

Universität Sopron

Simonyi Karoly Faculty für Technik, Holzwissenschaften und Kunst  
Cziráki József Doktorenschule für Holzwissenschaft und Technologie

Thesen der Doktorarbeit

**Untersuchungen zur Volumenbestimmung von  
Industrieschichtholz der Holzart Fichte mithilfe  
elektronischer und einzelstammweiser 3D-Vermessung**

**BERND HEINZMANN**

Sopron

2017

Thesen der Doktorarbeit

Universität Sopron

Simonyi Karoly Faculty für Technik, Holzwissenschaften und Kunst

Cziráki József Doktorenschule für Holzwissenschaft und Technologie

Leiter der Doktorenschule: Dr. Tolvaj László DSc.

Themengebiet: Holzwissenschaften

Betreuer: Dr. Pásztory Zoltán

Prof. Dr.-Ing. Marius C. Barbu

## **1. Einleitung**

Die Vermessung von Rundholz nimmt in der Geschäftsbeziehung zwischen Forstseite und abnehmender Industrie eine wichtige Funktion ein. Neben der Holzqualität ist das Holzvolumen die wichtigste Größe für die Preisbildung und deshalb von entscheidender Relevanz.

Aufgrund der hohen Bedeutung der Holzvermessung haben sich in den vergangenen Jahrzehnten zahlreiche Vermessungsverfahren und Übernahmefethoden für Industrierundholz in der Praxis etabliert. Sie erlauben es, an unterschiedlichen Orten und unabhängig vom Zeitpunkt der Vermessung, die notwendigen abrechnungsrelevanten Ergebnisse zu generieren. Die Methoden reichen dabei vom einfachen händischen Aufmessen der Polter mit Maßband bis hin zu fotooptischen Vermessungssystemen mit Spezialkameras.

Papier-, Zellstoff- und Holzwerkstoffproduzenten verarbeiten im Vergleich zur Sägebranche qualitativ minderwertigere Holzsortimente. Die als Industrierundholz bezeichneten Sortimente können aufgrund der Beschaffenheit der Stämme, ihrer geringeren Wertigkeit im Vergleich zu Sägerundholz und der nicht vorhandenen technischen Möglichkeiten nicht elektronisch und einzelstammweise in den Werken der oben genannten Industrien vermessen werden. Es müssen also andere Vermessungsmethoden angewendet werden, die möglichst genau und gleichzeitig rationell das Verkaufsmaß darstellen können.

## **2. Zielsetzung der Untersuchungen**

Die vorliegende Arbeit handelt von der Vermessung von Fichte-Industrieschichtholz, d.h. Industrierundholz, das zu einem Polter aufgesetzt wird. Dafür wurde eine umfangreiche Versuchsreihe durchgeführt, bei der die Genauigkeit der derzeit in der Praxis angewandten Messverfahren für Industrieschichtholz untersucht wurde. Dabei soll in erster Linie die Abweichungen der ermittelten Messwerte der jeweiligen Messverfahren vom tatsächlichen Festgehaltsvolumen untersucht werden. Desweiteren soll die Schwankungsbreite der Ergebnisse bei zahlreichen Einzelversuchen statistisch dargestellt werden. Besonders soll veranschaulicht werden, in welchen Genauigkeitsbereichen sich die Abweichungen befinden.

Diese Genauigkeitsüberprüfung kann mithilfe einer vollautomatischen, geeichten und zertifizierten Rundholzvermessungsanlage des Typs JORO – 3D realisiert werden. Jene elektronische und berührungsfrei arbeitende Anlage ermöglicht, exakte Vergleichsmaße zu ermitteln. Es können Vermessungsdaten generiert werden, die denen einer einzelstammweisen und händischen Vollvermessung entsprechen.

Eine zweite Versuchsreihe soll die Abhängigkeit des Festgehaltsvolumens eines Industrierundholzpolders vom Zopf- bzw. Mittendurchmesser der Einzelstämme darstellen. Dafür werden in definierten Stärkebereichen vorsortierte Einzelstämme der Holzart Fichte zu einem Polter gestapelt und das Gesamtvolumen nach der Vermessung mittels Sektionsraummaßverfahren an der Rundholzvermessungsanlage bestimmt. Durch statistische

Auswertung kann auf den jeweiligen Umrechnungsfaktor je Stärkeklasse vom Raum- auf das Festmaß geschlossen werden.

Das Forschungsvorhaben charakterisiert sich besonders dadurch, dass eine einzelstammweise und elektronische Bestimmung des Festgehaltsvolumens mehrerer Industrieholzpolder bis dato noch nicht wissenschaftlich durchgeführt wurde. Eine vergleichbare Untersuchung ist demnach in der Fachliteratur nicht vorhanden und könnte deshalb sowohl für die Forstseite, als auch für die Abnehmer von Industrieschichtholz von Interesse sein.

### **3. Material und Methode**

Zunächst wurde die Versuchsreihe 1 durchgeführt, bei der die Genauigkeit der derzeit in der Praxis angewendeten Vermessungsmethoden für Industrieholz untersucht wurde. Integriert wurde dabei die Vermessungsmethoden Sektions-Raummaßverfahren, fotooptische Vermessung, Stichprobenverfahren, LKW-Vermessung, Gewichtsübernahme und schwedisches Indexverfahren.

Die Versuchsreihe 1 umfasste insgesamt 2.006 Rm m.R. von maschinengesetztem Fichten/Tannen-Industrieschichtholz der Güte N in Holzlänge 3 Meter. Dabei wurden 28.248 Einzelstämme nach der Ermittlung der Wald- und Werksdaten elektronisch im Werk vermessen. Untersucht wurden in Summe 33 Einzelpolder verschiedener Größe von 22,50 – 138,80 Rm m.R. Die Holzabfuhr mittels LKW setzte sich aus 38 Ganz- und 23 Teilladungen zusammen. Die Testpolder wurden dabei gezielt aus unterschiedlichen Forstrevieren in Baden-Württemberg und Bayern ausgewählt, d.h. in einem Forstrevier wurde jeweils nur ein Versuch durchgeführt. Damit kann sichergestellt werden, dass eine Abhängigkeit der Versuchsergebnisse vom Aufarbeiter bzw. Rucker des Holzes ausgeschlossen ist.

Aufgrund der Erkenntnisse aus Versuchsreihe 1, bei der die Mittendurchmesser der Einzelstämme auf das Festgehaltsvolumen von Industrieholzpoldern einen relevanten Einfluss darstellten, wurde dieser Beobachtung in einem Zusatzversuch nachgegangen. Die Versuchsreihe 2 wurde vorort in einem Sägewerk in Baden-Württemberg durchgeführt und beinhaltete eine Gesamtmenge von 870,35 Rm o.R. Für die Beurteilung der Auswirkung des Mittendurchmessers auf das Festgehaltsvolumen eines Industrieholzpolders wurden 12.701 entrindete Einzelstämme in Abhängigkeit vom Zopfdurchmesser in 10 definierte Stärkebereiche vorsortiert und anschließend erneut vermessen.

Die beschriebene Ausgangslage stellte die Rahmenbedingungen für die bisher umfangreichsten Versuche zur Volumenermittlung an Industrieholz unter kontrollierten Bedingungen und unter strenger Einhaltung der jeweiligen Richtlinien dar.

## 4. Ergebnisse

Die statistischen Auswertungen der Versuchsreihe 1 belegen, dass die prozentuelle Abweichung bezogen auf die Gesamtmenge des Versuchsvolumens bei den sechs getesteten Messverfahren für Industrieholz mit Ausnahme der LKW-Vermessung unter 5 % liegt. Speziell das Sektions-Raummaßverfahren überzeugte mit einer Abweichung von lediglich 0,44 % und spiegelt demzufolge das tatsächliche Vermessungsvolumen der 3D-Anlage am präzisesten wider.

Die graphischen Darstellungen der Ergebnisse der jeweiligen Einzelversuche zeigen, dass besonders bei der Gewichtsübernahme und dem Stichprobenverfahren deutliche Schwankungen im Hinblick auf die Vermessungsgenauigkeit auftreten. Der Wert der Standardabweichung bei der Gewichtsübernahme mit  $SD = 10,22 \%$  beweist eine erhebliche Streuung der Einzelwerte um den Mittelwert. Es ist demzufolge schwierig, bei dieser Methode das korrekte Poltervolumen mit einer statistisch hohen Wahrscheinlichkeit abzubilden. Diese These wird durch die Häufigkeitsverteilung der absoluten prozentuellen Abweichungen gestützt. Nur bei 11 der 33 Einzelversuche konnte bei Anwendung der Gewichtsübernahme eine Vermessungsgenauigkeit von  $\pm 5 \%$  erreicht werden.

Bei Versuchsreihe 2 ergab sich mit steigendem Durchmesser der entrindeten Einzelstämme eine Zunahme des Festgehaltsvolumens bzw. des Umrechnungsfaktors vom Raum- auf das Festmaß von 0,580 beim Versuch mit den geringsten Mittendurchmessern (10,30 cm) bis 0,671 beim Versuch mit den größten Mittendurchmessern (21,60 cm). Diese Zunahme des Faktors wurde in einem Diagramm visualisiert und bildet einen nichtlinearen Verlauf ab.

## 5. Schlussfolgerungen

Die Darstellung der resultierenden Umrechnungsfaktoren und Festgehaltsprozente verdeutlicht, welche Spannweiten und Abweichungen bei den Einschätzungen des tatsächlichen Poltervolumens der Einzelversuche zu erwarten sind. Der in Deutschland bis 1.1.2015 und gültige Umrechnungsfaktor vom Raummaß mit Rinde auf das Festmaß ohne Rinde von 0,70 wurde bei keiner der untersuchten Vermessungsmethoden annähernd erreicht, sodass das tatsächliche Poltervolumen von Industrieschichtholz offensichtlich jahrzehntelang überschätzt wurde.

Die vorliegenden Untersuchungen zeigten weiter, dass es mit den derzeitigen Vermessungsmethoden nicht immer gelingt, das tatsächliche Holzvolumen eines Industrieholzpolders zu repräsentieren. Die statistischen Auswertungen belegen, dass das korrekte Vermessungsergebnis von mehreren Faktoren abhängt, deren Einfluss bei den jeweiligen Verfahren nicht ausreichend quantifiziert oder überhaupt nicht berücksichtigt wird. Die Weiterentwicklung und Optimierung der Vermessungsverfahren für Industrieschichtholz wäre deshalb sicherlich im Sinne aller am Holzverkauf beteiligten Akteure.

## 6. Thesen der Doktorarbeit

- I. Die prozentuelle Abweichung bezogen auf die Gesamtmenge des Versuchsvolumens beträgt bei den sechs getesteten Messverfahren für Industrieholz mit Ausnahme der LKW-Vermessung (+ 7 %) weniger als 5 %. Speziell das Sektions-Raummaßverfahren überzeugte mit einer Abweichung von lediglich 0,44 % und spiegelt demzufolge das tatsächliche Vermessungsvolumen der 3D-Anlage am präzisesten wider.
- II. Das konstante Mehrvolumen bei der LKW-Vermessung resultiert aufgrund der Anwendung eines zu geringen Abzugswerts (5 %). Würde man das Bruttoraummaß einer Ladung um 11 % reduzieren, so kann es gelingen, das von der 3D-Anlage ermittelte Volumen zu repräsentieren.
- III. Die graphischen Darstellungen der Ergebnisse der jeweiligen Einzelversuche zeigen, dass besonders bei der Gewichtsübernahme und dem Stichprobenverfahren deutliche Schwankungen im Hinblick auf die Vermessungsgenauigkeit auftreten. Die Standardabweichung bei der Gewichtsübernahme mit  $SD = 10,22 \%$  und beim Stichprobenverfahren mit  $SD = 9,28 \%$  belegen eine erhebliche Streuung der Einzelwerte um den Mittelwert.
- IV. Wird eine Vermessungsgenauigkeit bei den Einzelversuchen von  $\pm 5 \%$  angestrebt, so kann dies mit einer Wahrscheinlichkeit von 76 % beim Sektions-Raummaßverfahren, 64 % bei der fotooptischen Vermessung, 46 % beim Stichproben- und schwedischen Indexverfahren, 34 % bei der Gewichtsübernahme und lediglich 27 % bei der LKW-Vermessung erreicht werden.
- V. Die Parameter Abholzigkeit, Ovalität und Krümmung beeinflussen die Packungsdichte eines Holzpolters und damit verbunden das Festgehaltsvolumen negativ. Eine Zunahme der Abholzigkeits-, Ovalitäts- und Krümmungswerte bewirkt folglich die Reduktion des Festgehaltsvolumens. Zusätzlich konnte ein Effekt des Mittendurchmessers beobachtet werden. Demnach steigt das Festgehaltsvolumen eines Polters deutlich mit Zunahme des Durchmessers der Einzelstämme. Eine Regressionsanalyse bestätigt, dass die vier Parameter in ihrer Gesamtheit einen hochsignifikanten Effekt auf das Festgehaltsvolumen eines Polters aufweisen.
- VI. Mit steigendem Durchmesser der entrindeten Einzelstämme ergab sich eine Zunahme des Festgehaltsvolumens bzw. des Umrechnungsfaktors vom Raum- auf das Festmaß von 0,580 beim Versuch mit den geringsten Mittendurchmessern (10,30 cm) bis 0,671 beim Versuch mit den größten Mittendurchmessern (21,60 cm). Diese Zunahme des Faktors bildet einen nichtlinearen Verlauf ab und ist in erster Linie darauf zurückzuführen, dass bei geringeren Durchmessern mit höherer Stückzahl pro Raummeter die maximale Packungsdichte schwerer erreicht wird.

## 7. Publikationen

- HEINZMANN, B. & BARBU, M. (2016). Genauigkeit der fotooptischen Poltervermessung von Industrieholz am Beispiel von FOVEA. Forstarchiv, Jg./Heft: 87/6, Deutscher Landwirtschaftsverlag, München , S. 194-197.
- HEINZMANN, B. & BARBU, M. (2017). Maßermittlungsvergleiche von Raummaßverfahren und Gewichtsübernahme für Industrieholz mit einzelstammweiser Werksvermessung. Austrian Journal of Forest Science - Centralblatt für das gesamte Forstwesen, Jg./Heft: 134/1, Wien , S.37-52.
- HEINZMANN, B. & BARBU, M. (2017). Effect of mid-diameter and log-parameters on the conversion factor of cubic measure to solid measure concerning industrial timber. Pro Ligno - An international Journal in the Field of Wood Engineering, Volume 13, Number 1, Brasov , S.39-44.
- HEINZMANN, B. & BARBU, M. (2017). Mit dem Durchmesser steigt das Poltervolumen - Einfluss des Mittendurchmessers auf den Umrechnungsfaktor von Raummaß auf Festmaß bei Industrieschichtholz. Holz-Zentralblatt, Jg./Heft: 143/18, DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen , S. 414-415.