wurde an 10 Prozent der Holzstücke ebenfalls auf Zentimeter genau ermittelt. Als zusätzliche Kennziffern wurden der Einschichtungskoeffizient nach der Punktrastermethode (H. Gläser, 1953) und die Stückzahl pro Beige ermittelt.

Ermittlung von Frischgewicht (G_u) und Frischvolumen (V_u):

Nach Erhebung der Walddaten wurde das Untersuchungsmaterial gebündelt (Raummeter-Bündel) und in das Mastenwerk der Firma Richtberg

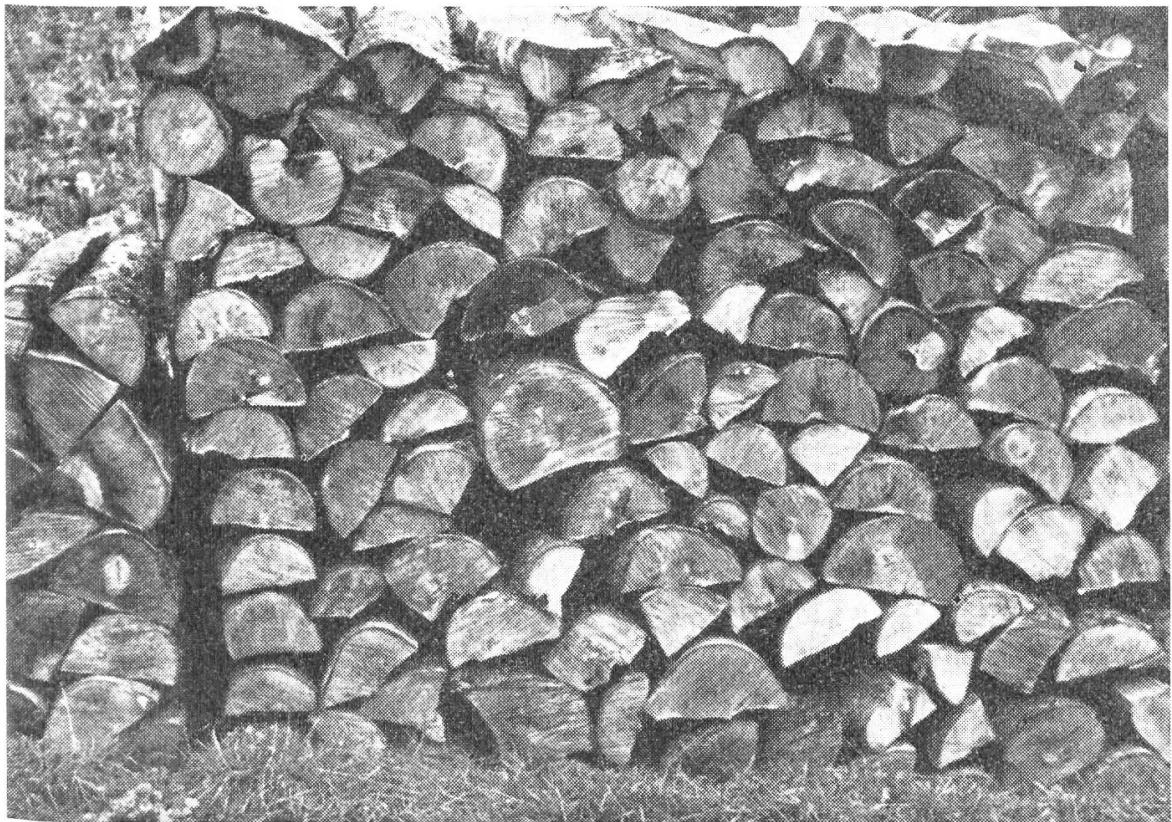


Fig. 2
Versuch Krozingen, Buchen-Faserholz, schlechte Qualität.
Essai de Krozingen, bois de râperie de hêtre, mauvaise qualité.

nach Bad Krozingen transportiert. Hier stand ein ausgedientes Imprägnierbecken für die Durchführung der Messungen zur Verfügung. Untersuchungseinheit war jedoch nicht das einzelne Bündel. Das Bündel war lediglich Transport- und Meßgröße. Ein Teil der Untersuchungseinheiten, vor allem bei Buche, waren Beigen mit vier und mehr Raummetern. Zur Messung der 41 Untersuchungseinheiten bei Buche mußten so insgesamt 118 rm-Bündel gemessen werden, was natürlich erheblich aufwendiger war, als wenn nur Raummeterbeigen gemessen worden wären. Da die Ergebnisse unserer Untersuchung möglichst die derzeitigen Verhältnisse widerspiegeln sollten, erschien es uns nicht richtig, nur Einzelraummeter in den Versuch einzubeziehen. Wir haben vielmehr den Faserholzanfall einzelner Schläge übernommen, wie er unbeeinflußt im Wald aufgesetzt worden war. Den 59 Untersuchungseinheiten entsprachen bei Tanne 77 rm.

Bei holzmeßkundlichen Untersuchungen wird das Volumen in der Regel stereometrisch oder mit Xylometer gemessen. Beide Methoden schienen uns zu umständlich und zum Teil unsicher. Wir entschlossen uns daher für die hydrostatische Volumenmessung. Maß für das Volumen des in Wasser getauchten Holzes ist hierbei der Auftrieb, also das Gewicht der verdrängten

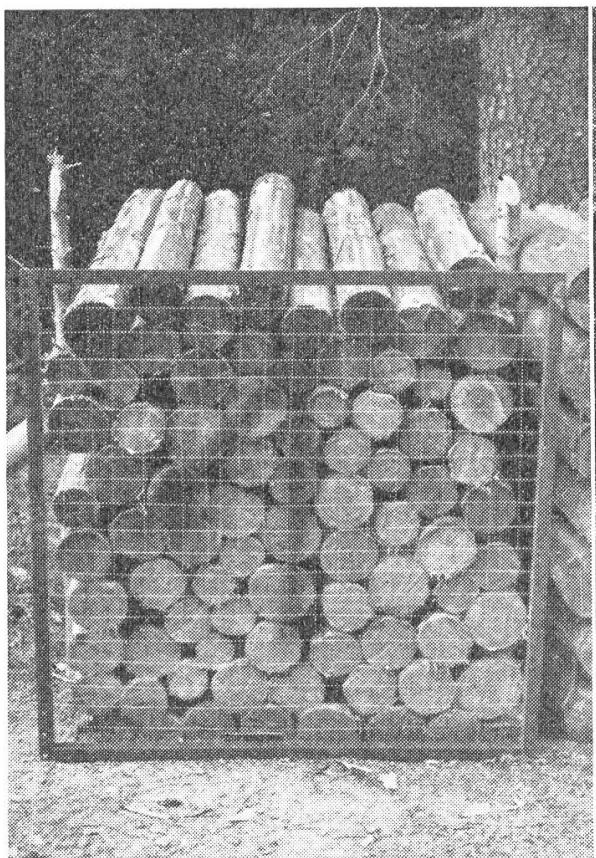


Fig. 3

Versuch Krozingen, Tannen-Faserholz, gute Qualität.

Essai de Krozingen, bois de râperie de sapin, bonne qualité.

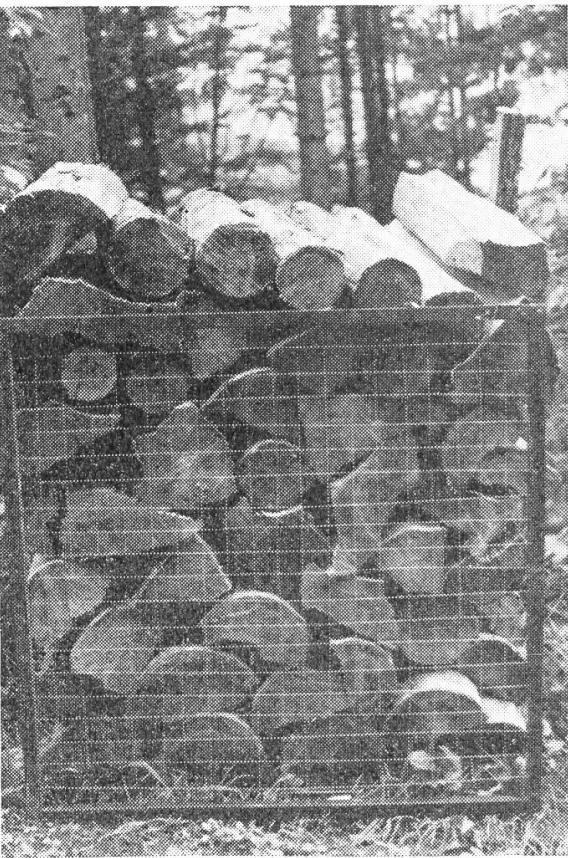


Fig. 4

Versuch Krozingen, Tannen-Faserholz, schlechte Qualität.

Essai de Krozingen, bois de râperie de sapin, mauvaise qualité.

Wassermenge (Satz des Archimedes). Diese Methode hat sich auch bei Messungen an kleinen Holzproben sehr gut bewährt (vgl. Abschnitt über die Dichte von Industrieholz). Für die Versuchsmessungen stand ein auf Unimog montierter hydraulischer Ladekran zur Verfügung, der die recht elegante und reibungslose Durchführung der Messungen erst ermöglichte. Die Waage war die Spezialausführung einer Balkenwaage mit 1 t Tragkraft bei 1-kg-Skaleneinteilung. Für die Wiegungen zur Gewichts- und Volumenermittlung wurden die einzelnen Bündel in einen Meßrahmen geschichtet. Dies war wegen der geringen Wassertiefe des Beckens (1,25 m) nötig. Der Rahmen wurde durch Gewichte zusätzlich belastet, so daß das Holz immer unter Wasser gedrückt wurde. Die Abbildungen 5 und 6 zeigen die Ermittlung von Frischgewicht (G_u) und Frischvolumen (V_u). Die beiden Größen ergaben sich als:

$$G_u = G_{\text{Brutto-Luft}} - G_{\text{Rahmen-Luft}}$$
$$V_u = G_{\text{Brutto-Luft}} - G_{\text{Brutto-Wasser}} - C$$

wobei C dem Volumen des Rahmens entspricht.

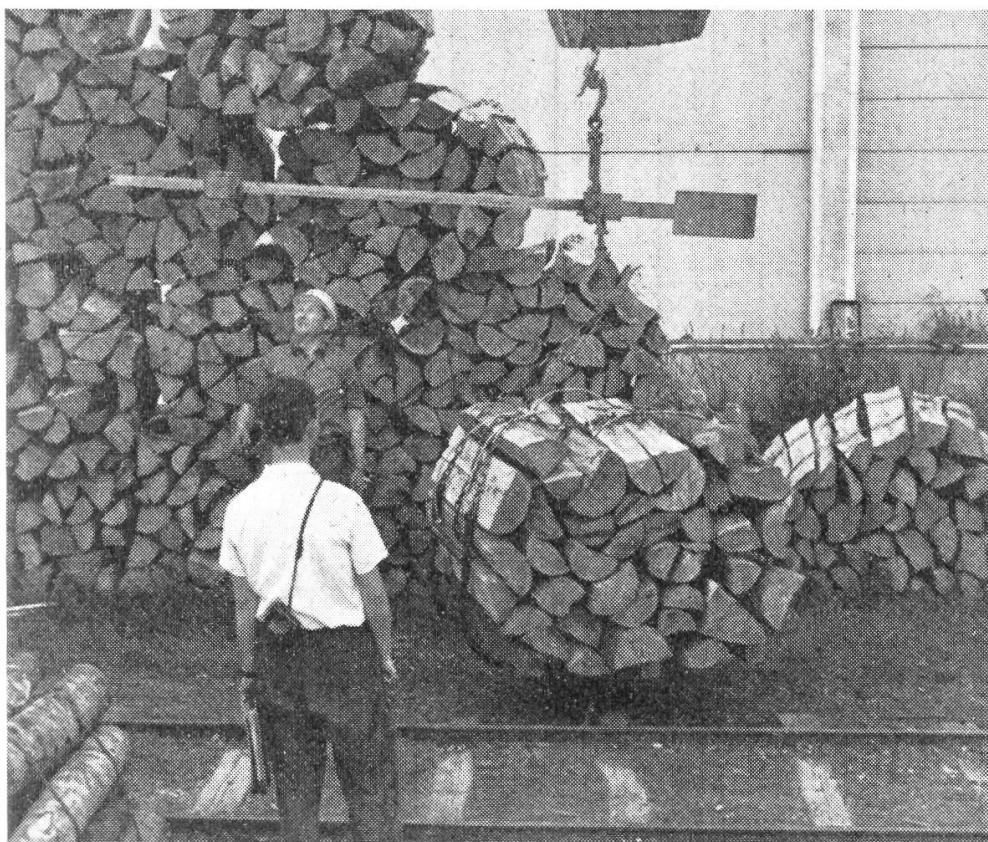


Fig. 5
Versuch Krozingen, Ermittlung des Frischgewichts.
Essai de Krozingen, détermination du poids à l'état vert.

Die Meßgenauigkeit war voll ausreichend: Der Fehler der Gewichtsermittlung dürfte bei etwa 0,1 Prozent, derjenige der Volumenermittlung unter 0,5 Prozent liegen.

Versuch Krozingen — Versuchsergebnisse

Das Material war zu begrenzt, um allgemein gültige Angaben über die Größe des richtigen Umrechnungsfaktors zu liefern. Ziel des Versuchs war in erster Linie, Anhaltspunkte über die Genauigkeit des Raummeters als Maßeinheit für Schichtholz zu bekommen.

$F_1 = \text{Festgehalt pro Verkaufs-Raummeter}$: F_1 errechnet sich:

für Buche zu $0,712 \text{ fm/rm} \pm 4,4\%$ (Variationsbreite von $0,655$ — $0,778$)

für Tanne zu $0,830 \text{ fm/rm} \pm 6,0\%$ (Variationsbreite von $0,751$ — $0,935$).

Bestimmend für diese Größe sind das Zumaß und der tatsächliche Festgehalt pro Raummeter, F_2 .

Der Festgehalt des untersuchten Tannenschichtholzes liegt erheblich über dem Festgehalt des untersuchten Buchenholzes. Dies hängt zum Teil mit dem hohen Zumaß zusammen, zum größeren Teil jedoch mit der bes-

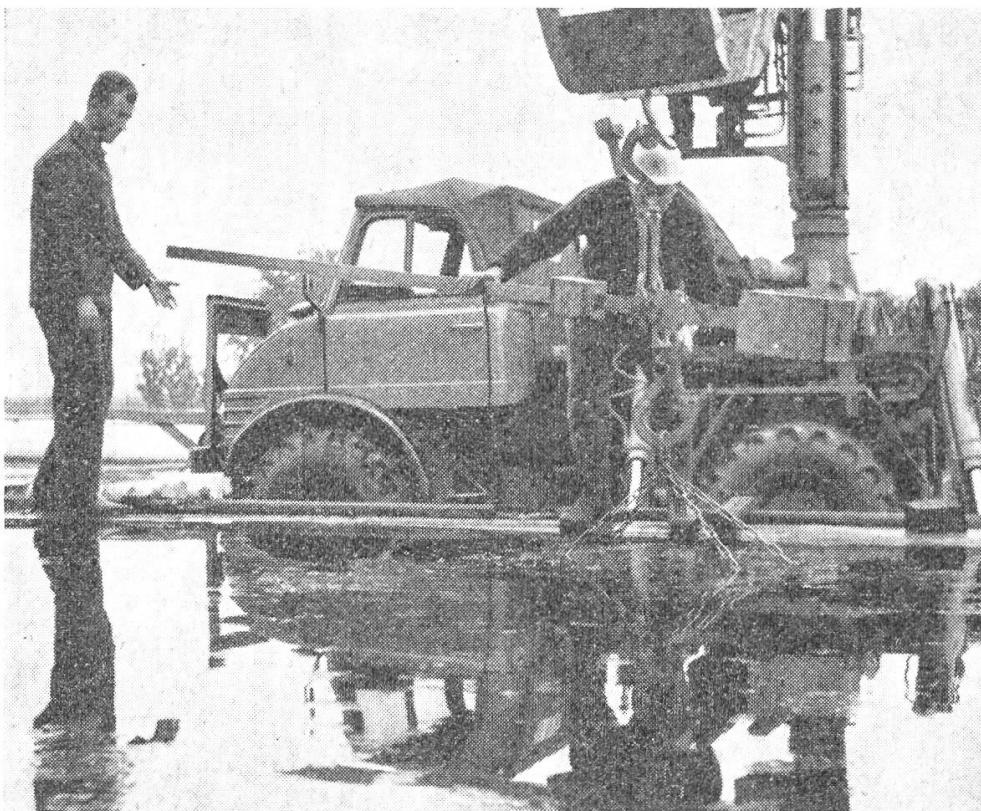


Fig. 6
Versuch Krozingen, Ermittlung des Frischvolumens.

Essai de Krozingen, détermination du volume à l'état vert.

seren Holzqualität und der sich daraus ergebenden besseren Einschichtung. Dies zeigt bereits der okulare Vergleich der Bilder 1/2 mit den Bildern 3/4.

Zumaß: Im Untersuchungsgebiet sind nach den derzeit gültigen Bestimmungen 4 Prozent vorgeschrieben. Tatsächlich ergaben sich im Durchschnitt des Versuchs:

Für Buche 6,0 % (Variationsbreite von -3 bis +19 %)

Für Tanne 7,6 % (Variationsbreite von -6 bis +32 %).

Dieses Ergebnis entspricht in der Größenordnung den von Magin (1951) mitgeteilten Untersuchungsergebnissen.

$F_2 = \text{Festgehalt pro Raummeter tatsächliches Waldmaß}$: F_2 liegt dem Zumaß entsprechend tiefer als F_1 :

für Buche bei $0,673 \text{ fm/rm} \pm 4,7 \%$ (Variationsbreite 0,589–0,728)

für Tanne bei $0,761 \text{ fm/rm} \pm 5,7 \%$ (Variationsbreite 0,682–0,830).

Der Wert für Tanne entspricht etwa dem von Magin ermittelten Wert für Fichte, während der Wert für Buche erheblich unter dem Maginschen Wert liegt und sich allenfalls mit dem von Baur ermittelten Wert für knorrige und krumme Buchenscheiter vergleichen lässt. Die Qualitäts-

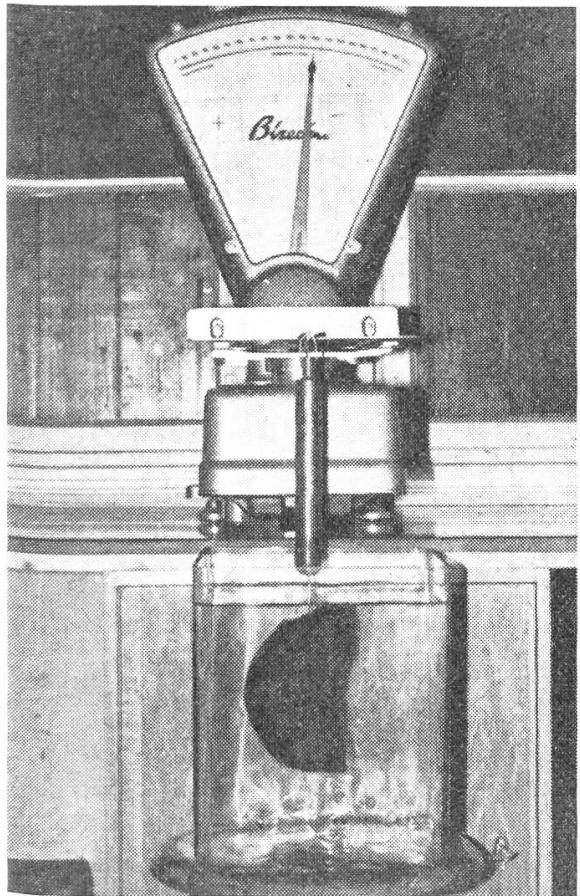


Fig. 7

Volumenermittlung an Stammscheiben.

Détermination du volume de rondelles de tronc.



Fig. 8

Ermittlung des Trockengehalts nach der Darrmethode.

Détermination de la matière sèche par séchage et pesée.

anforderungen an Buchenfaserholz sind seit den Maginschen Untersuchungen aus verschiedenen Gründen erheblich gesunken.

Streuung des Festgehalts: Sie ist naturgemäß höher, je inhomogener das Holz ist. Am geringsten ist sie daher mit $\pm 4,1$ Prozent für die Tannenrugel und am höchsten mit $\pm 6,6$ Prozent für die Tannenscheiter. Infolge des großen Anteils inhomogener Scheiter beim Tannenfaserholz liegt die Streuung für alle Tannen zusammen mit $\pm 5,7$ Prozent höher als die Streuung für Buche mit $\pm 4,7$ Prozent (vgl. auch Darstellung 1).

Genauigkeit der Festgehaltsermittlung bei Schichtholz:

Als wesentliches Ergebnis kann gesagt werden, daß der Festgehalt von Schichtholz selbst in einem eng begrenzten Untersuchungsgebiet in der Größenordnung von ± 5 Prozent um seinen Mittelwert schwankt. Bei Ausdehnung der Untersuchung über ein größeres Gebiet würden sich vermutlich noch größere Streuungen ergeben. Die Streuung und damit der Fehler bei der Einschätzung des Festgehalts in der Praxis erhöht sich zudem da-

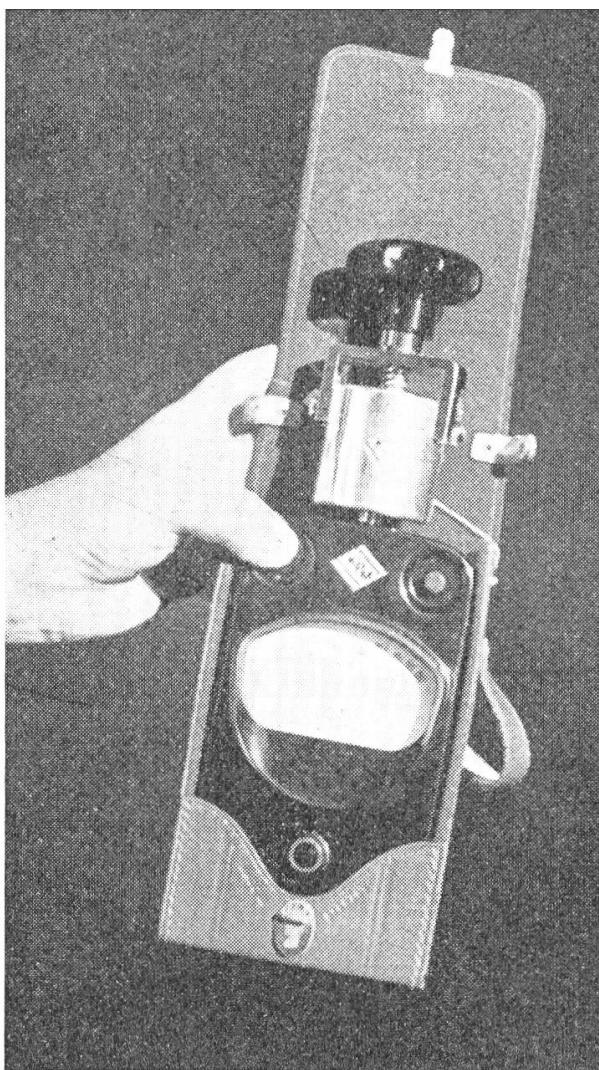


Fig. 9
Widerstandsmeßgerät mit Becherelektrode.

Appareil pour la mesure de la résistance électrique du bois (électrodes en forme de bécher).

durch, daß nicht ein für den jeweiligen Fall ermittelter Umrechnungsfaktor benutzt wird, sondern ein allgemein üblicher Faktor, der vom «richtigen» Wert mehr oder weniger stark abweicht.

Entscheidend bei der Vermessung von Industrieholz sind jedoch nicht die Verhältnisse an der einzelnen Holzbeige. Es geht vielmehr darum, den Hiebsanfall an einem Waldort, bzw. die Menge eines Verkaufs zu ermitteln. Man könnte erwarten, daß sich dabei durch die größere Menge ein gewisser Fehlerausgleich ergibt. Daß dies in der Praxis nur sehr bedingt der Fall ist, zeigen die Ergebnisse unserer Versuche. Für die Summenwerte der sechs Untersuchungsorte errechnen sich folgende Abweichungen von der derzeit gültigen Umrechnungszahl 0,8:

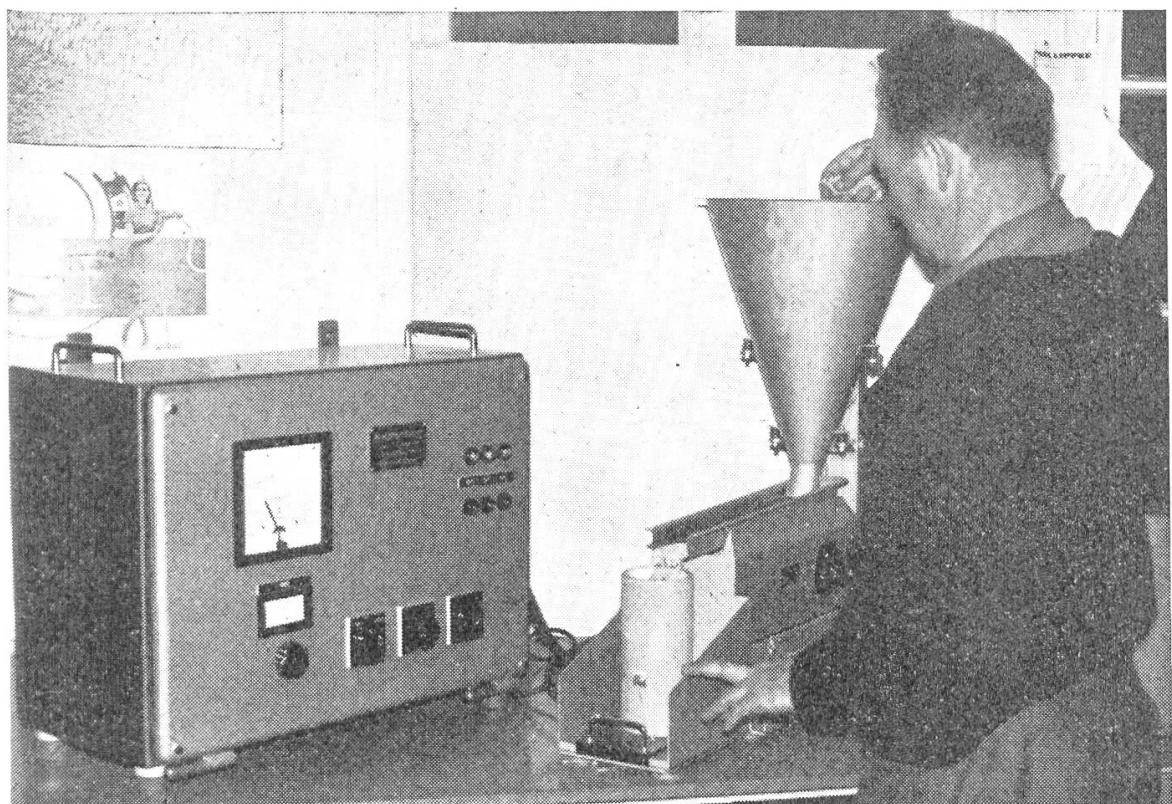


Fig. 10
DK-Meßgerät.

Appareil pour la mesure de la constante diélectrique du bois.

Tabelle 1

<i>Teilversuch</i>	<i>Holzart</i>	<i>mittl. Festgehalt (fm/rm)</i>	<i>Abweichung (% /o)</i>
1	Bu	0,765	- 4
2	Bu	0,709	-11
3	Bu	0,705	-12
Summe	Bu	0,712	-11
4	Ta	0,856	+ 7
5	Ta	0,792	- 1
6	Ta	0,839	+ 5
Summe	Ta	0,830	+ 4

Für Käufer und Waldbesitzer ergaben sich im vorliegenden Falle also Fehler von -12 bis +7 Prozent. Es handelt sich dabei um systematische

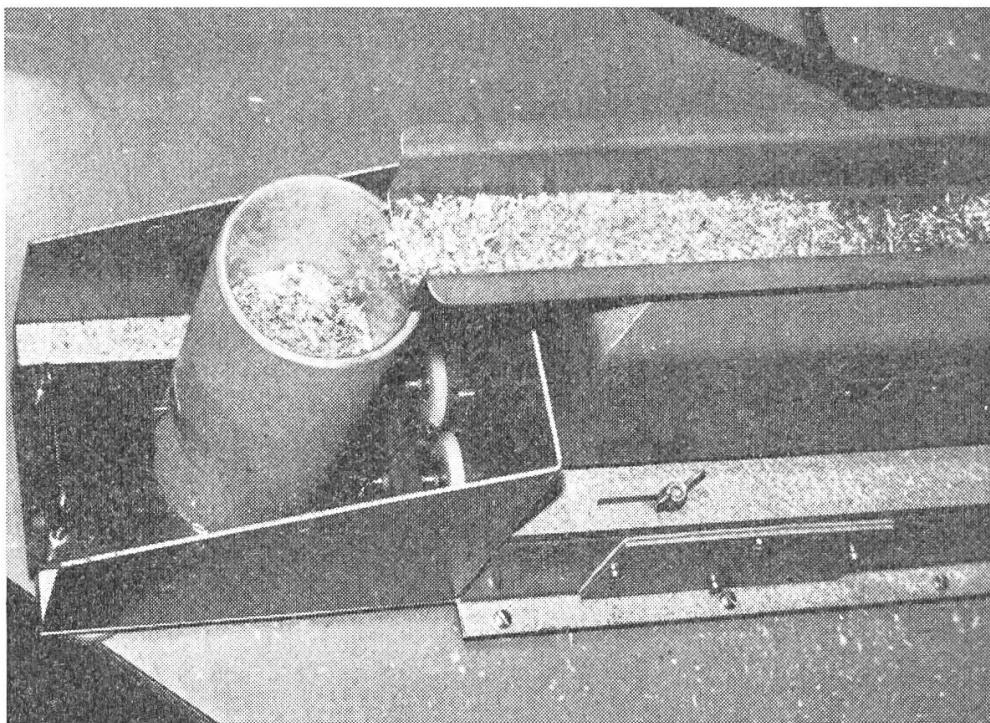


Fig. 11

Mechanische Schüttelrinne zur Aufgabe des Meßguts für die DK-Messung.

Vibrateur mécanique pour le remplissage des copeaux pour la mesure de la constante diélectrique.

Abweichungen, vor allem bedingt durch unterschiedliche Holzqualität, unterschiedliches Zumaß und unterschiedliche Qualität der Einschichtung.

Ein etwaiger Übergang vom Waldmaß zum Werkmaß durch Vermessung der einzelnen Ladungen beim Eingang ins Werk verspricht keine wesentliche Verbesserung der Meßgenauigkeit. Das Beladen eines LKW oder eines Eisenbahnwaggons mit Faserholz läßt wie das Vermessen der oft komplizierten Ladungsfiguren Spielraum für erhebliche Festgehaltsunterschiede je nach Holzqualität und Ladequalität. Durch mechanische Beladung werden die Verhältnisse noch unübersichtlicher. Die einzigen exakten Meßversuche an ganzen Lieferungen liegen aus Schweden vor. Die von Nylinder mitgeteilten Festgehaltswerte wurden an LKW-Ladungen ermittelt (vgl. Darstellung I). Aus dem Grundlagenmaterial eigener Versuche errechnet sich die mittlere Abweichung einzelner Lieferungen:

An 32 Lieferungen Ta/Fi-Faserholz zu $\pm 5,6\%$ (Vers. Maxau II)

An 33 Lieferungen Bu-Faserholz zu $\pm 5,4\%$ (Vers. Ehingen II).

Man wird daher auch für größere Untersuchungseinheiten unterstellen müssen, daß der Fehler der Festgehaltsermittlung über Raummaß und durchschnittliche Einschichtungsfaktoren im Minimum ± 5 Prozent beträgt.



Fig. 12

Einmann-Motorsäge zur Entnahme von Probespänen.

Scie à moteur agencée pour le prélèvement des copeaux.

2.2 Dichte von Industrieholz

Zur Ermittlung der Holztrockensubstanzmenge aus dem Festmaß ist eine weitere Umrechnung mit durchschnittlichen Dichtezahlen erforderlich. Auf Grund der Dichteverhältnisse im stehenden Stamm lässt sich vermuten, daß die Dichte von Industrieholz selbst innerhalb einzelner Lieferungen starke Streuungen aufweisen wird, die der Summe der Streuungen innerhalb einzelner Bäume und zwischen den Bäumen eines Bestandes entspricht. Ob sich darüber hinaus signifikante Dichteunterschiede zwischen einzelnen Lieferungen ergeben, wird davon abhängen, ob tatsächlich Dichteunterschiede zwischen einzelnen Beständen (Standorten, Wuchsgebieten) bestehen.

Die Holztechnologie hat seit Robert Hartig Dichteuntersuchungen an allen forstlich interessierenden Holzarten durchgeführt. Diese Untersuchungen konzentrieren sich jedoch in der Regel auf Messungen an Einzelstämmen. Zur Beurteilung der durchschnittlichen Dichte von Industrieholz und deren Streuung sind Großzahluntersuchungen an Industrieholz erforderlich. Der Verein Zellcheming regte in den Jahren 1934/35 umfangreiche Untersuchungen über die Dichte von Fichtenzellstoffholz an. An diesen Untersuchungen beteiligten sich zehn Firmen der Zellstoffindustrie. Das Material umfaßt mehr als 20 000 Proben aus Zellstoffholz verschiedener Herkunft. Die Proben wurden als 20 mm starke Stammscheiben aus Faserholz heraus-

gesägt. Die Volumenbestimmung wurde einheitlich nach dem Xylometerverfahren durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse wurden von R. Sieber (1935) gesammelt und ausgewertet und in einer zusammenfassenden Veröffentlichung bekanntgegeben. Leider ist das umfangreiche Untersuchungsmaterial in den Kriegswirren verlorengegangen, so daß eine weitere statistische Auswertung nur schwer möglich ist. Wir haben versucht, einen Teil der Grundlagendaten aus den von Sieber veröffentlichten graphischen Darstellungen zu rekonstruieren. Dabei beschränkten wir uns auf die für unsere Zellstoff- und Papierindustrie derzeit interessanten Herkünfte (vgl. Tabelle 2).

*Tabelle 2
Darrdichte r_o von Fichtenfaserholz (nach R. Sieber)*

Herkunft	Probenzahl <i>n</i>	Mittl. Dichte r_o (g/cm ³)	Streuung	
			<i>s</i>	<i>v</i> (%)
1 Rußland	3427	0,447	0,040	9,0
2 Finnland	368	0,453	0,044	9,6
3 Schweden	450	0,453	0,040	8,8
4 Bayer. Wald) (Fichtelgeb.) (Frankenwald)	1074	0,459	0,047	10,2
5 Süddeutschland	2054	0,452	0,043	9,5
Versuch Maxau II (Ta/Fi)	500	0,451	0,043	9,5

Zur Beurteilung des bei der Errechnung der Holztrockensubstanzmenge einer Industrieholzlieferung aus ihrem Festgehalt und durchschnittlichen Dichtezahlen zu erwartenden Fehlers muß die wahrscheinliche Abweichung der Dichte einzelner Lieferungen von einer als Durchschnittswert angenommenen Dichte bekannt sein. Wir haben daher im Rahmen unserer Untersuchungen Dichtemessungen an je 50 Lieferungen von Tanne/Fichte- und Buchenfaserholz durchgeführt. Wie bei den Untersuchungen des Vereins Zellcheming wurde die Messung an 20 mm starken Stammscheiben durchgeführt, die aus je zehn zufällig einer Ladung entnommenen Industrieholzstücken herausgesägt wurden. Abbildung 7 zeigt die Versuchsanordnung für die hydrostatische Volumenmessung. Da zur Ermittlung der Darrdichte r_o das Darrvolumen V_o gemessen werden muß, wurde ein Teil der Stammscheiben vor der Messung mit einer nicht quellenden Flüssigkeit getränkt, um Meßfehler durch Wasseraufnahme des trockenen Holzes zu vermeiden. Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefaßt:

Tabelle 3
Dichte von Industrieholz (Versuche Maxau II und Ehingen II)
(untersucht an je 50 Lieferungen Ta/Fi und Bu)

Holzart	Darrdichte r_0 (g/cm ³) Mittelwert	Streuung		
		zwischen den Lieferungen	innerhalb der Lieferungen	insgesamt
Ta/Fi	0,451 (Ta = 0,440; Fi = 0,454)	0,0217 4,8 %	0,0375 8,3 %	0,0432 9,5 %
Bu	0,672	0,0242 3,6 %	0,0368 5,4 %	0,0439 6,5 %

Der Mittelwert der Darrdichte für Tanne lag mit 440 um rund 3 Prozent unter dem Mittelwert für Fichte mit 454, was den Ergebnissen anderer Untersuchungen entspricht. Der Unterschied ist allerdings statistisch nur für das ganze Untersuchungsmaterial auf Grund der hohen Probenzahlen gesichert. Bemerkenswert ist die gute Übereinstimmung des Werts für Tanne/Fichte mit den von R. Sieber (1935) mitgeteilten Untersuchungsergebnissen für die Herkunft 5 Süddeutschland. Das Einzugsgebiet des Sieberschen Untersuchungsmaterials deckt sich mit dem Einzugsgebiet des im Rahmen unseres Versuchs Maxau II untersuchten Holzes. Der Wert für Buche stimmt gut mit den bei R. Trendelenburg, H. Mayer-Wegelin (1955) zusammengetragenen Ergebnissen verschiedener Untersuchungen überein.

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen früherer Untersuchungen sei zusammenfassend festgehalten:

1. Die durchschnittliche Darrdichte von Industrieholz aus dem Untersuchungsgebiet liegt (gerundete Werte)

für Ta/Fi bei 0,450 g/cm³

für Bu bei 0,670 g/cm³

Das für die Umrechnung von Frischvolumen in Holztrockensubstanz erforderliche Dichtemaß, die Raumdichte R, ergibt sich daraus

für Ta/Fi zu 405 kg/fm

für Bu zu 560 kg/fm.

2. Die mittlere Dichte von Tanne/Fichte- bzw. Buchenindustrieholz verschiedener Herkünfte unterscheidet sich nur unwesentlich. Die Dichtewerte streuen innerhalb der einzelnen Herkunftsgebiete so stark, daß ein gesicherter Nachweis von Unterschieden zwischen den verschiedenen Gebieten nicht möglich ist.

3. Die durchschnittliche Dichte einzelner Industrieholzlieferungen weicht von dem für das Untersuchungsgebiet ermittelten Gesamtdurchschnitt mehr oder weniger stark ab (Varianzanalyse: Streuung zwischen den Lieferungen). Bei der Verwendung von durchschnittlichen Dichtezahlen sind im Mittel folgende Fehler zu erwarten:

$$\begin{aligned} \text{für Ta/Fi} & \pm 4,8 \% \\ \text{für Bu} & \pm 3,6 \%. \end{aligned}$$

2.3 Ermittlung der Holztrockensubstanzmenge aus dem Raummaß

Die Ermittlung der Holztrockensubstanzmenge aus dem Raummaß erfordert eine zweifache Umrechnung:

$$\text{Raummaß} \times \text{Festgehalt} = \text{Festmaß}$$

$$\text{Festmaß} \times \text{Raumdichte} = \text{Holztrockensubstanzmenge (Atrogewicht)}.$$

In der industriellen Praxis werden die beiden Umrechnungsfaktoren (Festgehalt und Raumdichte) häufig zu einem Faktor Atrogewicht pro Raummeter kombiniert. Die aus der Verwendung durchschnittlicher Umrechnungsfaktoren resultierenden Fehler addieren sich nach der Fehlertheorie:

$$P_{\text{atro}} = \pm \sqrt{P_F^2 + P_R^2}$$

wobei

P_{atro} = Fehler der Atrogewichtsermittlung

P_F = Fehler der Festgehaltsermittlung

P_R = Fehler aus der Annahme einer durchschnittlichen Dichte.

P_F konnte zu $\pm 5\%$ (Abschnitt 2.1), P_R zu $\pm 4,8\%$ für Tanne/Fichte und $\pm 3,6\%$ für Buche (Abschnitt 2.2) eingeschätzt werden. Es ist somit folgender Fehler der Atrogewichtsermittlung zu erwarten:

$$\begin{aligned} P_{\text{atro}} &= \pm \sqrt{5^2 + 4,8^2} = \text{etwa } \pm 7\% \text{ für Tanne/Fichte} \\ &= \pm \sqrt{5^2 + 3,6^2} = \text{etwa } \pm 6\% \text{ für Buche.} \end{aligned}$$

Dabei sind «richtige» Umrechnungsfaktoren unterstellt. Systematisch falsche Werte werden zu noch größeren Fehlern bei der Umrechnung führen. Unser derzeitiges Verfahren der Vermessung von Industrieholz nach dem Raummaß ist demnach mit einer erheblichen Unsicherheit behaftet, sofern Ziel der Vermessung die Ermittlung der Holztrockensubstanzmenge ist.

3. Gewichtsvermessung

Die Vermessung von Industrieholz nach Gewicht bietet zunächst Schwierigkeiten in doppelter Hinsicht:

Vermessungstechnisch bereitet die Berücksichtigung des unterschiedlichen Austrocknungsgrades des Holzes Schwierigkeiten. Für den praktischen Forstbetrieb erwachsen zusätzliche Schwierigkeiten aus der Tatsache,

daß das Verkaufsmaß erst im Werk ermittelt wird, also für Verlohnung und Holzmassenbuchführung im Wald nicht zur Verfügung steht.

3.1 Ermittlung des Holztrockengehalts

Meßgröße:

Die Holztechnologie bestimmt den Feuchtigkeitsgehalt von Holz (F_o) als Unterschied des Gewichts der feuchten (G_u) und der getrockneten Probe (G_o), bezogen auf das Gewicht der getrockneten Probe:

$$F_o = \frac{G_u - G_o}{G_o} \cdot 100 \text{ (%).}$$

In der Zellstoff- und Papierindustrie sowie in der Feuerungstechnik wird der Gewichtsunterschied der feuchten und der getrockneten Holzprobe auf das Frischgewicht (G_u) bezogen. Es ergibt sich dadurch aus denselben Grundwerten eine andere Meßgröße:

$$F_u = \frac{G_u - G_o}{G_u} \cdot 100 \text{ (%).}$$

F_u gibt an, wieviel Prozent Wasser in einer Gewichtsmenge enthalten sind.

Der Komplementärwert von F_u zu 100 ist der Trockengehalt T :

$$T = 100 - F_u = \frac{G_o}{G_u} \cdot 100 \text{ (%).}$$

Als Meßgröße für die Berücksichtigung der Holzfeuchtigkeit im Rahmen der Gewichtsvermessung von Holz eignet sich am besten der Trockengehalt, und zwar aus zwei Gründen:

Er ist die Meßgröße der Zellstoff- und Papierindustrie, also der Hauptabnehmer von Industrieholz. Er ist zudem eine leicht verständliche Größe, die angibt, wieviel Prozent Trockensubstanz im Gesamtgewicht einer Lieferung enthalten sind.

Meßmethode:

Die Standardmethode zur Ermittlung der Holzfeuchtigkeit ist die Darrmethode (DIN 52183). Sie ergibt für praktische Trockengehaltsmessungen die größtmögliche Genauigkeit. Der Trockengehalt ergibt sich aus dem Frischgewicht (G_u) und dem Darrgewicht (G_o) einer Holzprobe (vgl. Grundformel für T). Die Probe wird zunächst frisch gewogen (G_u), dann im Trockenschrank bei $103 \pm 2^\circ\text{C}$ bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und schließlich zur Ermittlung des Darrgewichts (G_o) erneut gewogen. Für die Trockengehaltsermittlung ist also eine Präzisionswaage erforderlich (für praktische Messungen empfiehlt sich eine elektrische Schnellwaage mit Meßbereich 1000 g und Skaleneinteilung 0,1 g) und ein Trockenschrank (wenigstens 100 Liter Fassungsvermögen mit Luftumwälzung und Thermostat, der die Einhaltung der geforderten Temperatur garantiert), vgl. Abbildung 8.

Darstellung 1

Festgehalt von Schichtholz / Volume du bois empilé

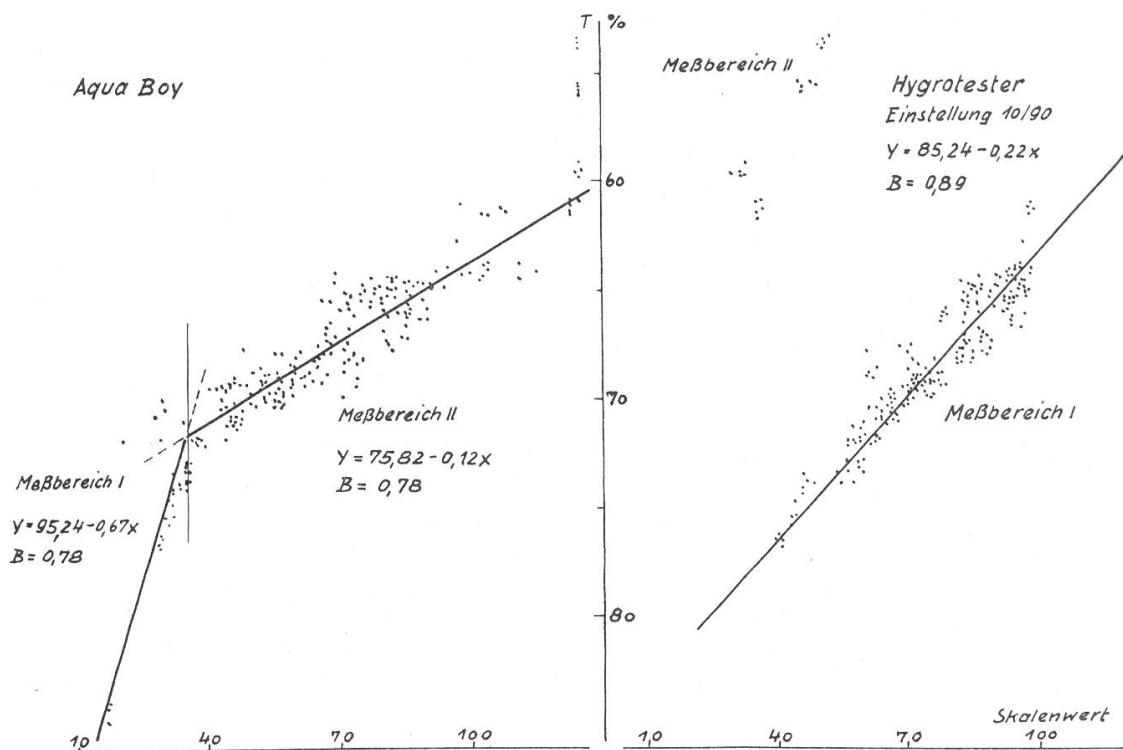
			Festgehalts-Prozent	x	s_x	v_x
<i>1 BAUR 1879</i>						
1.1	1.2	1.3	1.1 Bu-Prügel, ϕ 7–10 cm, glatt und gerade	1 m lg.	63	5,04
1.4	1.5	1.6	1.1 Bu-Prügel, ϕ 10–14 cm, glatt und gerade	1 m lg.	71	3,05
1.3	1.4	1.5	1.2 Bu-Prügel, ϕ 14–30 cm, glatt und gerade	1 m lg.	74	3,2
1.3	1.4	1.5	1.3 Bu-Scheiter, ϕ 14–30 cm, glatt und gerade	1 m lg.	66	3,35
1.4	1.5	1.6	1.4 Bu-Scheiter, ϕ 14–30 cm, knorr. u. krumm 1 m lg.	1 m lg.	66	5,1
<i>2 NYLINDER 1958, 1961</i>						
2.1	2.2	2.3	2.1 gem. Faserplattenholz, schwach, gestreift	2 m lg.	61,6	4,4
2.1	2.2	2.3	2.2 Bi-Spanplattenholz, ϕ 10 cm m. R.	2 m lg.	62,2	4,0
2.2	2.3	2.4	2.3 Na-Spanplattenholz, ϕ über 5 cm m. R.	2 m lg.	65,8	5,7
2.3	2.4	2.5	2.4 Sulfat-Holz (Kie) o. R.	2 m lg.	68,6	3,0
<i>3 ARO 1958</i>						
3.1	3.2	3.1	3.1 Fi-Faserholz, ϕ 14 cm o. R.	2 m lg.	74,3	1,66
3.2	3.3	3.2	3.2 Kie-Faserholz, ϕ 14 cm o. R.	2 m lg.	74,3	1,89
<i>4 HEISKANEN 1964</i>						
4.1	4.2	4.1	4.1 Bi-Faserholz, ϕ 13,4 cm m. R.	2,2 m lg.	64,9	0,9
<i>5 FFA München 1950</i>						
5.1	5.2	5.1	5.1 Fi-Faserholz, ϕ über 7 cm o. R.	1 und 2 m lg.	74	3,0
5.2	5.3	5.2	5.2 Bu-Faserholz, ϕ über 7 cm m. R.	1 m lg.	76	2,2
<i>6 VERSUCH KROZINGEN</i>						
6.1	6.2	6.1	6.1 Bu-Faserholz, ϕ 10–20 cm m. R., Waldmaß 1 m lg.	1 m lg.	67,3	3,15
6.2	6.3	6.2	6.2 Verkaufsmäß 1 m lg.	1 m lg.	71,2	3,12
6.3	6.4	6.3	6.3 Ta-Faserholz, ϕ 10–20 cm o. R., Waldmaß 1 m lg.	1 m lg.	76,1	4,35
6.4			6.4 Verkaufsmäß 1 m lg.	1 m lg.	83,0	4,96

Neben ihrer Bedeutung für die praktische Trockengehaltsmessung hat die Darrmethode Bedeutung als Testmethode zur Überprüfung instrumenteller Meßmethoden. Wesentlicher Nachteil ist die lange Trocknungszeit (10 bis 12 Stunden bei Stammscheiben, 5 bis 8 Stunden bei Sägespänen). Die Trocknungszeiten lassen sich beträchtlich vermindern durch Verwendung von Infrarot als Wärmequelle. Es sind verschiedene Infrarot-Meßgeräte auf dem Markt, die allerdings für Trockengehaltsmessungen an feuchten Holzproben gewisse Nachteile haben. Ein wesentlicher Teil unserer Untersuchungen war infolgedessen darauf ausgerichtet, eine geeignete Schnellmethode zur Messung der Feuchtigkeit an Holzspänen zu finden. Nachfolgend seien die beiden aussichtsreichsten Methoden kurz beschrieben:

Elektrische Widerstandsmessung: Im darrtrockenen Zustand ist Holz ein ausgezeichneter Isolator. Mit steigendem Wassergehalt sinkt der Ohmsche Widerstand sehr rasch und erreicht bei wassergesättigtem Holz etwa den Wert von normalem Leitungswasser. Die Beziehungen zwischen Leitfähigkeit und Wassergehalt von Holz sind vor allem im Bereich unterhalb der Fasersättigungsfeuchte sehr straff. Sie lassen sich daher insbesondere in diesem Bereich gut zur Einschätzung des Holztrockengehalts benützen. In höheren Feuchtigkeitsbereichen wird eine Trockengehaltsmessung mit Hilfe von Widerstandsmeßgeräten problematisch. Trockengehaltsmessungen an Rundholz mit Hilfe von Einschlagelektroden sind wenig aussichtsreich, da es sich hierbei nur um Punktmessungen handelt. Bei der Trockengehaltsermittlung im Rahmen der Holzvermessung interessiert jedoch der durchschnittliche Trockengehalt, wie er etwa durch Sägespäne aus einem Querschnitt repräsentiert wird. Für Trockengehaltsmessung an Schüttgütern stehen becherförmige Elektroden zur Verfügung (Abb. 9).

Die Meßergebnisse des Widerstandsmeßgeräts, das für unsere Versuche zur Verfügung stand, waren im Bereich unterhalb der Fasersättigungsfeuchte sehr gut. Unterschiede zwischen verschiedenen Holzarten können in diesem Bereich vernachlässigt werden. Oberhalb der Fasersättigungsfeuchte ergab sich erwartungsgemäß eine stärkere Differenzierung nach Holzarten, die Meßergebnisse waren weniger gut. (Die Darstellung 2 gibt eine falsche Vorstellung von der erreichbaren Genauigkeit. Die einzelnen Punkte der Eichkurve des Widerstandsmeßgeräts sind jeweils Mittelwerte aus zwei Messungen. Die tatsächliche Streuung einzelner Meßwerte ist also größer. Dies ist insbesondere beim Vergleich zur DK-Messung zu beachten, wo es sich um Einzelmessungen handelt.) Der bei der Vermessung von Industrieholz interessierende Feuchtigkeitsbereich lässt sich nur mit zwei getrennten Meßbereichen bewältigen. Im Grenzbereich ergeben sich dadurch zum Teil erhebliche Fehlermöglichkeiten.

DK-Messung: Die vorzügliche Eignung der DK-Messung zu Wasser gehaltsbestimmungen an festen Stoffen, Schüttgütern und Flüssigkeiten beruht darauf, daß Wasser eine sehr viel höhere DK = Dielektrizitätskon-



Darstellung 2
 Elektrische Trockengehaltsmessung, Eichkurven für Buchen-Sägespäne
 Versuch Ekingen II

Mesure électrique de la teneur en matière sèche — Courbe d'étalonnage pour des copeaux de hêtre

stante hat als die meisten übrigen Dielektrika. So beträgt zum Beispiel die DK von darrtrockenem Buchenholz:

2,5 bei Faserrichtung senkrecht zum elektrischen Feld,

3,6 bei Faserrichtung parallel zum elektrischen Feld.

Reines Wasser dagegen hat eine DK von 81.

Für unsere Versuche stand ein Hygrometergerät der Firma P. Lippke KG, Neuwied, zur Verfügung (Abb. 10). Das Meßgut ändert die Kapazität des Kondensators und damit die Frequenz eines Senders. Diese veränderte Frequenz wird in einer Mischstufe mit der quarzstabilisierten Frequenz eines zweiten Senders gemischt. Das resultierende Signal wird nach verschiedenen Umformungsprozessen im Anzeigegerät als Gleichspannung angezeigt und ist Maß für die Feuchtigkeit des Meßguts. Die direkte Anzeige des Geräts ermöglicht kontinuierliche Messungen. Das Gerät wurde speziell für die kontinuierliche Messung bei Papier- und Zellstoffmaschinen entwickelt.

Um bei Schüttgütern zu reproduzierbaren Ergebnissen zu gelangen, müssen die Messungen bei stets gleichbleibender Schütttdichte der Proben durch-

$$T_{st} = f(T_{sp})$$

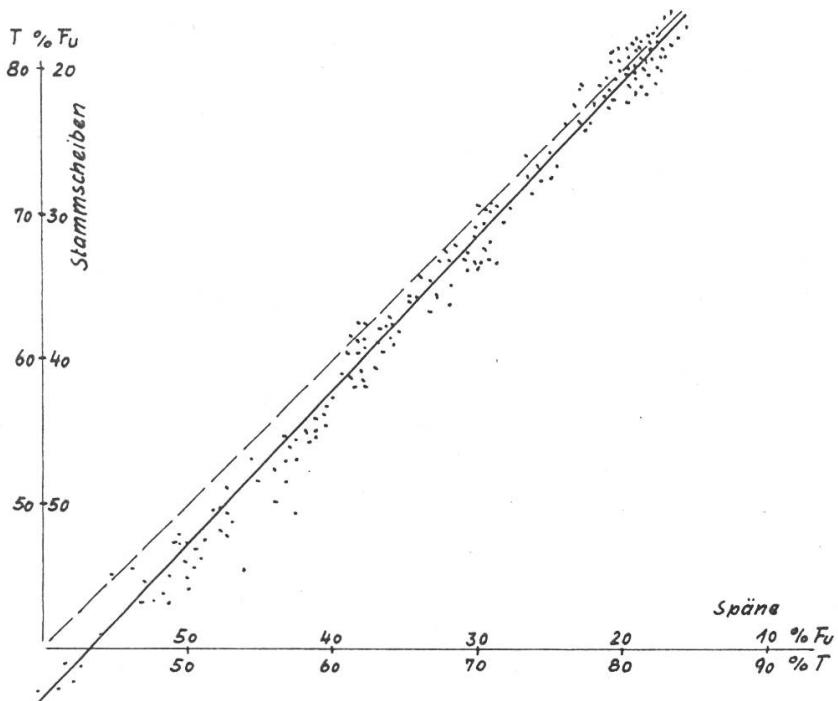
$$Y = -4,56 + 1,05x$$

$$B = 0,97$$

Korrekturfaktor:

$$\Delta = 0,05x - 4,56$$

X	Δ
50	-2,06
60	-1,56
70	-1,06
80	-0,56
90	-0,06



Darstellung 3
Korrektur der an Sägespänen gemessenen T-Werte
Versuch Maxan II

Correction pour les valeurs de T, établies sur des copeaux

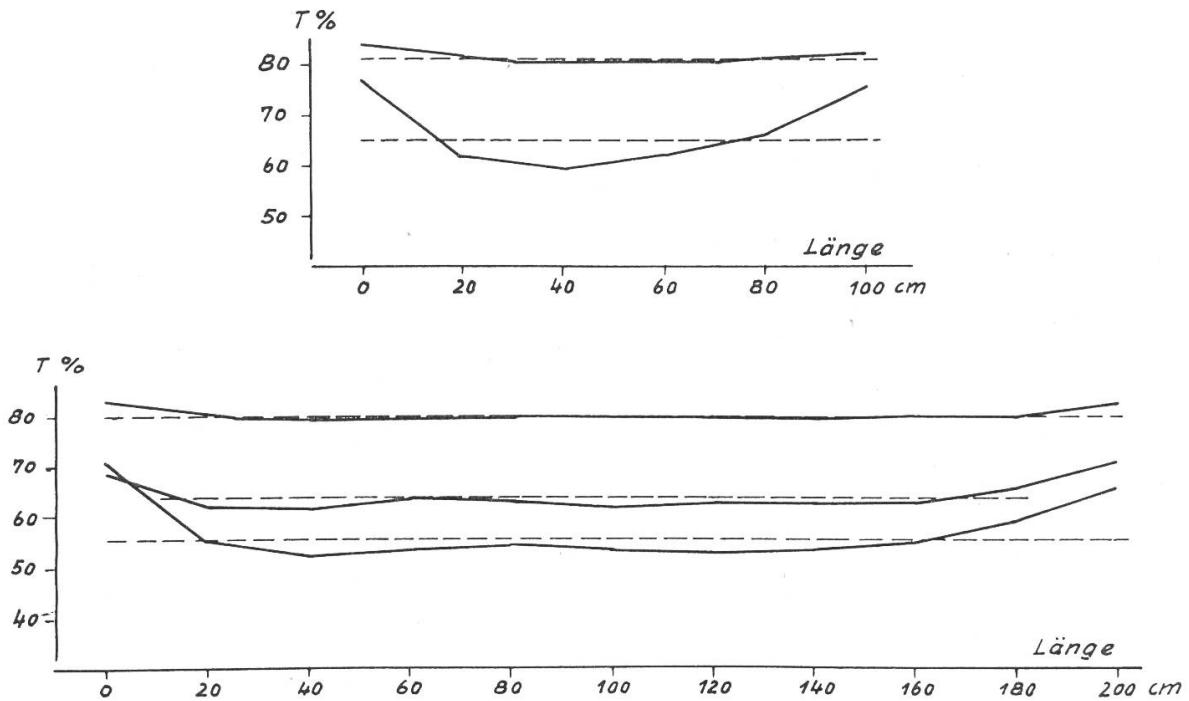
geführt werden. Hierin liegt die Hauptschwierigkeit der DK-Messung zur Feuchtigkeitsbestimmung an Sägespänen. Unterschiedliche Sägebezahlung ergibt bei verschiedenen Holzarten und Feuchtigkeiten verschiedene Späneformen. Dadurch wird die Schüttichte stark beeinflußt, die Meßergebnisse variieren. Wir haben bei unseren Versuchen mit einer Reißerzahnkette gearbeitet, die über alle Holzarten und Feuchtigkeitsstufen hinweg ein verhältnismäßig homogenes Spänegut ergab. Um eine möglichst gleichmäßige Schüttichte zu erzielen, wird das Meßgut bei dem Hygrometergerät der Firma Lippke über eine mechanische Schüttelrinne in den Becherkondensator gefüllt (Abb. 11). Die Messung wird dadurch von subjektiven Momenten weitgehend unabhängig.

Die Ergebnisse unserer Versuche sind erfreulich gut. Die DK-Messung gibt über den ganzen Feuchtigkeitsbereich hinweg gleichmäßig gute Meßergebnisse.

Bei einem Vergleich mit der elektrischen Widerstandsmessung schneidet die DK-Messung besser ab (siehe Tabelle 4).

Probenahme zur Trockengehaltsermittlung:

Die Trockengehaltsermittlung an Industrieholz kann naturgemäß nur als Stichprobenmessung erfolgen. In der Regel ist sogar das einzelne Holz-



Darstellung 4
Verteilung des Trockengehalts in Fichten-Faserholz o. R.
Versuch Maxan II

Répartition de la teneur en matière sèche pour du bois de râperie d'épicéa (sans écorce)

Tabelle 4
Meßfehler in T% bei der Trockengehaltsermittlung

Holzart	elektrische Widerstandsmessung		DK-Messung
	Meßbereich I (unterhalb FS)	Meßbereich II (oberhalb FS)	
Fichte	1,3	2,3	1,7
Buche	2,7	1,7	1,1

stück noch zu groß. Es müssen kleinere Proben herausgesägt, -gebohrt oder -gefräst werden. Für die Praxis hat sich am besten bewährt, Sägespäne mit Hilfe leichter Einmann-Motorkettensägen aus dem Probekörper zu entnehmen. Die Späne können am Spanabweiser der Säge leicht aufgefangen werden (Abb. 12). Beim Sägvorgang geht je nach Holzart, Holzfeuchtigkeit und Sägeform unter Umständen Holzfeuchtigkeit verloren. Die Späne sind also

etwas trockener als Stammscheiben. Die Meßergebnisse sind daher gegebenenfalls zu korrigieren, vgl. Darstellung 3.

Der Trockengehalt variiert innerhalb einzelner Holzstücke nach gewissen Gesetzmäßigkeiten, die bei der Probenahme zu beachten sind:

Querschnitt: Der Trockengehalt variiert häufig vom Kern zum Splint oder bei Scheitern von der Spaltseite zur Außenseite. Eine repräsentative Probe sollte daher den gesamten Holzquerschnitt erfassen, etwa in Form einer Stammscheibe oder in Form der bei einem Querschnitt anfallenden Sägespäne. Bei Rundholz genügt es, wenn der Querschnitt nur halb, also bis zum Mark geführt wird.

Längenschnitt: Bei Industriekurzholz (1 und 2 m lang) ergibt sich als Folge der Austrocknung während der Lagerung ein typisches Feuchtigkeitsgefälle von innen nach außen (Darstellung 4). Eine Querschnittsprobe, die den Feuchtigkeitsdurchschnitt eines Holzstücks repräsentieren soll, muß also an einer ganz bestimmten Stelle des Längsschnittes entnommen werden. Auf Grund von Großzahluntersuchungen ergab sich hierfür in Übereinstimmung mit ausländischen Untersuchungen:

*Tabelle 5
Probenahme zur Trockengehaltsermittlung an Faserholz*

Holzsorte	Entnahmestelle
1 m langes Buchenfaserholz mit Rinde	15 cm vom Prügelende
1 m langes Fichtenfaserholz ohne Rinde	20 cm vom Prügelende
2 m langes Fichtenfaserholz ohne Rinde	25 cm vom Prügelende

Bei Industrielangholz wirkt sich die Austrocknung von den Enden her auf den Feuchtigkeitsdurchschnitt verhältnismäßig gering aus. Demgegenüber ist hier unter Umständen zu beachten, daß die Feuchtigkeit im stehenden Stamm in der Regel vom Stammfuß zum Kronenansatz hin zunimmt. Die Proben sind daher am besten in der Mitte der einzelnen Holzstücke zu entnehmen.

Genauigkeit der Trockengehaltsermittlung:

Entsprechend der unterschiedlichen Ausgangsfeuchtigkeit verschiedener Bäume und Baumteile und entsprechend den unterschiedlichen Austrocknungsbedingungen während der Lagerung des Holzes weisen die einzelnen Holzstücke einer Ladung zum Teil erhebliche Unterschiede im Trockengehalt auf. Die Kenntnis der Variabilität des Holztrockengehalts zwischen den einzelnen Holzstücken einer Ladung bestimmt die Anzahl Proben, die

zur Erreichung einer gewünschten Genauigkeit aus dieser Ladung zu entnehmen sind. Auf Grund der Analyse von mehr als 100 Faserholzlieferungen (Lastzüge, Eisenbahnwaggons) können wir Angaben über die Größenordnung der Trockengehaltsstreuung innerhalb einzelner Lieferungen machen. Im Durchschnitt des Untersuchungsmaterials ergaben sich hierfür:

bei Tanne/Fichte $\pm 9,9\%$ des mittleren Trockengehalts

bei Buche $\pm 7,1\%$ des mittleren Trockengehalts.

Die Größe der Streuung hängt bei Nadelholz deutlich vom absoluten Wert des Trockengehalts ab. Die Streuung steigt verhältnismäßig stark mit abnehmendem Trockengehalt. Bei Buche war diese Abhängigkeit so gering, daß sie vernachlässigt werden kann.

Die prozentuale Abweichung einzelner Meßwerte vom durchschnittlichen Wert einer Lieferung läßt sich für die geschilderte Art der Probenahme nach der Fehlertheorie einschätzen als Summe der Abweichungen auf Grund der Trockengehaltsstreuung innerhalb einzelner Holzstücke (v_{Ls}) und zwischen den Holzstücken einer Lieferung (v_{Lfg}) zuzüglich der Abweichungen der Anzeige des Meßgeräts vom wahren Wert (v_{DK}):

$$v_T = \sqrt{v_{Lfg}^2 + v_{Ls}^2 + v_{DK}^2}.$$

Bei unseren Versuchen ergaben sich folgende Durchschnittswerte:

<i>Streuungskomponente</i>	<i>Ta/Fi</i>	<i>Bu</i>
v_{Ls}	2,9 %	1,1 %
v_{Lfg}	9,9 %	7,1 %
v_{DK}	2,3 %	2,2 %
v_T	10,5 %	7,5 %

Der zu erwartende prozentuale Fehler des über Stichproben ermittelten durchschnittlichen Trockengehalts einer Lieferung errechnet sich hieraus nach der Fehlertheorie zu

$$p_T = \sqrt{\frac{v_T}{N}}$$

wobei N die Anzahl der Stichproben bedeutet. Da der Fehler im Frischgewicht der Lieferung zu vernachlässigen ist, entspricht der prozentuale

Tabelle 6
Prozentualer Fehler der Trockengehaltsermittlung von Industrieholz

<i>Holzart</i>	<i>Stichprobenzahl</i>	
	<i>N = 5</i>	<i>N = 10</i>
Ta/Fi	$\pm 4,7$	$\pm 3,3$
Bu	$\pm 3,4$	$\pm 2,4$

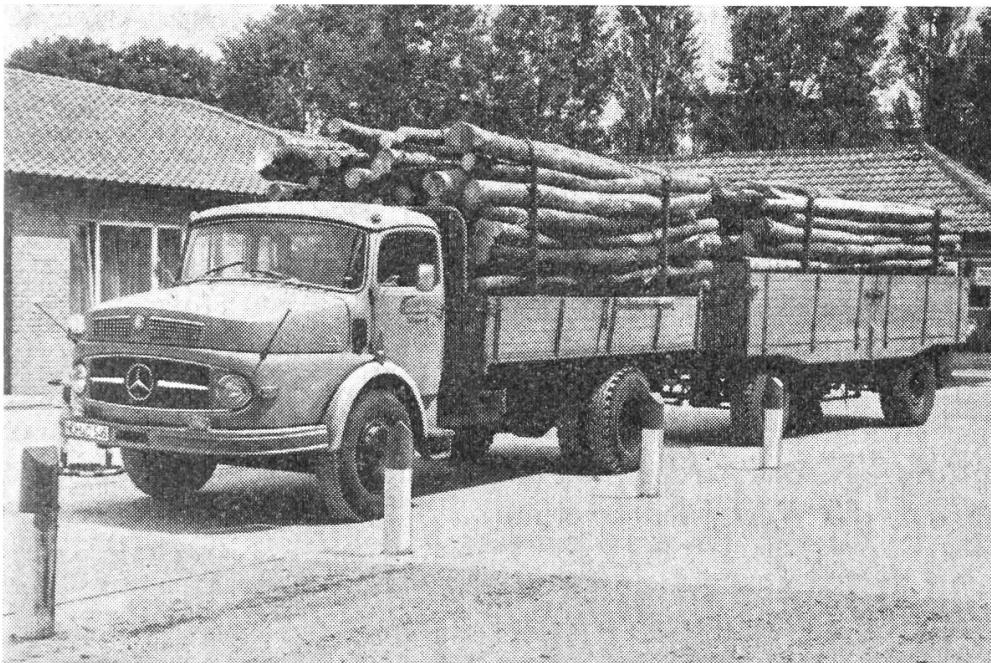


Fig. 13
Ermittlung des Bruttogewichts einer Lieferung.
Détermination du poids brut d'une livraison de bois.

Fehler der Trockengehaltsermittlung zugleich dem prozentualen Fehler der Atrogewichtsermittlung. Das Atrogewicht lässt sich also nach dem Atrogewichtsverfahren in Abhängigkeit von der Stichprobenzahl mit beliebiger Genauigkeit ermitteln.

3.2 Die Praxis der Gewichtsvermessung

Vermessung:

Der Vermessungsvorgang gestaltet sich sehr einfach. Grundsatz muß sein, daß Gewichtsermittlung und Trockengehaltsbestimmung gleichzeitig zu erfolgen haben. Nur so kann sichergestellt werden, daß der eingeschätzte Trockengehalt auch dem Bruttogewicht entspricht, daß also keine Veränderungen im Trockengehalt zwischen Gewichts- und Trockengehaltsermittlung eingetreten sind. Die Gewichtsermittlung wird daher in der Regel beim Werkseingang durchzuführen sein. Hier stehen bei den größeren Abnehmern Brückenwaagen mit ausreichender Meßgenauigkeit zur Verfügung (Abb. 13). Wo dies nicht der Fall ist, wäre allenfalls zunächst an die Benützung öffentlicher Waagen zu denken.

Nach dem Wiegen fährt das Fahrzeug zur Abladestelle, wo während des Entladens zufällig einige Holzstücke für die Probenahme ausgewählt werden. In der Regel wird sich durch fünf Probestücke pro Ladung eine ausreichende Genauigkeit erzielen lassen. Aus diesen Probehölzern werden die

Probespäne mit einer kleinen Motorkettensäge herausgefräst (Abb. 12). Die Späne einer Ladung werden in einer Dose gesammelt und mit Datum und Lieferungsnummer gekennzeichnet. Die Dose wird verschlossen und dem LKW-Fahrer mitgegeben. Das Fahrzeug fährt zur Ermittlung des Netto-gewichts zur Waage zurück. Gleichzeitig mit der Gewichtsermittlung kann die Trockengehaltsmessung mit einem an der Waage aufgestellten Schnell-meßgerät erfolgen. In der Regel wird die Sammelprobe einer Ladung zu groß für die Messung sein. Da die Späne der einzelnen Holzstücke geschichtet in der Dose liegen, muß die Probe dann gut durchmischt werden. Aus dieser Mischprobe werden eine oder zwei kleinere Proben für die eigentliche Messung entnommen. Das Nettogewicht (G_u) wird mit dem Trockengehalt (T) multipliziert. Das Atrogewicht (G_o) der Holzlieferung liegt also vor, ehe das Fahrzeug das Werk wieder verläßt:

$$G_o = G_u \cdot \frac{T}{100} \text{ (kg)}.$$

Offensichtliche Falschmessungen lassen sich jederzeit sofort überprüfen. Soll der Trockengehalt nach der Darrmethode ermittelt werden, können die Proben eines Tages bis zum Abend gesammelt werden. Die Trocknung würde dann über Nacht erfolgen, so daß der Trockengehalt am anderen Morgen für alle Lieferungen des vergangenen Tages bestimmt werden kann.

Konsequenzen:

Die Schwierigkeiten, die sich in der Praxis der Gewichtsvermessung ergeben, resultieren aus der Tatsache, daß ein Übergang vom Raummaß zum Gewichtsmaß gleichzeitig Übergang vom Waldmaß zum Werkmaß bedeutet. Dies wird vor allem dort spürbar, wo, wie in der Bundesrepublik, Holz bislang ausschließlich ab Wald verkauft wurde. Bei Verkauf frei Eisenbahn-waggon oder gar frei Werk, wie er in der Schweiz für Industrieholz verbreitet ist, ist ein etwaiger Wechsel vom Raummaß zum Gewichtsmaß weit weniger problematisch.

Mit dem Waldmaß entfällt die bisher gemeinsame Grundlage für Ver-lohnung, Holzmassenbuchführung und Verkauf. Am Beispiel der ersten Gewichtsverkäufe von Industrielangholz der Baden-Württembergischen Staatsforstverwaltung soll nachfolgend diskutiert werden, wie diesen Schwie-rigkeiten begegnet werden kann.

Verlohnung: Das Raummaß war nicht die einzige mögliche und einzige richtige Grundlage zur Errechnung des Stücklohns. Verschiedene Unter-suchungen konnten zeigen, daß bei der Aufbereitung von schwachem Wald-holz die Anzahl Laufmeter oder einfach die Stückzahl aufbereiteter Stämmchen, eventuell in Verbindung mit dem mittleren Durchmesser, eine ein-fachere und richtigere Verlohnungsgrundlage bilden. Für die Aufbereitung von Buchenlangholz wurde daher eine Stücklohn-tabelle erarbeitet, aus der

der Lohnbetrag für einen aufbereiteten Baum in Abhängigkeit vom mittleren Durchmesser des ausscheidenden Bestandes zu entnehmen ist. Beim Holzauszeichnen werden die zu entnehmenden Stämmchen gezählt. Gleichzeitig wird der mittlere Brusthöhendurchmesser durch Stichproben (Probestreifen) bestimmt. Die Zahl der ausgezeichneten und später aufbereiteten Stämmchen wird nach Beendigung des Arbeitsauftrags mit dem Stückszahl multipliziert (R. Grammel, 1967). Bei der Aufbereitung von Ta/Fi-Faserholz hat sich die Verlohnung nach dem Laufmeter bereits in weitem Umfang eingeführt (M. Riehle, 1965).

Kontrolle von Einschlag und Verkauf: Zur Kontrolle von Holzeinschlag und Holzverkauf ist bei Wegfall des Waldmaßes eine schätzungsweise Ermittlung der eingeschlagenen und zum Verkauf bereitstehenden Holzmenge erforderlich. Durch die Abteilung Ertragskunde der Forstlichen Versuchs- und Forschungs-Anstalt in Freiburg i. Br. wurde für langes Buchenindustrieholz eine einfache Schätztabelle berechnet, aus der über dem mittleren Durchmesser des ausscheidenden Bestandes (also dem Wert, der gleichzeitig als Verlohnungsgrundlage dient) die mittlere Stückmasse abzulesen ist. Die geschätzte Masse ergibt sich durch Multiplikation der Stückzahl mit der Stückmasse des Tarifs. Eine erste Erprobung des Tarifs hat ergeben, daß der mittlere Schätzfehler bei ± 7 Prozent liegen dürfte, also nur knapp über dem Fehler der Massenermittlung über das Raummaß (vgl. Abschnitt 2).

Die Abwicklung des Verkaufs: Der Übergang vom Waldmaß zum Werkmaß bedeutet für die Baden-Württembergische Staatsforstverwaltung einen totalen Bruch mit den derzeit gültigen Verkaufsgrundsätzen. Nach diesen Grundsätzen (Holzverkaufsvorschrift für die Staatswaldungen im Land Baden-Württemberg vom 7. Januar 1958) wird das Holz im Wald verkauft. Die Gefahr des Verlustes und der Wertminderung des im Walde lagernden Holzes geht mit dem Verkauf an den Käufer über. Das Holz darf erst abgefahrene werden, wenn es vollständig bezahlt wird. Im Interesse der Rationalisierung hat man sich entschlossen, auf diese bisher streng gewahrten Grundsätze zum Teil zu verzichten:

Das Holz wird auf Grund eines Vorvertrages an den Abnehmer verkauft. Sobald ein Schlag verkaufsfertig aufbereitet ist, teilt das Forstamt dem Käufer die nach der Schätztabelle aus Stückzahl und mittlerem Durchmesser ermittelte ca-Menge mit. Das Werk übernimmt hierauf den Abtransport des Holzes innerhalb einer dreimonatigen Abfuhrfrist. Nach Eingang des Holzes im Abnehmerwerk geht der Wiegutschein mit der Atrogewichtsermittlung an das Forstamt zurück, das auf dieser Grundlage die Rechnung schreibt. Durch die dreimonatige Abfuhrfrist ist es möglich, die Bücher rechtzeitig zu Ende eines jeweiligen Forstwirtschaftsjahres abzuschließen. Für die Kaufpreisberechnung wurde der seither bestehende Kaufpreis pro Raummeter Faserholz in einen Kaufpreis pro Tonne atro Faserholz um-

gerechnet. Da der Übergang zum Gewichtsmaß gleichzeitig mit dem Übergang zur Lieferung von langem und frischem Holz erfolgt, waren Abschläge einzukalkulieren für höhere Transportkosten auf Grund des höheren Gewichts von frischem Holz, für Mehraufwand des Verarbeiters durch eventuell nötig werdendes Einschneiden des Holzes und schließlich unter Umständen für Rindenanteil, wenn das Holz bisher entrindet ans Werk geliefert wurde.

Forstliche Naturalbuchführung: Grundlage der Verbuchung der eingeschlagenen und verkauften Holzmenge bei den einzelnen Waldorten für Zwecke der Ertragskontrolle war bisher das Raummaß als Waldmaß, das in Festmeter umgerechnet wurde. Man entschloß sich, im Rahmen der Gewichtsvermessung stattdessen die ca-Menge der Schätztabelle zu nehmen und damit einen Fehler von ± 7 Prozent zu tolerieren. Es wäre auch denkbar, das Atrogewicht über durchschnittliche Raumdichtezeahlen in Volumenwerte zurückzurechnen (vgl. Abschnitt 2.2). Die Werte wären etwas genauer als die Werte der Schätztabelle. Die praktische Erfahrung muß jedoch erst zeigen, ob die Aufschlüsselung der Lieferungen nach Waldorten in jedem Fall ohne Schwierigkeit möglich ist.

3.3 Bruttogewichtsvermessung

In Skandinavien und vor allem in Nordamerika wird Industrieholz in der Regel nach dem Bruttogewicht verkauft. Bei der Gewichtsvermessung wird also auf eine zusätzliche Trockengehaltsmessung verzichtet. Dabei wirken sich zwei Dinge besonders günstig aus:

Das Holz wird in der Regel sofort nach dem Einschlag ohne Zwischenlagerung angeliefert. Trockengehaltsschwankungen sind damit naturgemäß sehr gering. Es handelt sich zudem meist um Großlieferanten oder um Eigenexploitation der Werke. Durch die große Holzmenge je Lieferung ergibt sich ein guter Fehlerausgleich.

Die Voraussetzung für eine Vermessung von Waldholz nach dem Bruttogewicht sind bei uns sehr viel ungünstiger:

Zwischen Einschlag und Anlieferung ins Werk liegt eine unterschiedlich lange Lagerungszeit, als deren Folge sich starke Unterschiede im Trockengehalt einzelner Holzlieferungen ergeben. Wir haben in der Regel mit kleinen Lieferungen zu rechnen. Ein Fehlerausgleich ergibt sich also nur für den Abnehmer, nicht für den einzelnen Lieferanten.

Auf Grund der Analyse der Holzanlieferung von fünf süddeutschen Industrieholzabnehmern über mehrere Jahre hinweg konnten wir einen guten Einblick in die derzeit bei uns vorherrschenden Verhältnisse gewinnen:

Tabelle 7
Frischgewicht der Werkseingänge

Werk	Holzart	Mittelwert (kg/rm)	Streuung um den Mittelwert	
			innerhalb der Monate	insgesamt
1	Ta/Fi	395	± 10,4 %	± 10,7 %
2	Ta/Fi	406	± 8,3 %	± 8,9 %
3	Bu	532	± 4,5 %	± 4,6 %
4	Bu	568	± 6,5 %	± 6,7 %
5	Bu/HBu/Bi	570	± 9,2 %	± 11,1 %

Das Raummetergewicht liegt für Ta/Fi im Mittel bei 400 kg, für Buche bei 550 kg. Zwischen den einzelnen Werken ergeben sich Unterschiede, die sich aus der Art der Rohstoffversorgung erklären lassen.

Für die Einschätzung der Meßgenauigkeit interessiert in erster Linie die Abweichung der einzelnen Lieferungen vom jeweiligen Mittelwert. Dabei zeigt sich, daß die Streuung innerhalb einzelner Monate fast genauso groß ist wie die Streuung über den ganzen Jahreslauf hinweg. Eine Differenzierung nach Ablieferungsmonat läßt also keine entscheidende Verbesserung erwarten. Als Gesamtstreuung ergaben sich für

Tanne/Fichte im Mittel etwa ± 10 %
Buche im Mittel etwa ± 7 %.

Diese Streuung entspricht dem bei der Holzmassenermittlung nach dem Bruttogewicht unter unseren derzeitigen Verhältnissen zu erwartenden durchschnittlichen Fehler.

Verschiedene Untersuchungen der vergangenen Jahre haben nun gezeigt, daß es sowohl für die Hersteller von Holzschliff und Zellstoff als auch für die Plattenhersteller von erheblichem Vorteil sein kann, möglichst frisches Holz zu verarbeiten. Aus diesem Grund versucht man in Baden-Württemberg gleichzeitig mit dem Übergang zur Bereitstellung von Industrielangholz und zur Gewichtsvermessung, die Aufbereitung und Bereitstellung des Holzes möglichst gleichmäßig über das ganze Jahr zu verteilen. Industrielangholz trocknet zudem naturgemäß viel langsamer als Industriekurzholz. Man kann vermuten – und die Ergebnisse der ersten Großversuche haben diese Vermutung bestätigt –, daß sich die Trockengehaltsschwankungen des Industrieholzes dadurch ganz beträchtlich vermindern. Es ist also denkbar, daß der Übergang zur Bereitstellung des Industrieholzes in langer Form, möglichst gleichmäßig über das Jahr hinweg verteilt, eine so weitgehende Homogenisierung im Trockengehalt des Holzes bedeutet, daß auf lange

Sicht die Bruttogewichtsvermessung, also die Gewichtsvermessung ohne zusätzliche Trockengehaltsmessung, auch unter unseren differenzierten forstlichen Verhältnissen zu ausreichend genauen Meßergebnissen führen wird.

4. Die Vermessung als Glied in der Kette von Aufbereitung, Bringung und Verwertung von Industrieholz

4.1 Eignungsvergleich der drei diskutierten Vermessungsverfahren

Entscheidend für die Eignung eines Verfahrens zur Vermessung von Industrieholz sind die mit diesem Verfahren erzielbare Meßgenauigkeit und der mit dem Verfahren verbundene Vermessungsaufwand.

Meßgenauigkeit: Auf Grund unserer Untersuchungen ergaben sich für die Meßgenauigkeit folgende Anhaltswerte:

Tabelle 8
Prozentualer Fehler bei der Ermittlung der Holztrockensubstanzmenge von Industrieholz

<i>Holzart</i>	<i>Raummaßverfahren</i>	<i>Bruttogewichtsverfahren</i>	<i>Atrogewichtsverfahren</i>	
			<i>n = 5</i>	<i>n = 10</i>
Ta/Fi	7,2 %	10 %	4,7 %	3,3 %
Bu	6,6 %	7 %	3,4 %	2,4 %

Das Atrogewichtsverfahren ist demnach das weitaus genaueste Verfahren. Das Bruttogewichtsverfahren dürfte dem Raummaßverfahren an Genauigkeit nicht viel nachstehen. Dies gilt insbesondere dann, wenn verhältnismäßig geringe Schwankungen im Trockengehalt zu erwarten sind (Laubholz, kurze Lagerung). Es gilt auch, wenn die Voraussetzungen für die Anwendung des Raummaßverfahrens ungünstig sind (schwache, schlecht einschichtbare Sortimente, ungleiche Holzlängen).

Vermessungsaufwand: Es ist nicht möglich, auf Grund unserer Untersuchungen präzise Angaben über den Vermessungsaufwand zu machen. Es läßt sich jedoch soviel sagen:

- Den geringsten Vermessungsaufwand hat das Bruttogewichtsverfahren.
- Beim Atrogewichtsverfahren kommt zum Wiegeaufwand des Bruttogewichtsverfahrens noch der Aufwand für die Trockengehaltsbestimmung, der verhältnismäßig gering ist.
- Den größten Vermessungsaufwand erfordert bei gesamtwirtschaftlicher Betrachtung zweifellos das Raummaßverfahren. Dies wird ganz besonders deutlich, wenn man sich vergegenwärtigt, daß dieses Verfahren nicht

nur mit dem eigentlichen Vermessungsaufwand und mit dem Aufwand für das Einschichten des Holzes in Raummeterbeigen im Wald belastet ist, sondern mit einem Großteil des Arbeitsaufwands im Wald für Vermessen und Einschneiden des Holzes.

4.2 Neue Verfahren der Bereitstellung von Industrieholz für den industriellen Verarbeiter

Die praktische Eignung eines Vermessungsverfahrens läßt sich isoliert vom Verfahren der Bereitstellung des Holzes für den industriellen Verarbeiter nicht beurteilen. So bildet das Raummeterbündel als Mittel der Rationalisierung von Aufbereitung, Bringung und Verwertung von Industrieholz gleichzeitig die Vermessungseinheit. Ein Übergang von der Volumenvermessung zur Gewichtsvermessung würde hier neben den Schwierigkeiten einer Umstellung der Maßeinheit nur unerhebliche Vorteile eines genaueren und richtigeren Maßes bringen. Auch beim herkömmlichen Verfahren der Bereitstellung und Verarbeitung von 1 oder 2 m langem Industrieholz bringt das Gewichtsmaß gegenüber dem bisher üblichen Raummaß neben gewissen Umstellungsschwierigkeiten nur verhältnismäßig geringe Vorteile: Genaueres Maß, geringeren Aufwand durch Wegfall des Einschichtens ins Raummaß im Wald. (Das Einschichten ins Raummaß könnte im übrigen auch ohne Gewichtsvermessung allein durch Übergang vom Waldmaß zum Werkmaß entfallen.)

Nun haben Überlegungen und praktische Versuche in den vergangenen Jahren immer deutlicher gezeigt, daß sich die herkömmlichen Verfahren der Bereitstellung von Industrieholz in 1 oder 2 m Länge — auch gebündelt — nur bis zu einem gewissen Grad rationalisieren lassen, der auf die Dauer nicht ausreicht, um eine kostendeckende Bereitstellung zu gewährleisten. Es müssen also neue Verfahren der Bereitstellung von Industrieholz erarbeitet werden. Versuche der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchsanstalt in Freiburg (Grammel, 1967) konnten zeigen, daß sich die Arbeitsproduktivität bei der Bereitstellung von Buchenindustrieholz um mehr als 200 Prozent steigern läßt, wenn statt des herkömmlichen Raummeterbündels Industrielangholz aufbereitet wird. Die Staatsforstverwaltung von Baden-Württemberg hat auf Grund dieser positiven Versuchsergebnisse während der Einschlagsperiode 1966/67 in Zusammenarbeit mit einem Buchenholz verarbeitenden Zellstoffwerk und mit einer Fichtenholz verarbeitenden Papierfabrik zwei Großversuche durchgeführt, in deren Rahmen etwa 15 000 fm langes Bu- und Fi-Industrieholz bereitgestellt wurden. Beide Großversuche sind sehr erfolgreich verlaufen, so daß beabsichtigt ist, soweit wie möglich zur Bereitstellung von langem Industrieholz überzugehen. Neben drei großen Zellstoff- und Papierfabriken beabsichtigt auch ein Spanplattenhersteller in Zukunft langes Holz einzukaufen.

Ein noch weiter gehender Bruch mit dem herkömmlichen Verfahren der Bereitstellung von Industrieholz würde die Hackung des Holzes im Wald

bedeuten (P. Dietz, 1965). Beide Verfahren, die Bereitstellung von Hack-schnitzeln und die Bereitstellung von langem Industrieholz gewinnen in den waldreichen Gebieten Skandinaviens und Nordamerikas seit einigen Jahren mehr und mehr an Bedeutung. Voraussetzung für die Einführung dieser neuen Verfahren der Bereitstellung von Industrieholz ist, daß ein von der Ausformung des Holzes unabhängiges Vermessungsverfahren, wie es die Gewichtsvermessung darstellt, zur Verfügung steht.

5. Zusammenfassung

Ohne durchgreifende Rationalisierung von Aufbereitung, Bringung und Verwertung des schwachen Waldholzes ist eine kostendeckende Bereitstellung für die industrielle Verarbeitung heute in vielen Fällen nicht mehr möglich. Auch Maßeinheit und Vermessungsverfahren sind auf Rationalisierungsmöglichkeiten zu prüfen. Wertbestimmende Größe und damit gleichzeitig Ziel der Vermessung ist für den industriellen Verarbeiter von Schwachholz in der Regel die Holztrockensubstanzmenge, das Atrogewicht.

Die herkömmliche Vermessung gelangt vom Raummeter über durchschnittliche Umrechnungsfaktoren für Festgehalt und Dichte des Holzes zum Atrogewicht. Durch diese Umrechnung über Durchschnittswerte, die von den tatsächlichen Gegebenheiten mehr oder weniger stark abweichen, ergeben sich beträchtliche Fehler. Auf Grund von Großzahluntersuchungen läßt sich die Größenordnung des Fehlers der Festgehaltsermittlung aus dem Raummaß auf ± 5 Prozent einschätzen. Der Fehler der durchschnittlichen Umrechnungszahl für die Holzdichte ($\pm 4,8$ Prozent für Tanne/Fichte, $\pm 3,6$ Prozent für Buche) addiert sich hierzu, so daß bei der Atrogewichtsbestimmung über das Raummaß ein Gesamtfehler von $\pm 7,2$ Prozent für Tanne/Fichte, $\pm 6,6$ Prozent für Buche zu erwarten ist.

Es ist naheliegend, das Atrogewicht durch Wiegen zu ermitteln. Der unterschiedliche Austrocknungsgrad des Holzes macht bei Gewichtsvermessung in der Regel eine zusätzliche Trockengehaltsbestimmung erforderlich. Das Atrogewicht läßt sich dann wesentlich genauer ermitteln, als dies über das Raummaß möglich ist. Bei vertretbarem Vermessungsaufwand dürfte der Fehler für Tanne/Fichte bei $\pm 4,7$ Prozent und für Buche bei $\pm 3,4$ Prozent liegen. Auf Grund von Großzahluntersuchungen konnte ein Verfahren der Probenahme zur Trockengehaltsmessung an Industrieholzlieferungen entwickelt werden. Für die Praxis der Trockengehaltsmessung an Industrieholz bietet sich die DK-Messung als geeignetes Schnellverfahren an.

Übergang vom Raummaß zum Gewichtsmaß bedeutet gleichzeitig Übergang vom Waldmaß zum Werkmaß. Hieraus ergeben sich Konsequenzen, vor allem für den Waldbesitzer (Verlohnung, Holzmassenbuchführung) und für die Abwicklung des Verkaufs als Bindeglied zwischen Erzeuger und Verbraucher.

An der Baden-Württembergischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt konnten in mehrjährigen Großversuchen neue Verfahren der Bereitstellung von Industrieholz entwickelt werden. Gleichzeitig wurden neue Grundlagen für Verlohnung und Holzmassenbuchführung erarbeitet. Das Verfahren der Atrogewichtsvermessung konnte bei diesen Großversuchen überprüft werden und hat sich in der Zwischenzeit bei ersten Großverkäufen der Baden-Württembergischen Staatsforstverwaltung bewährt.

Résumé

Il ne sera pas possible d'arriver à une utilisation économique des assortiments forestiers de faibles dimensions sans procéder à une rationalisation importante des opérations de façonnage, de transport et d'usinage. Il est également nécessaire de réviser les notions de mensuration et d'introduire de nouvelles unités de mesure ; le poids de la matière sèche étant la notion déterminante pour l'utilisation industrielle des petits bois.

Il est possible par calcul de transformer le volume du bois et de l'exprimer en poids de matière sèche en utilisant le coefficient d'empilage et la densité moyenne du bois. Mais les erreurs résultant de ces transformations sont assez grandes ; celle du volume empilé en volume réel est de l'ordre de $\pm 5\%$. A cela s'ajoute l'erreur due à la densité moyenne de l'essence qui ne correspond pas à celle de la livraison ($\pm 4,8\%$ pour l'épicéa et le sapin, $\pm 3,6\%$ pour le hêtre). L'établissement par calcul du poids de la matière sèche à partir du volume enstéré est ainsi grevé d'une erreur totale de $\pm 7,2\%$ pour le sapin et l'épicéa et de $\pm 6,6\%$ pour le hêtre.

A la suite de ces constatations, rien n'est plus simple que de déterminer le poids de la matière sèche par pesée. Les divers degrés de siccité du bois exigent une mesure de l'humidité, ce qui permettra d'établir la teneur en substance sèche avec une plus grande précision. En limitant les pesées à un nombre minimum justifiable, on arrive à un taux d'erreur de $\pm 4,7\%$ pour l'épicéa et le sapin et de $\pm 3,4\%$ pour le hêtre. Des essais étendus permirent de mettre au point une méthode de prélèvement des échantillons pour la détermination de la teneur en matière sèche. La mesure de la constante diélectrique du bois s'est avérée la méthode la plus rapide et la plus avantageuse pour les bois d'industrie.

L'abandon de la mesure du volume en faveur de la mesure du poids de la matière exige que celle-ci soit exécutée en usine et non plus en forêt. Pour le propriétaire forestier, il découle toute une série de conséquences administratives ; le contrôle des exploitations, des ventes et des salaires devant se faire sur une autre base.

Au cours d'essais effectués sur une grande échelle, l'Institut de recherches forestières de Bade-Wurtemberg développa de nouvelles méthodes de récolte et de transport pour les bois d'industrie. En même temps, l'on prépara de nouvelles directives pour le paiement des salaires et le contrôle des exploitations. La méthode de détermination du poids de la matière sèche put être mise au point et fit, entre-temps, pleinement ses preuves lors des premières ventes importantes de l'Administration forestière de Bade-Wurtemberg.

O. Lenz

Literatur

- Baur, F.: Untersuchungen über den Festgehalt und das Gewicht des Schichtholzes und der Rinde. Augsburg 1879
- Braathe, P., Okstad, T.: Omsetning av trevirke basert på veiing og tørrstoffbestemmelser. Med. fra det Norske Skogsundersøkelse. Nr. 72, Bind XX, 1, Vollebeck 1964
- Dietz, P., Jehle, R.: Bisherige Ergebnisse der Versuche über Hackung von Holz im Wald und Lagerung von Holzhackschnitzeln. Int. Mitt. Nr. 10 d. Abt. Walddarbeite d. Bad.-Württ. Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt, Freiburg, 1965
- Dietz, P.: Die Vermessung von Industrieholz nach Gewicht. Aus dem Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft an der Universität Freiburg i. Br., 1966
- Gläser, H.: Die photographische Methode zur Festgehaltsermittlung von Schichtholz. HZBL. 79 (1953), S. 545
- Grammel, R.: Laubindustrieholz in langer Form. Int. Mitt. Nr. 14 der Abt. Walddarbeite der Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt, Freiburg i. Br., 1967
- Magin, R.: Der Umrechnungsfaktor beim Faserholz. HZBL. 77 (1951), S. 1833/1834
- Martin, W. H., Simard, H.: Weight as a Basis for Wood Measurement. Pulp and Paper Mag. of Canada, 1959
- Nylinder, P.: Kvantitätsbestämning av björkmassaved genom vägning. Redogörelse för en undersökning utförd hos Mo och Domsjö AB, Stockholm 1960
- Nylinder, P.: Orienterande Studier över Spånvedens Fastmasseprocent och Vikt. Kungl. Skogshögsk. Inst. f. Virkeslära Upps. No. R 31, Stockholm 1961
- Riehle, M.: Ermittlung von Vorgabezeiten für das Hauen, Entasten, Einschneiden und Vorliefern von schwachen Nadelholzsortimenten an die Rückegasse. Int. Mittlg. Nr. 9 der Abt. Walddarbeite der Bad.-Württ. Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Freiburg, 1965
- Sieber, R.: Über das spezifische Gewicht von Zellstoffholz. Der Papierfabrikant 33 (1935), 37 und 38
- Sieber, R.: Über den Einfluß der Dichte des Holzes auf die Ausbeute an Stoff und dessen Festigkeitseigenschaften beim Sulfitkochverfahren. Papierfabrikant 1936
- Stach, W.: Die Schichtholzvermessung. Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen 100 (1949), S. 209 ff.
- Taras, M. A.: Buying Pulpwood by Weight as compared with Volume Measure. Pap. Trade Journ. 1957, S. 36 ff.
- Trendelenburg, R., Mayer-Wegelin, H.: Das Holz als Rohstoff. Carl-Hanser-Verlag, München 1955
- Tuovinen, A.: On the Measurement of Timber by Weighing. Metsätalon Tiedotus 229, Helsinki 1964
- Vorreiter, L.: Festgehalt, Rindenanteil und Schälverlust von rundem Schichtfaserholz. Das Papier 17 (1963/1), S. 311–326