

134. Jahrgang (2017), Heft 1, S. 37–52

**Austrian Journal of
Forest Science**

Centralblatt
für das gesamte
Forstwesen

**Maßermittlungsvergleiche von Raummaßverfahren und Gewichts-
übernahme für Industrieholz mit einzelstammweiser Werksvermessung**

**Comparison of volumetric measurement method and weight control for
industrial timber with tree-by-tree measurement in the plant**

Bernd Heinzmann ¹, Marius-Catalin Barbu ²

Schlüsselbegriffe: Industrieholz, Holzpolter, Raummaß, atro-Gewicht, einzelstammweise Werksvermessung

Keywords: industrial timber, stacked wood, sectional volumetric measurement, oven-dry weight, tree-by-tree plant measurement

Zusammenfassung

Durch zahlreiche Einzelversuche und mit Hilfe einer elektronischen Vermessungsanlage gelang es, beide derzeit in der Praxis angewandten Verfahren zur Vermessung von Industrieholz bezüglich ihrer Genauigkeit zu überprüfen und die Ergebnisse statistisch auszuwerten. Dafür wurden 33 Einzelpolter verschiedener Größe nach der Waldaufnahme und Durchführung der Gewichtsübernahme einzelstammweise vermessen und die daraus resultierenden Volumenunterschiede festgehalten.

¹ University of West Hungary, Simonyi Károly Faculty of Engineering, Wood Sciences and Applied Arts, Sopron, Hungary
(bernd.heinzmann@web.de)

² Salzburg University of Applied Sciences, Dept. for Forest Products Technology and Timber Construction, Austria
(marius.barbu@fh-salzburg.ac.at)

Faculty for wood Engineering, University Transilvania of Brasov, Romania

Bezogen auf die Gesamtmenge des Versuchsvolumens beträgt die mittlere prozentuale Abweichung beim Raummaßverfahren + 0,92% und bei der Gewichtsübernahme + 0,54%. Die Grafiken im Ergebnisteil geben einen Überblick, in welchen Bereichen sich die Messwertdifferenzen bei den jeweiligen Einzelversuchen bewegen. Dabei konnte beim Raummaßverfahren eine deutlich geringere Streuung der ermittelten Messwerte im Gegensatz zur Gewichtsübernahme beobachtet werden. Weisen beim Raummaßverfahren 75,8% der Versuche ein Genauigkeitsergebnis von $\pm 5\%$ auf, so sind dies im Falle der Gewichtsübernahme nur 33,3%.

Summary

By several tests and by means of an electronically measuring system, it was possible to determine the exactness of the currently measuring methods for industrial timber including a statistically interpretation. Therefore, 33 stacks of wood with different size, has been measured tree-by-tree after applying the sectional volumetric measurement and the weight control, for determine the resulting differences in volume.

Referred to the total amount of the tested volume, the mean percentage deviation is + 0.92% using the sectional volumetric measurement and + 0.54% using the weight control. The graphs of the percentage deviation give an overview about how the measurements of the several tests deviate. Using the sectional volumetric measurement, a notable lower variance of the determined measured value in contrast to the weight control can be noticed. Using the sectional volumetric measurement, 75.8% of the tests reached an accuracy result of $\pm 5\%$, in case of the weight control only 33.3%.

1. Einleitung

Die Vermessung von Rundholz nimmt im Geschäftsverkehr zwischen Forstseite und abnehmender Industrie die wohl bedeutendste Funktion ein. Neben der Holzqualität ist das Holzvolumen die wichtigste Größe und für die Preisbildung von entscheidender Relevanz.

Die meisten Betriebe der Sägeindustrie verfügen über Rundholzvermessungsanlagen auf hohem technischem Niveau. Das Sägerundholz wird dabei im Werk elektronisch vermessen und das einzelstammweise ermittelte Volumen als Abrechnungsgrundlage herangezogen. Papier-, Zellstoff- und Holzwerkstoffproduzenten verarbeiten im Vergleich zur Sägebranche qualitativ minderwertigere Holzsortimente. Die als Industrieholz bezeichneten Sortimente können aufgrund der Beschaffenheit der Stämme, ihrer geringeren Wertigkeit im Vergleich zu Sägerundholz und der vorhandenen technischen Möglichkeiten nicht elektronisch und einzelstammweise in den Werken vermessen werden.

In Deutschland und Österreich finden derzeit fast ausschließlich die nachfolgenden beiden Vermessungsmethoden für Industrieschichtholz in der Praxis Anwendung:

Das Raummaßverfahren, oder auch Sektionsraummaßverfahren genannt, ermittelt und protokolliert händisch Messwerte eines Holzpolters, um das Raumvolumen des Polters herzuleiten. Die Gewichtsübernahme von Industrieholz dagegen bestimmt das Verrechnungsmaß nach dem Gewicht des Holzes im absolut trockenen Zustand (Abk. atro).

Es wurden bereits einige Untersuchungen zur Ermittlung des Festgehaltsvolumens von Industrieschichtholz durchgeführt. Diese reichen von der theoretischen Volumenbestimmung eines Holzpolters mittels Quadrat- und Dreiecksverband (MAGIN, 1951) bis zur digitalen Fotovermessung mittels Kamera (JÖRGENSEN & KRISTIANSEN, 2008). DELORME (1978) beschäftigte sich mit der Ermittlung des relativen Festvolumens nach dem schwedischen Muster, einem Index-Verfahren für Industrieholz, bei dem verschiedene Einflussgrößen und Parameter an jedem Polter individuell ermittelt werden und in die Volumenkalkulation integriert werden. Auch die Vermessung von Industrieholz nach Gewicht wurde schon mehrmals wissenschaftlich untersucht. STAUDENMAIER, SAUTER, STABLO, & BECKER (2011) erfassten das Festvolumen von Fichten- und Tannenindustrieholz aus 38 verschiedenen Beständen mithilfe des atro-Gewichtes.

Allerdings handelt es sich bei den bisherigen Forschungsuntersuchungen lediglich um hergeleitete Volumenmaße aufgrund von Umrechnungsfaktoren oder mittels händischen Messungen. Das Forschungsvorhaben charakterisiert sich deshalb besonders dadurch, dass eine einzelstammweise und elektronische Bestimmung des Festgehaltsvolumens mehrerer Industrieholzpolter bis dato noch nicht wissenschaftlich durchgeführt wurde. Eine vergleichbare Untersuchung, bei der die beiden derzeit angewandten Verfahren zur Bestimmung des Volumens von Industrieholzpoltern bezüglich ihrer Genauigkeit verglichen werden, ist demnach in der Fachliteratur nicht vorhanden und könnte deshalb sowohl für die Forstseite, als auch für die Abnehmer von Industrieschichtholz von Interesse sein.

2. Ziele

Mit der vorliegenden Arbeit sollen in erster Linie die Abweichungen der ermittelten Messwerte beider Messverfahren (Raummaßverfahren und Gewichtsübernahme) vom tatsächlichen Festgehaltsvolumen untersucht werden. Desweiteren soll die Schwankungsbreite der Ergebnisse bei zahlreichen Einzelversuchen dargestellt werden. Besonders soll veranschaulicht werden, in welchen Genauigkeitsbereichen sich die Abweichungen befinden. Die Genauigkeitsüberprüfung kann mithilfe einer vollautomatischen, geeichten und zertifizierten Rundholz - Vermessungsanlage des Typs JORO – 3D realisiert werden.

3. Material und Methoden

Im nachfolgenden Abschnitt wird die Vorgehensweise der Versuchsdurchführung, die Datenerhebung sowie die anschließende Datenauswertung detailliert beschrieben. Die Messwertermittlung des Raummaßverfahrens wurde am fertig gerückten Polter an der Waldstraße durchgeführt. Die Gewichtsübernahme und die 3 D – Vermessung der Stämme fand in einem Sägewerk in Baden-Württemberg statt.

3.1. Versuchsumfang

Die Versuchsreihe umfasste insgesamt 2.006 Raummeter in Rinde (Rm m.R.) von maschinengesetztem Fichten-Industrieschichtholz der Güten N/F in Holzlänge 3,00 m. Dabei wurden 28.248 Einzelstämme nach der Waldaufnahme und Durchführung der Gewichtsübernahme elektronisch im Werk vermessen. Untersucht wurden in Summe 33 Einzelpolter verschiedener Größe (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Poltereinteilung der Versuchsreihe

Table 1: Size distribution of the stacked wood

Poltergröße (Rm m.R.)	Anzahl Versuche
20 – 30	5
30 – 40	5
40 – 50	5
50 – 60	5
60 – 80	5
80 – 100	4
100 – 140	4

Rm m.R. = Raummeter mit Rinde

Die Holzabfuhr mittels LKW setzte sich aus 38 Ganz- und 23 Teilladungen zusammen. Die Testpolter wurden dabei gezielt aus unterschiedlichen Forstrevieren in Baden-Württemberg und Bayern ausgewählt, d.h. in einem Revier wurde jeweils nur ein Versuch durchgeführt. Damit kann sichergestellt werden, dass eine Abhängigkeit der Versuchsergebnisse vom Aufarbeiter bzw. Rucker des Holzes ausgeschlossen ist.

3.2. Versuchsdurchführung und Datenerhebung

3.2.1. Sektionsraummaßverfahren

Das konventionelle Sektionsraummaßverfahren dient der Vermessung von maschinengesetztem Industrieschichtholz. Das dabei ermittelte Volumen zählt dabei als Verkaufsmaß, Abrechnungsmaß oder Kontrollmaß bei Verkauf nach Werkseingangsmaß (FVA, 1997).

Zunächst wird die Poltergesamtlänge (L_{AB}) mit einem Rollmessband ermittelt (Abbildung 1). In Abhängigkeit von L_{AB} wird der Polter nach der Norm in definierte und gleich lange Sektionen (L_S) unterteilt. Die jeweiligen Sektionsmitten ($L_{S/2}$) sind für die anschließende Höhenmessung maßgebend und werden deshalb mit Farbspray gekennzeichnet. Es wird mit Meterstab und senkrecht zum Polter gemessen, an beiden Polterseiten und auf cm-Genauigkeit. Die Messpunkte sind sowohl an der Boden- wie auch an der Oberseite des Polters immer dort zu erheben, wo die senkrechte Markierung die Stirnfläche des letzten Stammes verlässt (RVR, 2015).

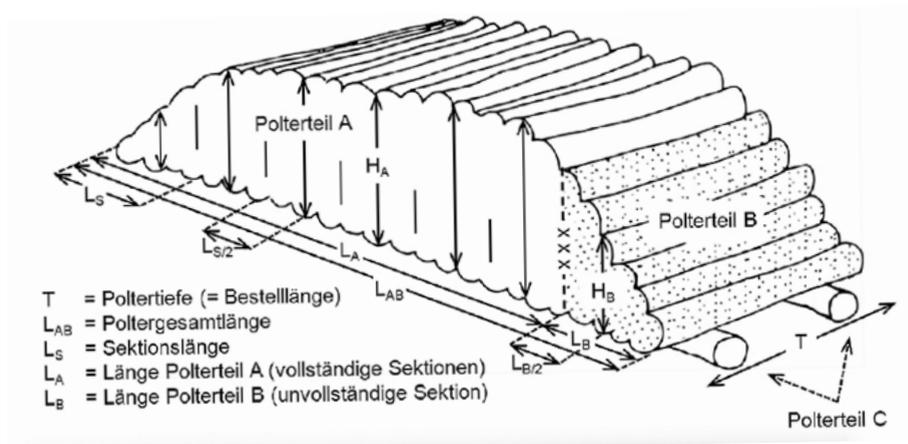


Abbildung 1: Maßermittlung beim Sektions-Raummaßverfahren (RVR, 2015)

Figure 1: Size measurement using the sectional volumetric measurement method

Nach Einteilung und Markierung der jeweiligen Sektionen ergibt sich am Ende des Polters ein unvollständiger Abschnitt (Polterteil B) mit der Länge L_B . Dieser wird gesondert vermessen und das Volumen mit dem ermittelten Poltervolumen aus L_A summiert.

Die Zielgröße bei der Durchführung des Sektionsraummaßverfahrens ist zunächst das sogenannte Bruttoremmaß. Es errechnet sich aus den Messgrößen Polterlänge, Polterhöhe und Poltertiefe (FROMMHOLD, 2013). Die Poltertiefe entspricht der Bestelllänge des Sortiments, bei der vorliegenden Versuchsreihe immer 3,00 m. Tabelle 2 beschreibt die Datenerhebung repräsentativ für alle 33 Testpolter am fertig gerückten Polter von Versuch 1.

Im vorliegenden Beispiel ergeben sich aufgrund der Poltergesamtlänge sowie der Sektionslänge von 1,00 m insgesamt 20 vollständige Sektionen an der Poltervorder- und 18 vollständige Sektionen an der Polterrückseite. Die Summe aller 38 Sektionshöhen (73,62 m) ergeben als Mittelwert eine durchschnittliche Polterhöhe von Polterteil A (1,94 m).

Tabelle 2: Datenerhebung Raummaßverfahren für Versuch 1
Table 2: Data collection of volumetric measurement method of trial 1

	Poltervorderseite	Polterrückseite
Poltergesamtlänge (m)	20,11	18,87
Sektionslänge (m)	1,00	1,00
Länge Polterteil A (m)	20,00	18,00
Ø Länge Polterteil A (m)		19,00
Länge Polterteil B (m)	0,11	0,87
Ø Länge Polterteil B (m)		0,49
Σ Sektionshöhen Polterteil A (m)		73,62
Ø Höhe Polterteil A (m)		1,94
Höhe Polterteil B (m)	0,20	0,46
Ø Höhe Polterteil B (m)		0,33
Bruttoremmaß Gesamt (Rm m.R.)	111,07	
Nettoremmaß Gesamt (Rm m.R.)	103,29	
Rm m.R. = Raummeter mit Rinde		

Die unvollständigen Abschnitte am Polterende wurden gesondert vermessen (Polterteil B). Der Mittelwert der Höhenmessung von Vorder- und Rückseite (0,33 m) resultiert in der durchschnittlichen Polterhöhe von Polterteil B.

Die Multiplikation der durchschnittlichen Polterhöhen von Teil A und B mit den jeweiligen durchschnittlichen Polterlängen und der Holzlänge von 3,00 m ergeben das Brutto-*Rm m.R.* des Versuchspolters (111,07 *Rm m.R.*). Für das vollständige Endergebnis wird das Bruttovolumen aufgrund eines pauschal festgelegten Raumübermaßes von 4% und zusätzlichen, in Abhängigkeit von Holzart und Sortimentslänge definierten Abzugswerten, reduziert. Für die Versuchspolter in Holzart Fichte und Länge 3,00 m beträgt der Gesamtabzug lt. RVR-Richtlinie 7%. Das daraus resultierende Nettoraummaß für Versuch 1 (103,29 *Rm m.R.*) errechnet sich demnach nach folgender Formel (RVR, 2015):

$$Rm\ m.R. = (H \times L \times T) \times 0,93$$

H = mittlere Polterhöhe in m

L = Poltergesamtlänge in m

T = Poltertiefe (= Sortenlänge) in m

3.2.2. Gewichtsübernahme

Beim Verfahren der Übernahme nach Gewicht wird die reine Holzmasse des Industrierundholzes bestimmt (FPP, 2004). Es wird folglich im Vergleich zu anderen Übernahmemethoden nicht das Volumen, sondern die Masse des absolut trockenen Holzes (*atro*) als Verrechnungsmaß erhoben.

Die nachfolgende Tabelle 3 schildert die Datenerhebung bei der Gewichtsübernahme für Versuch 1. Die Ermittlung der Daten der restlichen Versuche läuft analog ab, lediglich variiert die Anzahl der Ladungen aufgrund der unterschiedlichen Poltergrößen (siehe Tabelle 1).

Tabelle 3: Datenerhebung Gewichtsübernahme für Versuch 1
 Table 3: Data collection of weight control method of trial 1

Ladung:	1	2	3
Bruttogewicht (kg)	43740	41920	23220
Taragewicht (kg)	16380	16360	16940
Nettogewicht \underline{M}_x (kg)	27360	25560	6280
Einwaage <u>lutro</u> m_x (g)	200,00	200,00	200,00
Einwaage <u>atro</u> m_o (g)	92,20	90,30	105,10
Trockengehalt (%)	46,10	45,15	52,55
<u>Atro</u> -Gewicht Ladung M_o (kg)	12613	11540	3300
<u>Atro</u> -Gewicht Gesamt M_o (kg)		27453	
\underline{M}_x = Gewicht der Lieferung im Frischzustand in kg M_o = Gewicht der Lieferung im wasserfreien Zustand in kg m_x = Gewicht der Holzprobe im Frischzustand in kg m_o = Gewicht der wasserfreien Holzprobe in kg			

Grundsätzlich wird bei diesem Verfahren zuerst mittels geeichter Brückenwaage das Nettogewicht jeder Holzlieferung bestimmt. Durch mehrere Einschnitte mit einer Motorkettensäge wird direkt am LKW eine repräsentative Spanprobe entnommen. Dabei sind folgende Vorschriften einzuhalten (HOLZFORSCHUNG AUSTRIA, 2013):

- Es ist jeder Stoß der Ladung zu beproben (auf einer Stoßseite)
- Der Schnittbereich umfasst mindestens 2/3 der Stoßhöhe
- Der Einschnitt muss über den halben Stammquerschnitt bis zur Markröhre erfolgen
- Die Schnitte sind entlang einer Linie in der Längsmittle des Holzstoßes zu führen
- Die Entnahmestelle befindet sich mindestens 50 cm von den Stammenden entfernt

Die gesamte Spanprobe jeder Lieferung ist vor der Trockengehaltsbestimmung zu durchmischen. Aus dieser Mischprobe ist eine Spanmenge von mind. 100 g zu entnehmen und einzuwiegen. Die Probe wird mittels Darrschrank bei einer Temperatur von 103 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet (DIN 52183, 1977). Erreicht die Spanprobe die Gewichtskonstanz, wird sie erneut gewogen und dabei der Trockengehalt (TG) ermittelt (FPP, 2004):

$$TG = \frac{m_0}{m_x} \times 100 (\%)$$

m_0 = Gewicht der wasserfreien Holzprobe in kg

m_x = Gewicht der Holzprobe im Frischzustand in kg

Aus dem Trockengehalt der repräsentativen Stichprobe errechnet sich das atro-Gewicht der Holzlieferung (M_0) mit nachstehender Formel (FPP, 2004):

$$M_0 = M_x \times \frac{TG}{100} (kg)$$

M_0 = Gewicht der Lieferung im wasserfreien Zustand in kg

M_x = Gewicht der Lieferung im Frischzustand in kg

Am Beispiel von Versuch 1 mit zwei Ganz- und einer Teilladung werden demnach drei atro-Werte erhoben (siehe Tabelle 3). Die Addition der Werte ergibt als Gesamtsumme das atro-Gewicht von Versuch 1 (27.453 kg).

3.2.3. Werksvermessung

Zur Vermessung und Klassifizierung der Versuchsstämme konnte auf ein automatisiertes Messsystem des Herstellers Jörg Elektronik (Typ JORO – 3 D) zurückgegriffen werden (technische Daten in Tabelle 4). Zur Berechnung des Stammvolumens in Festmeter ohne Rinde (Fm o.R) erfasst die vollelektronische Messeinheit die jeweiligen Stammlängen und Mittendurchmesser der Versuchsstämme.

Tabelle 4: Technische Daten der Rundholz-Messanlage
Table 4: Technical specifications of the roundwood measuring plant

Hersteller:	Jörg Elektronik
Typ:	JORO – 3D
Messgenauigkeit:	< 1,5 mm
Anzahl der Messungen:	400/s
Messbereich der Sensoren:	800 mm
Vorschubgeschwindigkeit:	ca. 90 m/min
Gültige Eichung:	bis 31.12.2017
Zulassung zur Werksvermessung:	bis 28.02.2017

Ermöglicht wird die Datenerhebung durch drei speziell angeordnete Laser-Kameraeinheiten, die den Stamm in Lichtgeschwindigkeit abscannen (JÖRG ELEKTRONIK, 2006). Es wird kontinuierlich im Längsdurchlauf gemessen, sodass keine Unterbrechung des Blockzuges benötigt wird. Die Messwertaufbereitung zur Bestimmung des Stammdurchmessers erfolgt mittels Kreuzmessung, d.h. in zwei Messebenen mittels senkrecht zueinander stehender Durchmesserpaaren.

Die Rundholzverwaltung ermöglicht die Speicherung aller Versuchsstämme mit seinen Vermessungsdaten in einer Datenbank. Das ermittelte Gesamtvolumen und die Stückzahl der jeweiligen Einzelversuche (siehe Tabelle 5) werden mittels Einzelstammprotokollen in eine Excel-Datei konvertiert.

4. Ergebnisse

Die ermittelten und ausgewerteten Daten der 33 Versuchspolter sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Aufgrund der Umrechnungen in das Festmaß ergeben sich für das Raummaßverfahren und die Gewichtsübernahme jeweils zwei Spalten in der Gesamtübersicht. Die 3 D – Vermessungsanlage liefert zum tatsächlichen Festgehaltsvolumen auch die Gesamtstückzahl der einzelnen Versuchspolter.

Tabelle 5: Gesamtübersicht aller Einzelergebnisse der 33 Versuche

Table 5: General view on the individual results of the 33 tests

Versuch (Nummer)	Raummaßverfahren		Gewichtsübernahme		Werksvermessung	
	(Rm m.R.)	(Fm o.R.)	(t atro m.R.)	(Fm o.R.)	(Fm o.R.)	(Stammanzahl)
1	103,29	61,974	27,453	60,396	62,801	1202
2	138,80	83,280	38,770	85,294	81,250	1885
3	39,23	23,538	9,924	21,833	23,135	429
4	39,57	23,742	10,843	23,854	24,556	522
5	53,29	31,974	13,325	29,315	29,567	822
6	54,90	32,940	15,312	33,686	28,579	838
7	68,67	41,202	19,912	43,806	41,399	849
8	40,91	24,546	11,590	25,497	25,536	630
9	37,66	22,596	7,660	16,851	20,636	450
10	25,09	15,054	5,564	12,240	14,801	343
11	46,80	28,080	10,767	23,688	27,014	556
12	49,43	29,658	14,266	31,385	28,864	822
13	52,32	31,392	13,570	29,853	29,211	685
14	49,26	29,556	12,511	27,524	31,824	644
15	85,66	51,396	20,588	45,294	48,488	1465
16	49,71	29,826	11,762	25,877	27,274	922
17	60,41	36,246	18,320	40,304	36,220	807
18	22,50	13,500	5,052	11,114	13,216	298
19	30,25	18,150	7,505	16,511	18,498	465
20	50,36	30,216	16,253	35,756	30,205	656
21	84,03	50,418	23,710	52,163	49,151	1289
22	135,10	81,060	38,863	85,499	81,957	1968
23	82,73	49,638	25,115	55,253	47,616	1498
24	69,77	41,862	22,239	48,926	43,528	1155
25	29,91	17,946	7,548	16,605	17,356	393
26	27,55	16,530	8,363	18,398	16,905	393
27	67,91	40,746	19,291	42,446	44,548	815
28	38,81	23,286	11,155	24,541	23,944	510
29	69,08	41,448	21,970	48,334	43,027	997
30	86,28	51,768	23,282	51,220	54,404	876
31	56,49	33,894	17,614	38,750	34,521	829
32	131,49	78,894	38,579	84,874	80,696	1802
33	28,75	17,250	7,674	16,883	17,443	433
Gesamt:	2006,01	1203,606	556,350	1223,970	1198,170	28248

Rm m.R. = Raummeter mit Rinde; Fm o.R. = Festmeter ohne Rinde; t atro m.R. = atro-Tonne mit Rinde

Zur Vergleichbarkeit der ermittelten Versuchsdaten und zur Genauigkeitsüberprüfung mittels einzelstammweisener 3 D – Vermessung, müssen die Ergebnisse von Raummaßverfahren (Nettoraummaß) und Gewichtsübernahme (atro-Gewicht) auf die Einheit Festmeter ohne Rinde (Fm o.R.) umgerechnet werden.

Das Nettoraummaß der jeweiligen Versuchspolter wird bei Holzlänge 3,00 m mit einem Faktor von 0,60 auf das Festgehaltsvolumen mit nachfolgender Formel umgerechnet (RVR, 2015):

$$Fm\ o.\ R. = Rm\ m.\ R. \times 0,60$$

Ausgehend vom atro-Gewicht der Versuchspolter (M_0) und anerkannten, holzarten-spezifischen Umrechnungsfaktoren lässt sich das Gesamtvolumen des Polters in Festmeter ohne Rinde herleiten. Der Umrechnungsfaktor bei Fichte mit einem Darrgewicht von 455 kg/ Fm beträgt (RVR, 2015):

$$Fm\ o.\ R. = M_0 \times 2,2$$

Zur Auswertung von Methodenvergleichsdaten hat sich der Bland-Altman-Plot als Verfahren etabliert (GROUVEN, 2007). Mittels Punktdiagramm kann die Übereinstimmung von Messmethoden anschaulich dargestellt und quantifiziert werden. Dafür wird die Abweichung einer Messmethode von der Vergleichsmethode, d.h. die Differenz der jeweiligen Messwerte, gegen den Mittelwert der beiden Messmethoden in einem x-y-Diagramm aufgetragen.

Für die hier vorliegende Versuchsreihe wird die prozentuale Abweichung der beiden getesteten Messverfahren zur Werksvermessung gegen den Mittelwert der jeweiligen Methode und dem Werksmaß berechnet und dargestellt (Abbildung 2):

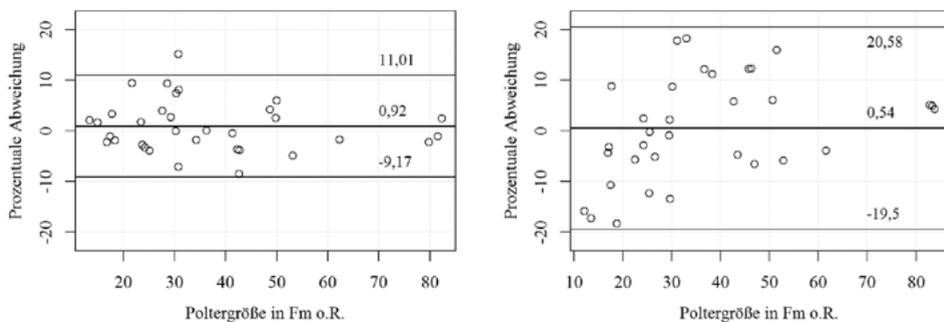


Abbildung 2: Proz. Abweichung Sektionsraummaßverfahren (links) und Gewichtsübernahme (rechts) zur Werksvermessung

Figure 2: Percentage deviation of volumetric measurement method (left) and weight control (right)

Die mittlere horizontale Linie der beiden Diagramme gibt dabei die mittlere prozentuale Abweichung an. Diese beträgt beim Sektionsraummaßverfahren +0,92% und bei der Gewichtsübernahme +0,54%. Es kann folglich behauptet werden, dass mittels der beiden getesteten Verfahren bei allen 33 Einzelpoltern ein Mehrvolumen von durchschnittlich 0,92% bzw. 0,54% ermittelt wurde. Die Standardabweichung (SD) beträgt dabei 5,15% (Raummaßverfahren) bzw. 10,22% (Gewichtsübernahme).

Die obere und untere horizontale Linie repräsentieren die Grenzen, innerhalb deren 95% aller Differenzen zu erwarten sind. Bland und Altman bezeichnen diese Limits auch als die 95% -Konfidenzintervalle (VOGTMANN, 2005). Es kann also vorausgesagt werden, dass 95% der zu erwartenden Messwerte eine Abweichung von der einzelstammweisen Werksvermessung von maximal -9,17% bis +11,01% (Raummaßverfahren: s. Abb. 2, links) und maximal -19,50% bis +20,58% (Gewichtsübernahme: s. Abb. 2, rechts) aufweisen.

Die nachfolgenden Histogramme (Abbildung 3) geben einen graphischen Überblick über die Häufigkeitsverteilung der prozentualen Abweichungen beider Verfahren vom Werksmaß. Dies ermöglicht eine Darstellung, in welchen Bereichen sich die Messwertfehler befinden. Die vertikale Linie repräsentiert dabei die mittlere prozentuale Abweichung. Die Balkenbreite wurde zur besseren Anschaulichkeit mit 2,5% definiert und auf der Abszissenachse gleichmäßig abgetragen.

Aufgrund der maximalen Messwertabweichungen wurde die Abszissenachse von -20% bis +20% skaliert. Die Maximalwerte wie in Abbildung 2 ersichtlich betragen -8,53% und +15,26% (Raummaßverfahren) bzw. -18,34% und +18,38% (Gewichtsübernahme).

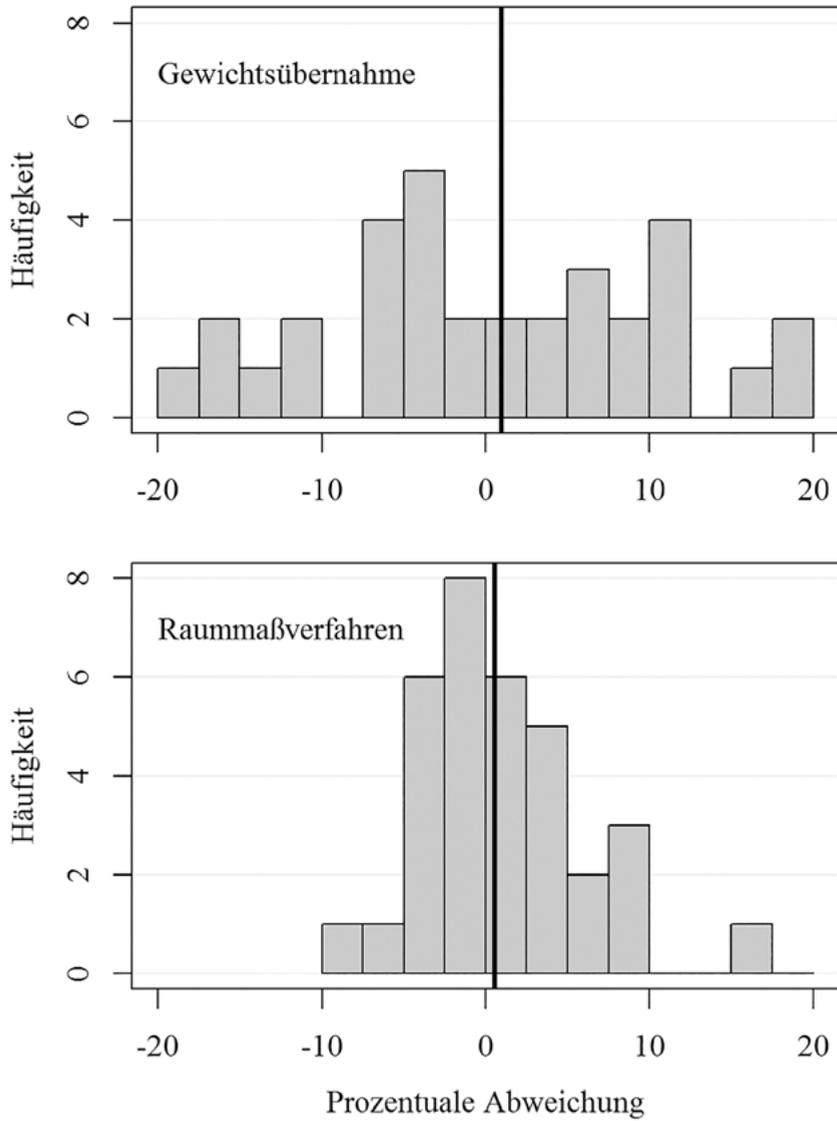


Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung der prozentualen Abweichungen von der 3D - Vermessung
Figure 3: Frequency distribution of the percentage deviation of the 3D - measurement

Die Abbildung 3 zeigt deutlich die unterschiedliche Streubreite der beiden Verfahren: während sich beim Raummaßverfahren die Abweichungen bis auf eine Ausnahme ausschließlich im Bereich von $\pm 10\%$ befinden (s. Abb. 3, unteres Histogramm), so sind im Falle der Gewichtsübernahme nur 20 der 33 Versuchspolter in demselben Abweichungsbereich (s. Abb. 3, oberes Histogramm). Die restlichen 13 Versuchsergebnisse verteilen sich außerhalb bei Fehlerwerten bis $\pm 20\%$.

Die Histogramme in Abbildung 3 erlauben zudem eine Aussage über die Genauigkeit der beiden Methoden. Weisen beim Raummaßverfahren 26 Versuche (75,8%) ein Genauigkeitsergebnis von $\pm 5\%$ zur 3D – Vermessung auf, so sind dies im Falle der Gewichtsübernahme nur 11 Versuche (33,3%).

5. Diskussion

In Deutschland und Österreich finden derzeit fast ausschließlich die beiden Vermessungsmethoden des Sektionsraummaßverfahrens und der Gewichtsübernahme in der Praxis Anwendung. Die Ergebnisse beider Methoden können als anerkanntes Abrechnungs- und Verkaufsmaß verwendet werden.

Trotzdem gibt es mehrfach Meinungsverschiedenheiten zwischen der Forstseite und der abnehmenden Industrie, ob und mit welcher Genauigkeit die beiden Verfahren das tatsächliche Festgehaltsvolumen von Industrieholzpoltern repräsentieren. Diese Fragestellung bzw. Problematik konnte nur mithilfe einer elektronischen Vermessungsanlage gelöst werden. Der Abgleich der Daten einer breiten Versuchsreihe mit einer geeichten und zertifizierten 3D - Anlage ermöglichte, wissenschaftlich fundierte Aussagen über die Genauigkeit und die Streubreite der Maßermittlungen zu treffen. Für den Erhalt möglichst exakter Vermessungsdaten halfen zahlreiche Normen und Richtlinien, die bei den Versuchen ausnahmslos und streng eingehalten wurden.

Die statistischen Auswertungen belegen, dass die mittlere prozentuale Abweichung bezogen auf die Gesamtmenge des Versuchsvolumens bei beiden getesteten Messverfahren für Industrieholz unter einem Prozent liegt. Dies kann zunächst als positives Ergebnis interpretiert werden. Die graphischen Darstellungen der Ergebnisse der jeweiligen Einzelversuche zeigen jedoch, dass bei beiden Verfahren deutliche Schwankungen betreffend der Vermessungsgenauigkeit auftreten. Der Bland-Altman-Plot und die Werte der Standardabweichung belegen zudem, dass die Streuung der Einzelwerte beim Sektionsraummaßverfahren ($SD = 5,15\%$) im Vergleich zur Gewichtsübernahme ($SD = 10,23\%$) deutlich geringer ist.

Mögliche Gründe für die Messwertschwankungen könnten beim Raummaßverfahren in der unterschiedlichen Beschaffenheit der Stämme liegen: besonders Krümmung, Abholzigkeit und Ovalität beeinflussen die Packungsdichte des Holzpolters und damit

verbunden das Festgehaltsvolumen. Desweiteren könnte der durchschnittliche Mitendurchmesser der Stämme eines Holzpolters das Resultat beeinflussen. Denkbare Ursachen für die Genauigkeitsabweichungen bei der Gewichtsübernahme könnte der Stichprobenumfang verbunden mit den Feuchtegehalt-Schwankungen innerhalb einer LKW-Ladung sein. Besonders bei Industrieholz werden oft Frischholz und Dürrständer gemischt angeliefert und es kann nicht gewährleistet werden, dass die repräsentative Stichprobe diese Feuchteschwankungen gleichermaßen erfasst.

Literatur

- DELORME, A. (1978). Rationalisierung der Schichtholzvolumenvermessung nach schwedischem Muster. Holz-Zentralblatt Nr. 72 , S.1131-1136.
- DIN 52183. (1977). Prüfung von Holz - Bestimmung des Feuchtegehaltes. Normenausschuß Holz im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin , S.87.
- FPP. (2004). Schriftenreihe Industrie-Rundholz. FPP Kooperationsabkommen Forst-Platte-Papier, Wien , 15 S.
- FROMMHOLD, H. (2013). Holzsortierung und -vermessung. Hochschule für nachhaltige Entwicklung, Eberswalde , Vorlesungsbegleitende Materialsammlung, 4. Ausgabe, 57 S.
- FVA. (1997). Stichprobenverfahren zur Rundholzvermessung - Meßanweisungen. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg , Merkblatt 49/1997, 30 S.
- GROUVEN, U. (2007). Vergleich von Messmethoden. Deutsches Medizinisches Wochenschriften;132: , S. 69-73.
- HOLZFORSCHUNG AUSTRIA. (2013). Richtlinie zur Gewichtsvermessung von Industrieholz. Österreichische Gesellschaft für Holzforschung, Wien , 11 S.
- JÖRG ELEKTRONIK. (2006). Vollelektronische Holzvermessung in Echtzeit. Produktbrochüre, Oberstaufen , S. 3-4.
- JÖRGENSEN, R., & KRISTIANSEN, L. (2008). Digitale Fotovermessung von Industrieholz und Abschnitten. AFZ - Der Wald 6/2008 , S.284-285.
- MAGIN, R. (1951). Der Umrechnungsfaktor beim Faserholz. Holz-Zentralblatt Nr. 148 , S.1833-1834.
- ÖHU. (1973). Österreichische Holzhandelsusancen. Verlag der Wiener Börsekammer, Wien , Auflage 1985, 391 S.
- RVR. (2015). Rahmenvereinbarung für den Rohholzhandel in Deutschland. Deutscher Forstwirtschaftsrat e.V., Berlin , 56 S.
- STAUDENMAIER, J., SAUTER, U., STABLO, J., & BECKER, G. (2011). Überprüfung des Umrechnungsfaktors zur Herleitung des Holzvolumens anhand des atro-Gewichts für Fichten- und Tannenindustrieholz am Beispiel Baden-Württemberg. Allg.Forst- u. J.-Ztg., 182 Jg., Heft 3/4 , S.30-39.
- VOGTMANN, A. (2005). Vergleichende Untersuchungen zur automatisierten Auswertung von Elispot-Platten mit verschiedenen Bildanalyse-Systemen. Diss. Julius-Maximilian-Universität, Würzburg , 139 S.