
DAS FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR HOLZFORSCHUNG, WILHELM-KLAUDITZ-INSTITUT WKI

Dr. Dirk Berthold

»Nutzungspotenziale von Buchen-Kalamitätsholz-Sortimenten«
Tagung des Nordwestdeutschen Forstvereins
16. September 2021



2017



1961

Nachhaltigkeit als Selbstverständnis



Minenarbeiter roden Waldflächen. Darstellung aus Agricolas »De re metallica«, 1556.
»Georgius Agricola Erzsucher«. Lizenziert unter Public domain über Wikimedia Commons.



»Die größte Kunst wird in hiesigen Landen darin bestehen, den Anbau des Holzes so anzustellen, dass es eine kontinuierliche und nachhaltige Nutzung gebe.«

nach Hans C. von
Carlowitz, 1713



»Neue Wege müssen gesucht werden, um reduzierte Bestände an Starkholz durch die Nutzbarmachung minderwertigen Holzes zu ergänzen.«

Dr. W. Kluditz, 1946

Partner der Industrie

Das **Fraunhofer WKI** ist die **Forschungseinrichtung**, in der die Komplexität **nachwachsender Rohstoffe** systematisch erfasst und in unterschiedlichsten **Facetten** und **Wechselwirkungen** bearbeitet wird.



Standorte des Fraunhofer WKI



WOLFSBURG

Fraunhofer-Projektzentrum

- Leichtbau im Automobil
- Kooperation mit Fraunhofer IFAM und IWU
- Open Hybrid LabFactory



BRAUNSCHWEIG

Hauptstandort seit 1946
am Querumer Forst



HANNOVER

Anwendungszentrum für
Holzfaserforschung HOFZET®

- (Bio-) Faserverbundwerkstoffe
- Kooperation mit IfBB der Hochschule Hannover



BRAUNSCHWEIG

Zentrum für leichte und
umweltgerechte Bauten
ZELUBA®

- Mehr Nachhaltigkeit im Bauwesen
- Kooperation mit der TU Braunschweig

Fachbereiche des Fraunhofer WKI



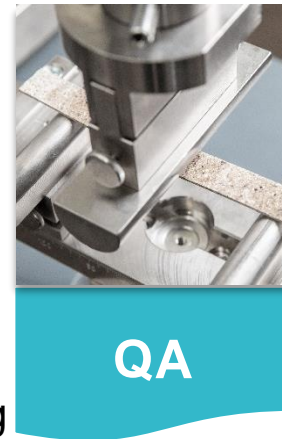
Holzwerkstoff- und Naturfaser-Technologien



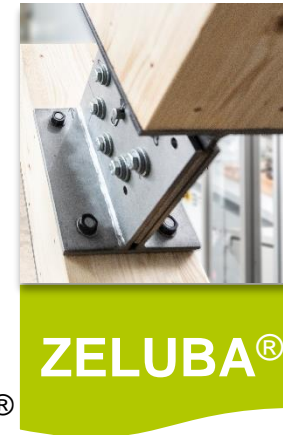
Materialanalytik und Innenluftchemie



Bindemittel und Beschichtungen



Qualitätsprüfung und -bewertung



Zentrum für leichte und umweltgerechte Bauten ZELUBA®



Anwendungszentrum für Holzfaserforschung HOFZET®

Holzwerkstoff- und Naturfaser-Technologien

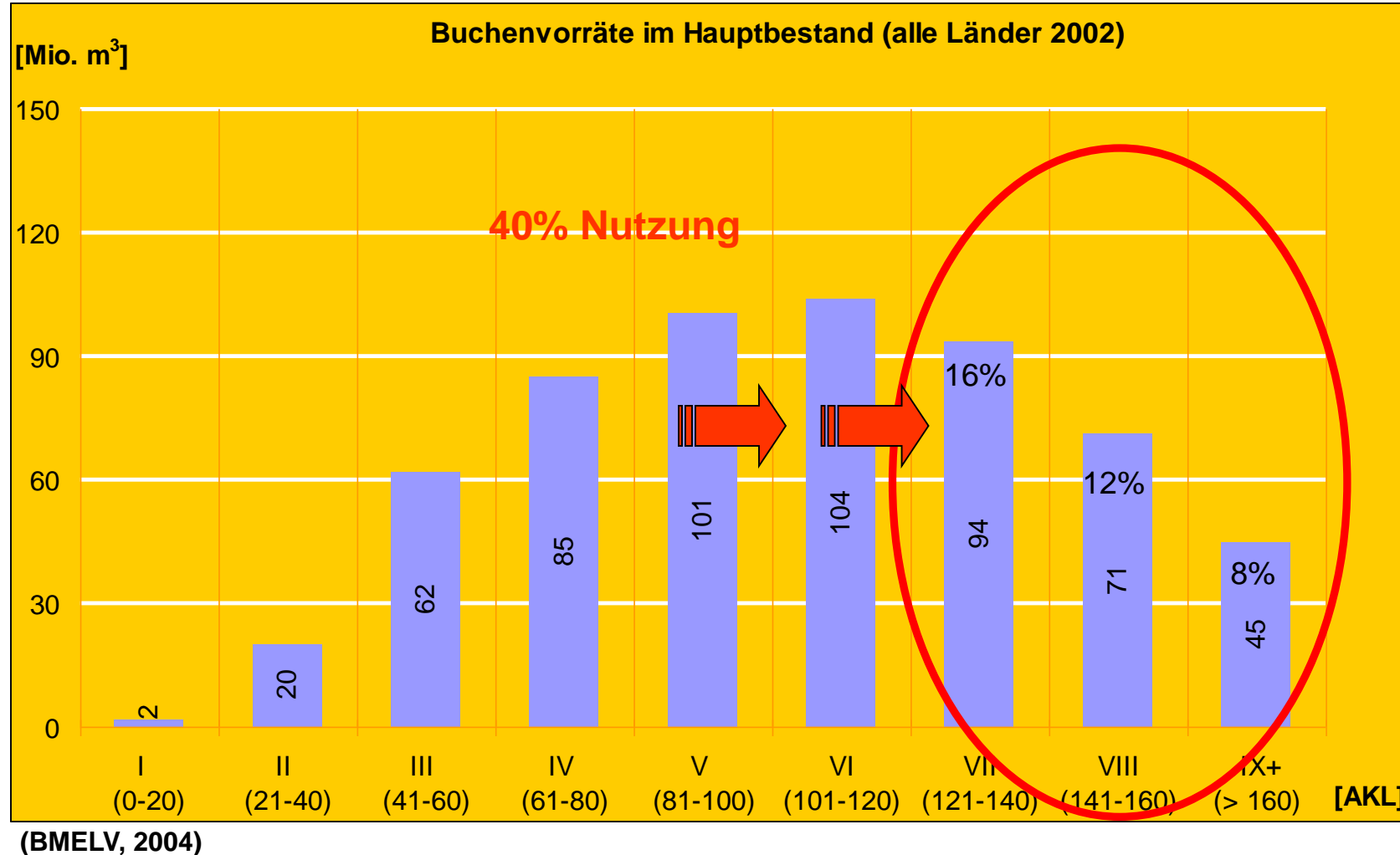
Dr. Dirk Berthold



Forschungsschwerpunkte

- Verfahrenstechnik Holzwerkstoffe und alternative Rohstoffe
- Wood-Plastic-Composites (WPC)
- Neue (hybride) Werkstoffe
- Formaldehydfreie Holzwerkstoffverklebung
- Recycling von Altholz und WPC
- Messtechnik

Ausgangssituation OSB und MDF aus alter bzw. "minderwertiger" Buche



OSB und MDF aus alter bzw. “minderwertiger” Buche

- Entwicklung stofflicher Nutzungsalternativen für qualitativ minderwertiges Buchenstammholz
- Herstellung von OSB aus unterschiedlich stark degradiertem Buchenholz
- rd. 120 Mio. m³ / 20% des Buchenvorrats in Beständen > 140 Jahre



Buche (168 jährig, RFö. Königslutter)



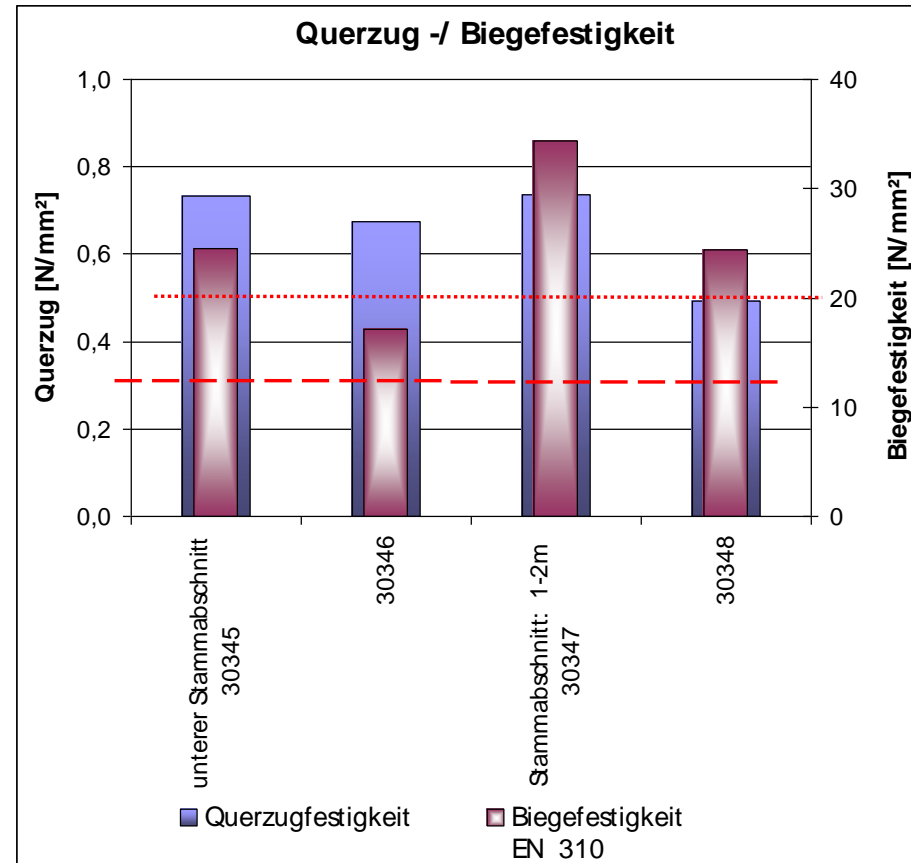
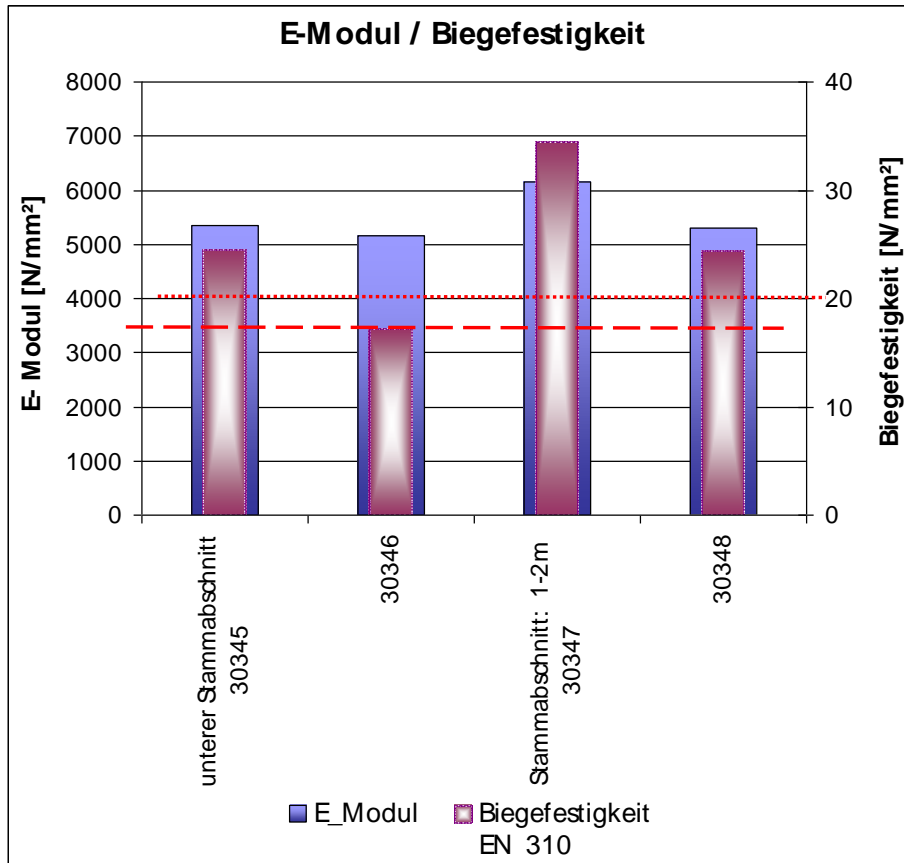
Starre Segmentierung (à 1 m)



Qualitative Sortierung der Segmente

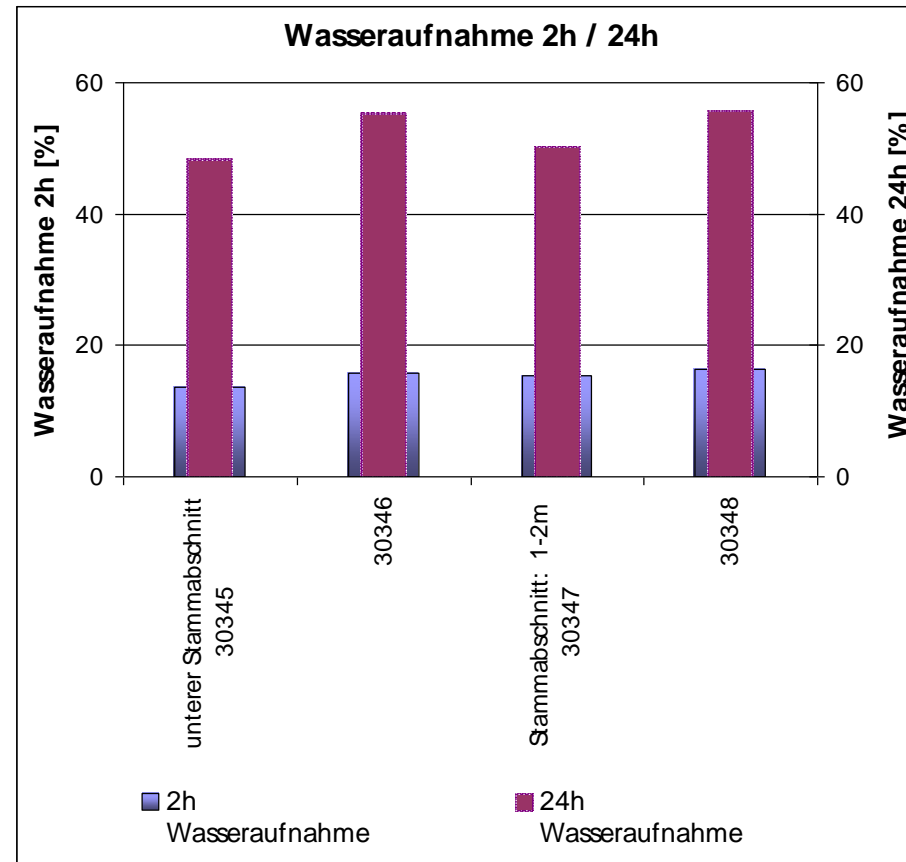
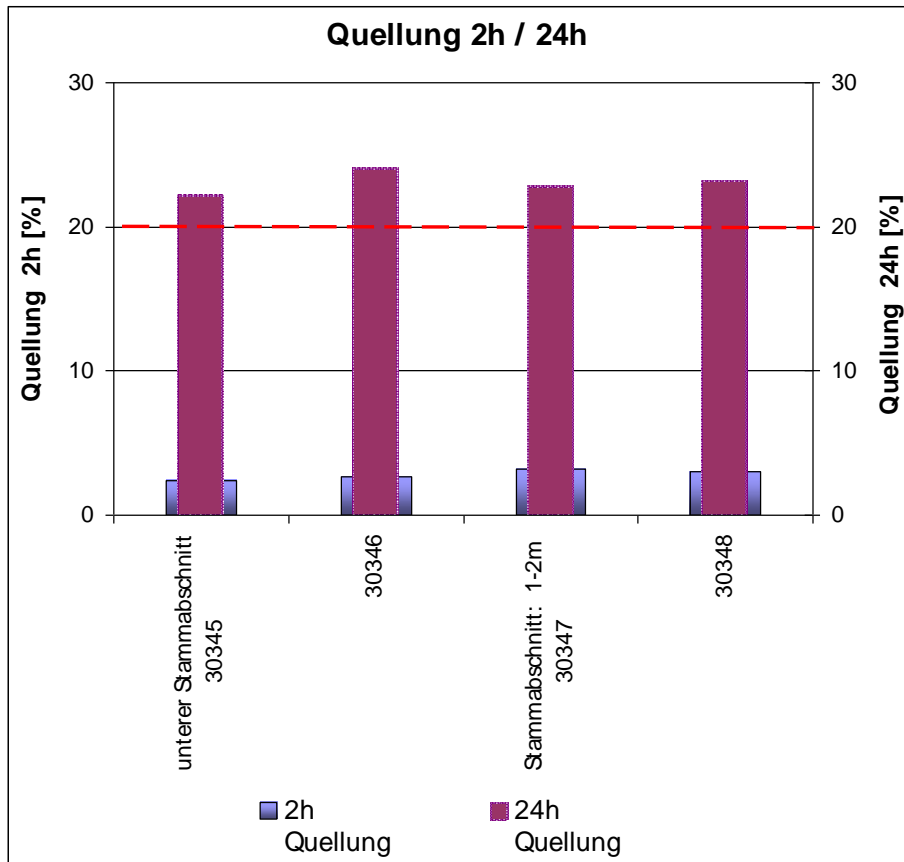
OSB aus alter Buche

Mechanische Eigenschaften (Ref.: DIN EN 300 / OSB 2)



OSB aus alter Buche

Mechanische Eigenschaften (Ref.: DIN EN 300 / OSB 2)



Extradichte Faserplatten aus minderwertiger Buche (EDF aus Buche)

■ EDF-Herstellung unter Variation von:

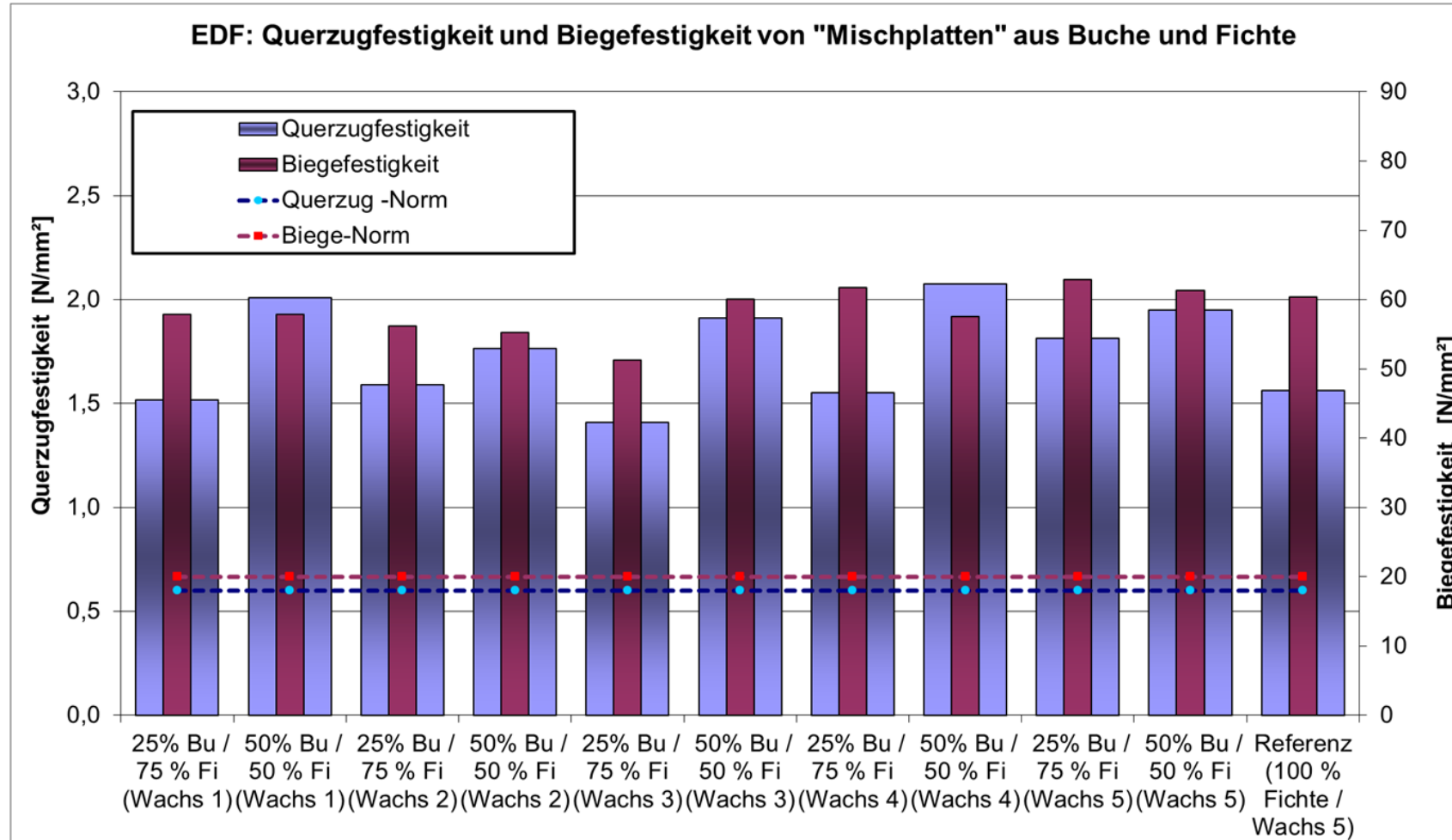
- Rohstofftyp (junge + alte Buche; ohne Rinde)
- Rohstoffmix (25 % Buche + 75 % Fichte bzw. 50 % Buche + 50 % Fichte)
- Zerfaserungsbedingungen (Druck, Temperatur, Verweilzeit)
- 0,5-1,0 % Hydrophobierung (Spezialwachse)
- Acetylierung (10 und 40 %)

■ Ergebnisse:

- Platten mit hoher Dichte (\varnothing 950 kg/m³) und guten mechanischen Eigenschaften (siehe Abbildungen)
- hygrische Eigenschaften gemäß Anforderungen

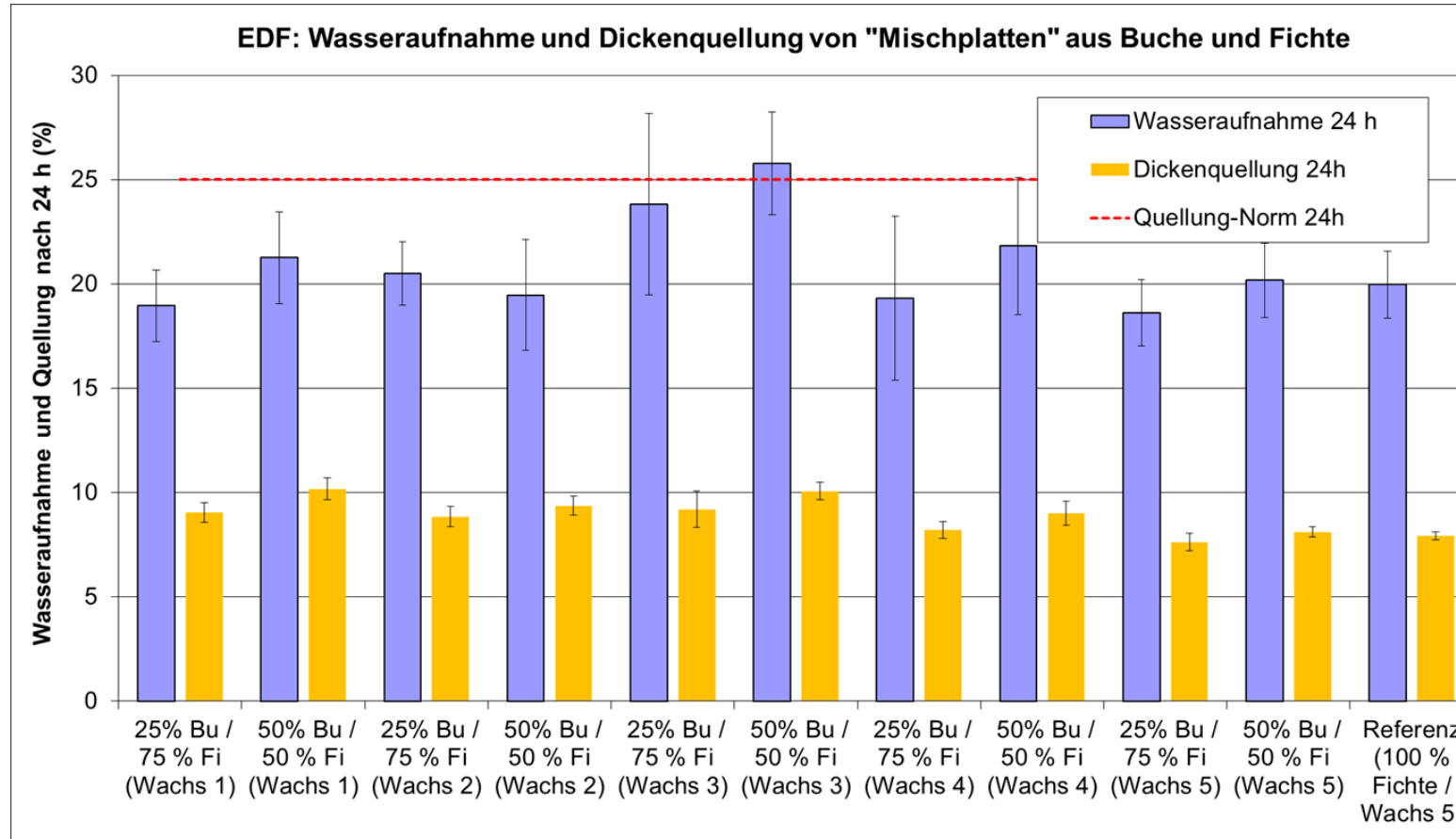
Extradichte Faserplatten aus minderwertiger Buche

Finale EDF-Versuchsreihe (iterative Optimierung)



Extradichte Faserplatten aus minderwertiger Buche

Finale EDF-Versuchsreihe (iterative Optimierung)



Trockenschäden an Rotbuchen: Schadklassen-Einteilung (nach Pollmeier)

- 1. Schadklasse (S1): Belaubungszustand von 0-10 % grüner Krone, Schäden auch an der Rinde (Wölbungen, Risse, Abplatzen, etc.). Kein Austreiben im Folgejahr mehr
- 2. Schadklasse (S2): Belaubungszustand 10-50 % grüner Krone, Stammzustand
- 3. Schadklasse (S3): Anteil an grüner Krone von mehr als 50 % aus. Hier sollte es sich um weitgehend gesunde Buchen handeln, deren Überleben als gesichert erscheint.



Geschädigte Buchen differenziert nach Schadklassen (Foto: Lennart Schotte, 17.09.2019)

Trockenschäden an Buchen und Verwertbarkeit des Kalamitätsholzes

Untersuchung des Zusammenhangs zwischen unterschiedlichen Ausprägungen von Trockenschäden an Buchen und der Verwertbarkeit von aus diesem Kalamitätsholz gewonnenem Schnittholz und Furnieren. Vorgehen:

- Herstellung und Untersuchung von Kalamitätsholz basierten Holzwerkstoffen im WKI-Technikum
- Vergleich der mechanischen Eigenschaften der aus unterschiedlichen Schadklassen hergestellten Produkte
- Einordnung der Daten in den Kontext üblicher Vergleichswerte und gültiger Industrienormen

Stamm-Eigenschaften des Buchenkalamitätsholzes



Sägeabschnitt auf der Blockbandsäge

■ Feuchtigkeit

Feuchtemessungen zeigen, dass sich die gemessenen Werte innerhalb aller Schadklassen im Normalbereich für die Feuchtwerte von vitalen Buchen liegen. Eine Minderung der Holzverwendbarkeit aufgrund eines zu niedrigen Wassergehaltes bei stark geschädigten Buchen kann nicht abgeleitet werden

■ Rohdichte

Wichtige Kenngröße für Holzarten und Holzwerkstoffe. Die Auswertung der Messergebnisse zeigen, dass in allen Schadklassen die Werte innerhalb des Rahmens für den Regelwert bei der Buche liegen. Eine verminderte technische Verwendbarkeit des Schadholzes aufgrund mangelnder Rohdichte ist nicht feststellbar!

Eigenschaften des Kalamitätsholzes: Vollholz



Proben zur Bestimmung des Feuchtgehaltes im Trockenschrank

■ Darrdichte (Rohdichte bei 0% Feuchtigkeit)

- Durchschnittswerte der einzelnen Schadklassen innerhalb der Norm (490-880 kg/m³)
- Gemessene Darrdichten der einzelnen Schadklassen zwischen 664,10 kg/m³ und 708,81 kg/m³

■ Biegefestigkeit nach DIN 52186

- Durchschnittswerte der einzelnen Schadklassen innerhalb der Norm (>110 N/mm²)
- abnehmend von Schadklasse 3 (Schnitt: 131,51 N/mm²) über die Schadklasse 2 (Schnitt: 126,65 N/mm²) bis hin zur Schadklasse 1 (Schnitt: 120,40 N/mm²)
- Signifikanter Unterschied bei der Biegefestigkeit des Vollholzes nur zwischen S3 und S1

Eigenschaften des Kalamitätsholzes: Vollholz

■ Blockscherfestigkeit nach DIN 52187

- Durchschnittswerte für alle Schadklassen oberhalb der Norm (Standardwert liegt bei 8,00 N/mm²)
- Durchschnittswerte: S1= 22,35 N/mm² S2= 20,26 N/mm², S3= 21,18 N/mm²

■ Druckfestigkeit nach DIN 52185

- Druckfestigkeit in Faserrichtung im Schnitt mehr als doppelt so hoch wie quer zur Faser (Standardwert liegt bei 50,00 N/mm²)
- Durchschnittswerte in Faserrichtung: S 1 = 47,94 N/mm², S 2 = 54,60 N/mm², S 3 = 56,51 N/mm²
- Durchschnittswerte quer zur Faserrichtung: S 1 = 16,0 N/mm², S 2 = 27,50 N/mm², S 3 = 21,36 N/mm²

Eigenschaften des Kalamitätsholzes: Vollholz

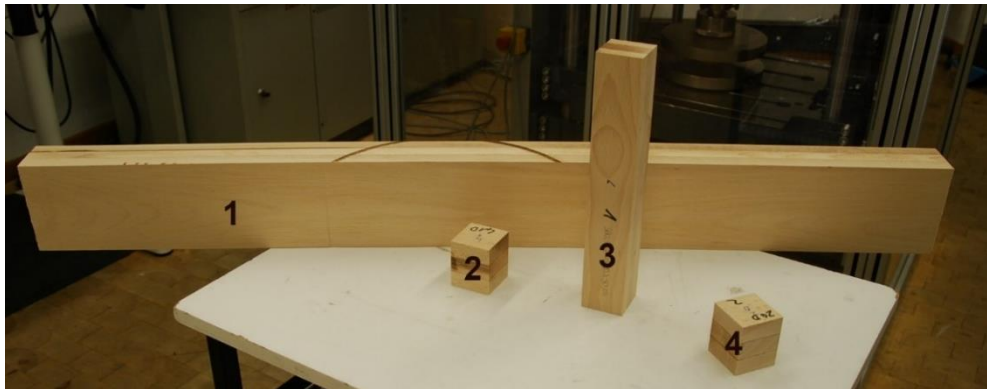
Erkenntnisse:

- Tendenz: Aus dem Rundholz der Schadklasse 1 produzierte Ware schneidet nicht erkennbar schlechter ab als die Ware aus den zwei anderen Schadklassen. Der Schädigungsgrad der Buchen scheint bei diesen Produkten nur bei sehr bestimmten Holzeigenschaften einen messbaren Einfluss zu haben
- Eine „Verleimung“ von Holz erhöht nicht nur die Festigkeit insgesamt, sie relativiert möglicherweise auch die bei den Vollholzprodukten tendenziell erkennbaren Zusammenhänge zwischen Stärke der Schädigung und Höhe der Festigkeit (Biege- und Druckfestigkeit)
- Aus den Messergebnissen ist kein Unterschied zwischen der Verleimungsfähigkeit bzw. der erzielten Verleimungsqualität der Bretter bei den unterschiedlichen Schadklassen abzuleiten

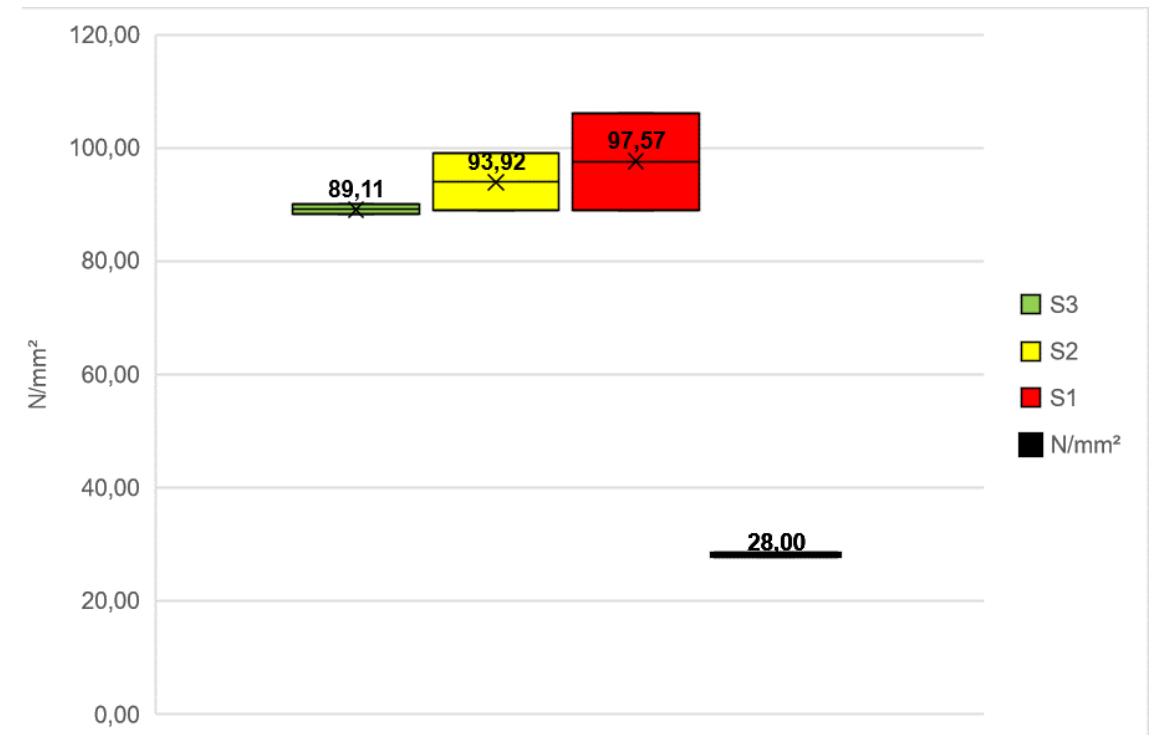
Eigenschaften des Kalamitätsholzes: Brettschichtholz

■ Biegefestigkeit nach DIN EN 14080

- Durchschnittswerte aller Schadklassen oberhalb der Norm (28,0 N/mm²)
- Durchschnittswerte
S1= 97,57 N/mm², S2= 93,92 N/mm²,
S3= 89,11 N/mm²
- Auffällig: Größere Differenzen innerhalb der Messungen in Schadklasse 2 und 1



Proben für die Festigkeitsprüfungen (BSH), 1 = Biegeprobe; 2 = Druckprobe quer zur Faser; 3 Druckprobe in Faserrichtung und 4 = Blockscherprobe

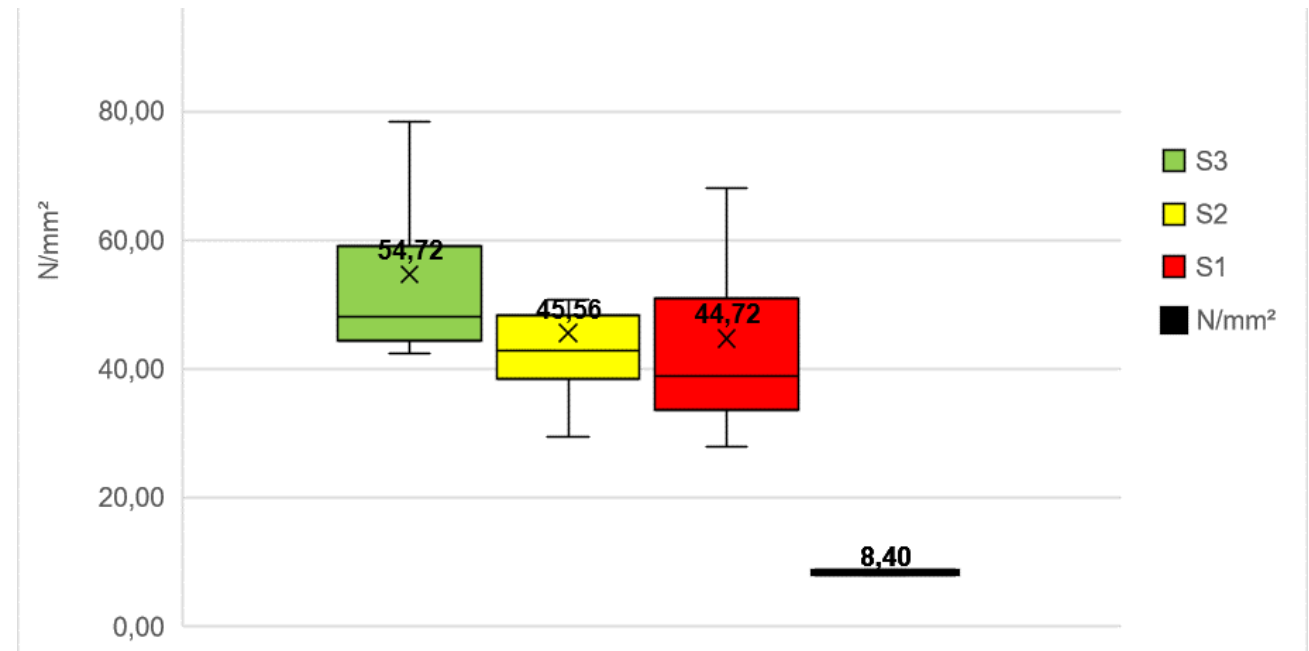


Ergebnisse der Biegefestigkeit beim BSH (dargestellt über Boxplots); n = 2 pro SK, schwarze Linie Normalwert nach DIBT (2014)

Eigenschaften des Kalamitätsholzes: Brettschichtholz

■ Druckfestigkeit nach DIN EN 408 quer zur Faser

- Durchschnittswerte aller Schadklassen quer zur Faser liegen oberhalb des vom DIBT ermittelten Normalwertes (8,40 N/mm²)
- Durchschnittswerte
S1= 44,72 N/mm²
S2= 45,56 N/mm²,
S3= 54,72 N/mm²

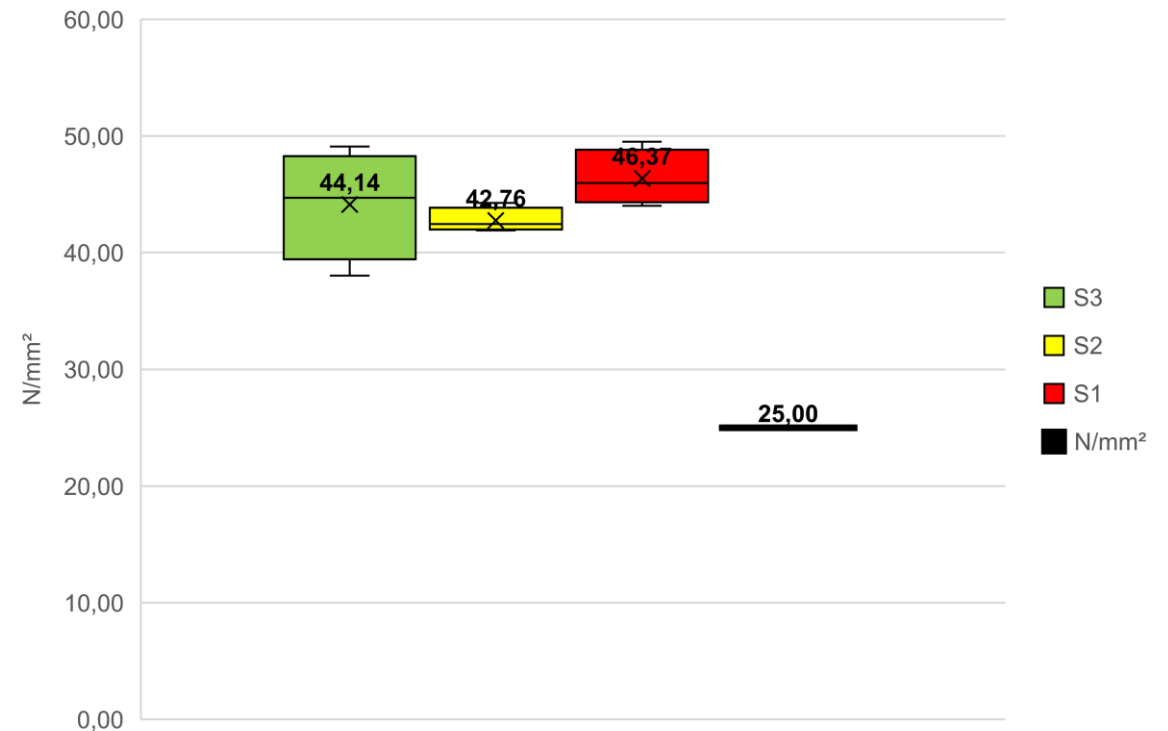


Ergebnisse der Druckfestigkeit quer zur Faser beim BSH

Eigenschaften des Kalamitätsholzes: Brettschichtholz

■ Druckfestigkeit nach DIN EN 408 in Faserrichtung

- Durchschnittswerte aller Schadklassen in Faserrichtung liegen oberhalb des vom DIBT ermittelten Normalwertes (25,0 N/mm²)
- Durchschnittswerte
S1= 46,37 N/mm²
S2= 42,76 N/mm²,
S3= 44,14 N/mm²

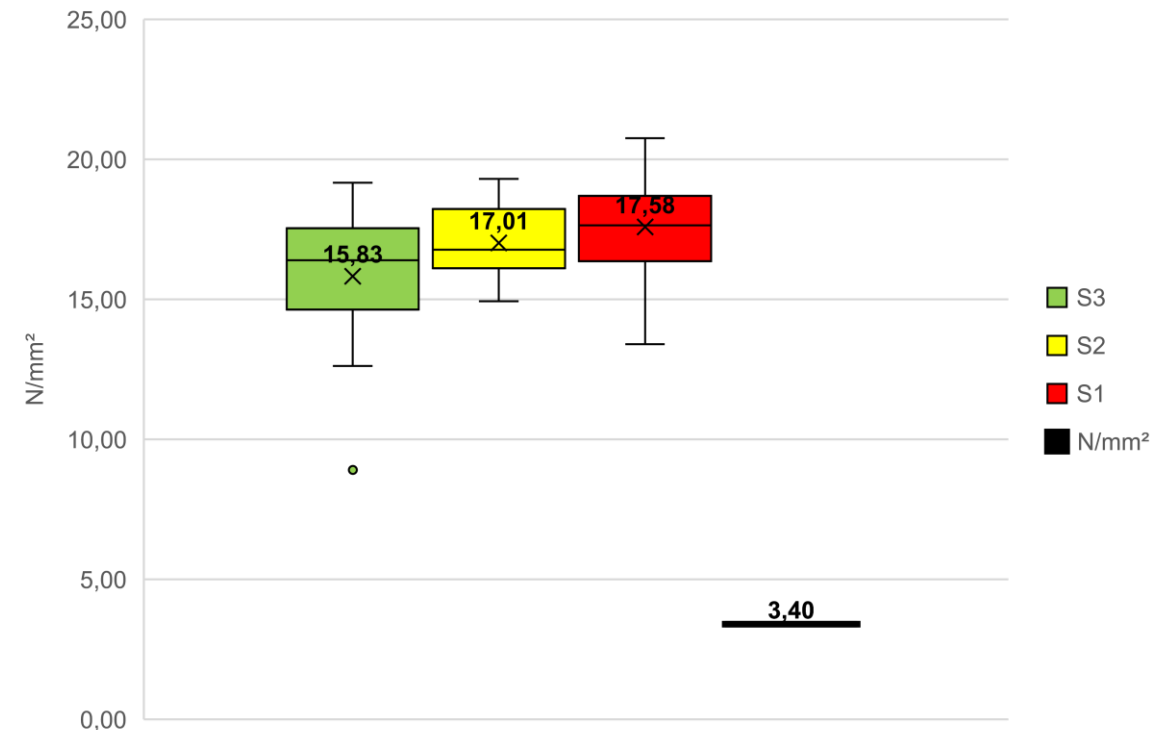


Ergebnisse der Druckfestigkeit in Faserrichtung

Eigenschaften des Kalamitätsholzes: Brettschichtholz

■ Blockscherfestigkeit nach DIN EN 14080

- Durchschnittswerte aller Schadklassen in Faserrichtung liegen oberhalb des vom DIBT ermittelten Normalwertes (3,4 N/mm²)
- Durchschnittswerte
S1= 17,58 N/mm²
S2= 17,01 N/mm²,
S3= 15,83 N/mm²



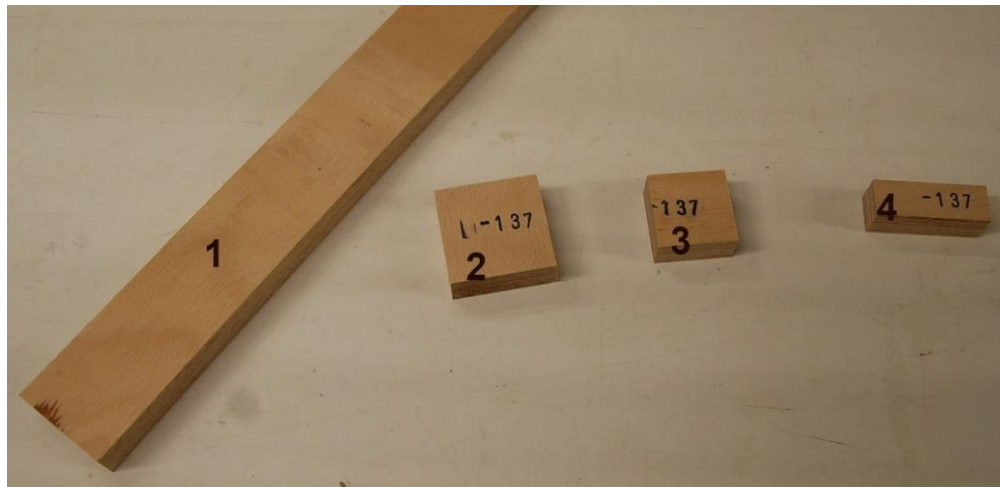
Ergebnisse der Blockscherfestigkeit der ersten Fuge beim BSH (dargestellt über Boxplots), schwarze Linie Normalwert nach DIBT

Eigenschaften des Kalamitätsholzes: Furnierschichtholz (LVL)

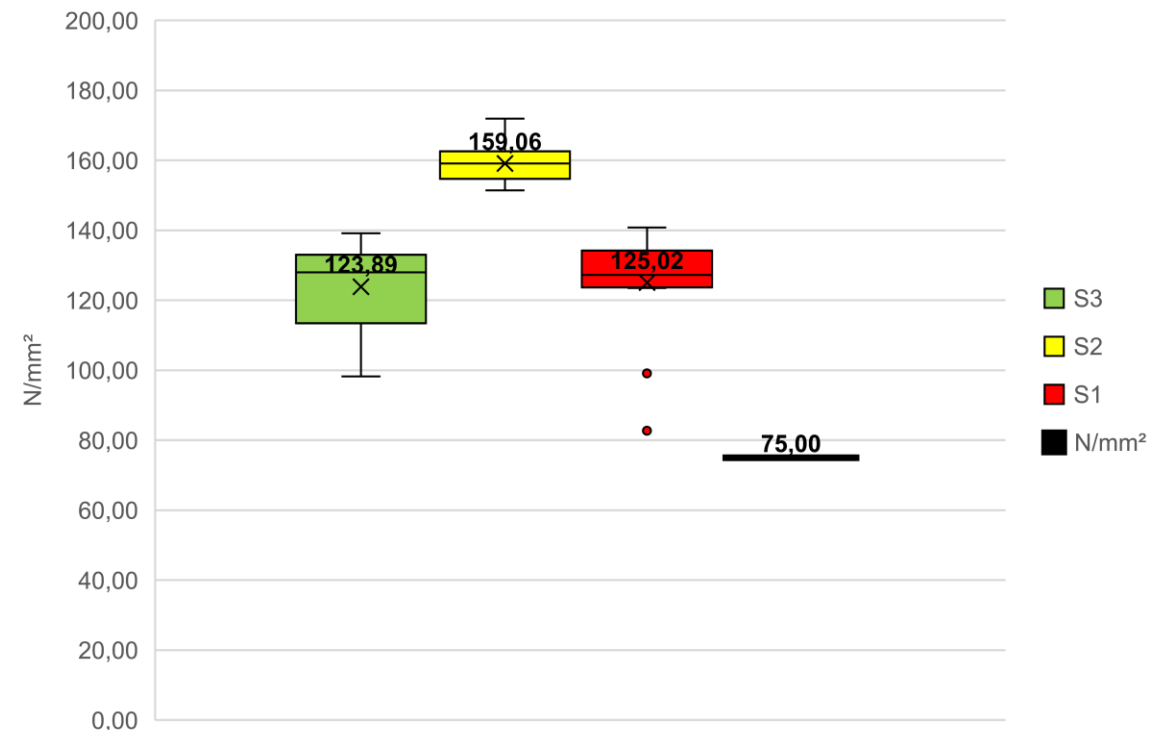
■ Biegefestigkeit nach DIN EN 408

■ Durchschnittswerte aller Schadklassen oberhalb der Norm (75,0 N/mm²) nach Pollmeier

■ Durchschnittswerte
S1= 125,02 N/mm²
S2= 159,06 N/mm²,
S3= 123,89 N/mm²



Proben für die Festigkeitsprüfungen (LVL), 1 = Biegeprobe; 2 = Blockscherprobe (wurde nochmal abgeändert s. Abb. 26); 3 = Druckprobe quer zur Faser; 4 = Druckprobe in Faserrichtung



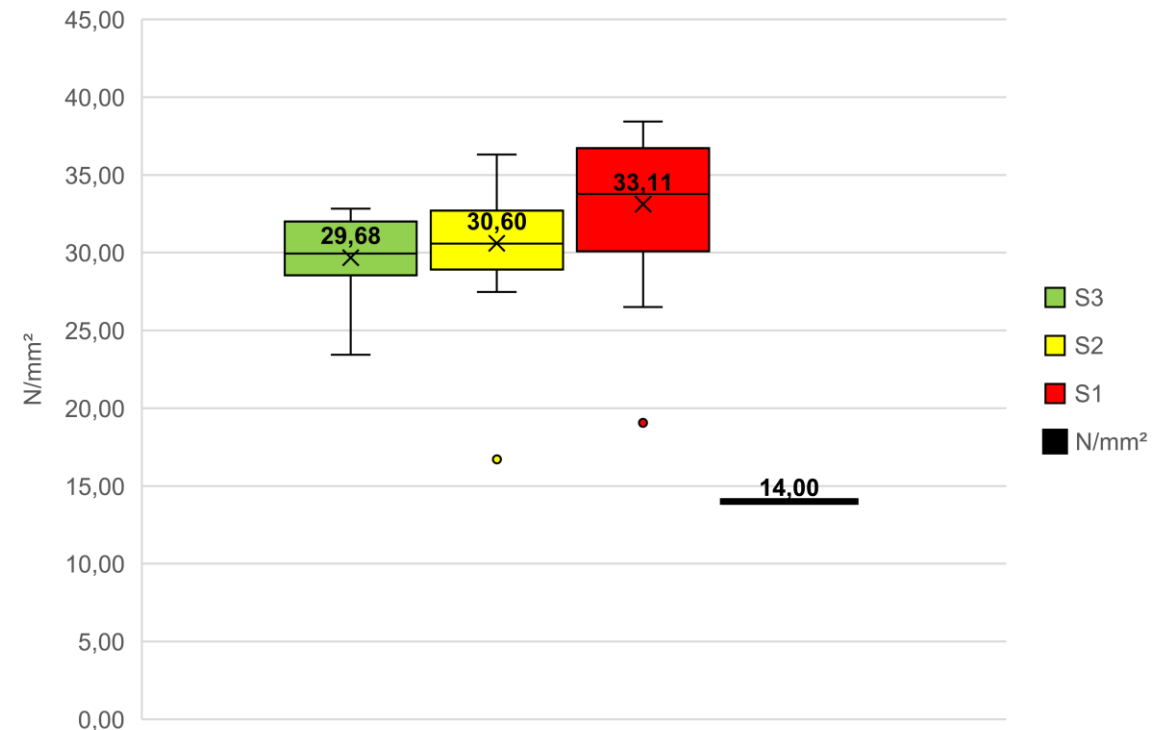
Ergebnisse der Biegefestigkeit beim LVL (dargestellt über Boxplots), schwarze Linie Normalwert nach POLLMEIER MASSIVHOLZ GMBH & CO. KG (2018)

Eigenschaften des Kalamitätsholzes: Furnierschichtholz (LVL)

■ Druckfestigkeit nach DIN EN 14374 quer zur Faser

■ Durchschnittswerte aller Schadklassen quer zur Faser liegen ca. doppelt so hoch wie der nach Pollmeier angegebene Normwert (14,00 N/mm²)

■ Durchschnittswerte
S1= 33,11 N/mm²
S2= 30,60 N/mm²,
S3= 29,68 N/mm²



Ergebnisse der Druckfestigkeit quer zur Faser beim LVL

Eigenschaften des Kalamitätsholzes: Furnierschichtholz (LVL)

■ Druckfestigkeit nach DIN EN 14374 in Faserrichtung

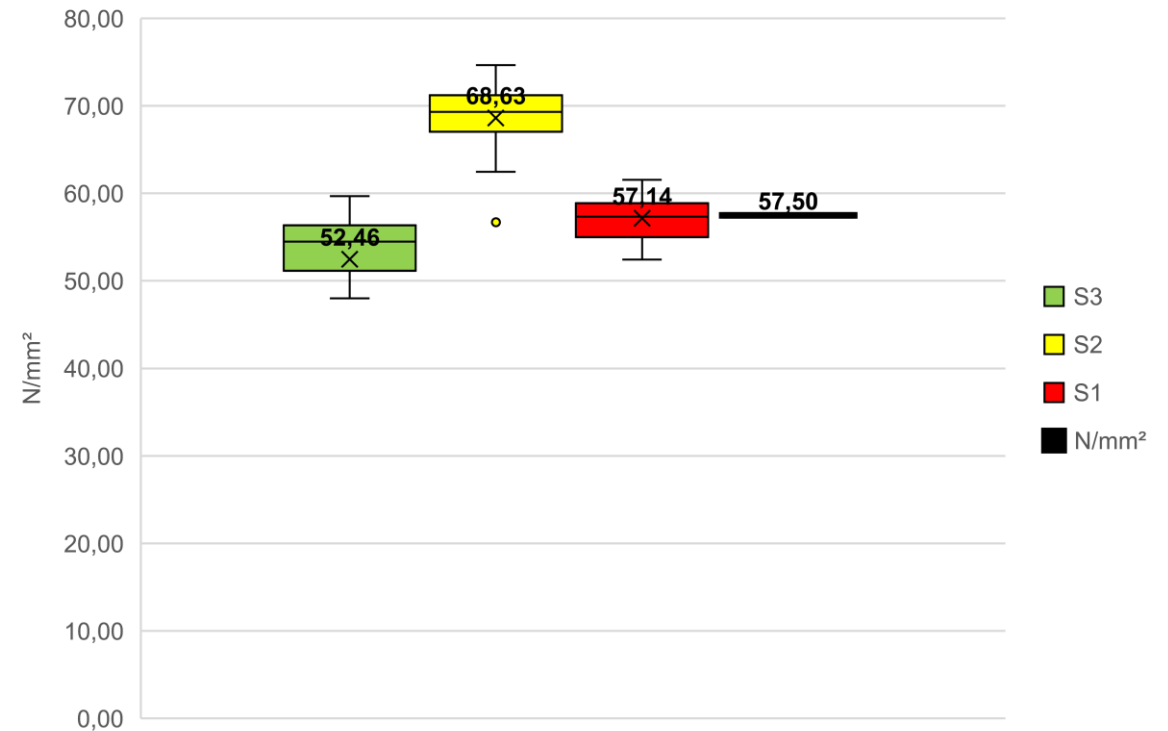
■ Normwert = 57,50 N/mm² nach Pollmeier

■ Durchschnittswerte

S1= 57,14 N/mm²

S2= 68,63 N/mm²,

S3= 52,46 N/mm²

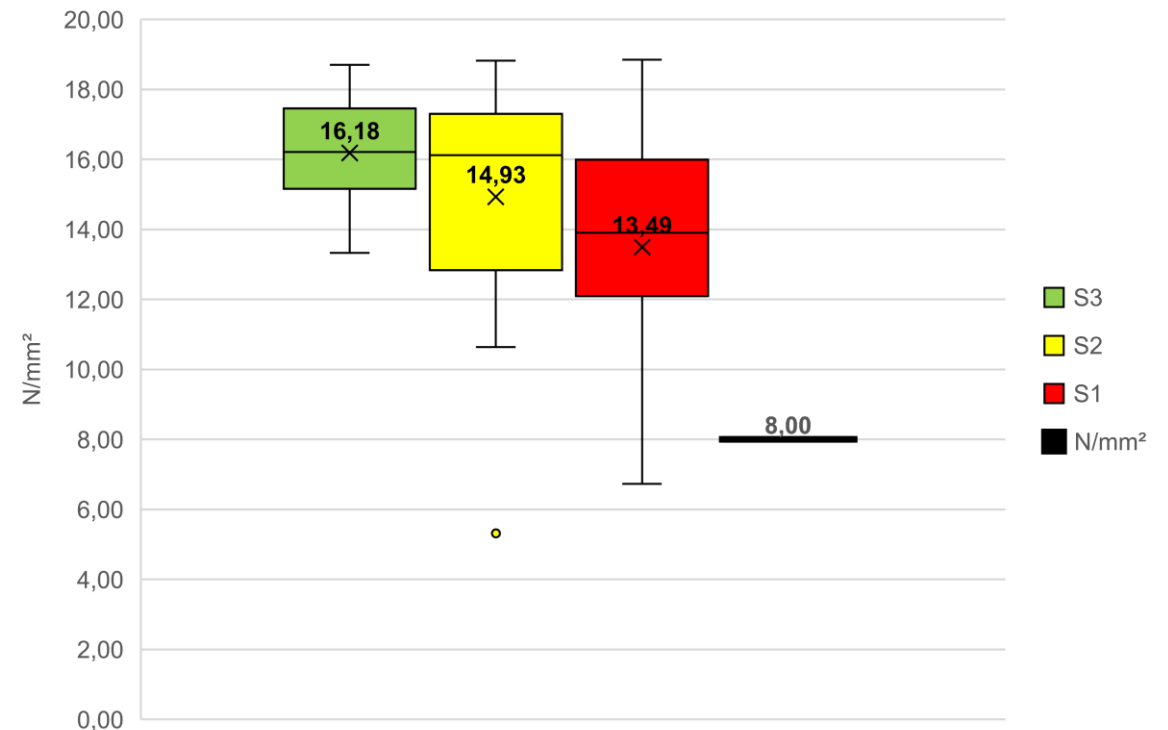


Ergebnisse der Druckfestigkeit in Faserrichtung beim LVL

Eigenschaften des Kalamitätsholzes: Furnierschichtholz (LVL)

■ Blockscherfestigkeit nach DIN EN 13354

- Durchschnittswerte aller Schadklassen in Faserrichtung liegen bis zu doppelt so hoch wie der von Pollmeier angegebene Normalwert (8,0 N/mm²)
- Durchschnittswerte
S1= 13,49 N/mm²
S2= 14,93 N/mm²,
S3= 16,18 N/mm²



Ergebnisse der Blockscherfestigkeit beim LVL

Buchenholz – Verwendung und Ansprüche an Holzeigenschaften

■ 1. Anwendung für Möbelbauten

- Verwendung von Vollholz oder Brettschichtholz, seltener Furnierschichtholz
- Besonderer Fokus: Biegefestigkeit und Blockscherfestigkeit
- Möbelholz muss für bestimmte Formen gebogen werden, Faserverbindungen dürfen dabei nicht reißen

■ Ergebnisse der Untersuchung

- Biegefestigkeit bei
 - a) Vollholz: Schadklasse 1 erfüllt die geforderten Normwerte teilweise nicht;
 - b) Brettschichtholz: Alle Werte innerhalb der Norm
- Scherfestigkeit: Ergebnisse der Schadklassen zeigen keine Auswirkungen auf Vollholz und Brettschichthölzer
- Allerdings wirken sich die Verfärbungen der Schadklassen auf die Optik der Möbel aus

Buchenholz – Verwendung und Ansprüche an Holzeigenschaften

■ 2. Innenausbauten (Türen, Wände, Fußböden, etc.)

- Sowohl Vollhölzer, Brettschichthölzer als auch Furnierschichthölzer eignen sich für den Innenausbau
- Besonderer Fokus: Druckfestigkeit quer zur Faser und mit der Faser
- Hauskonstruktionen wie Wände/Decken drücken auf das verwendete Buchenmaterial

■ Ergebnisse der Untersuchung

- Druckfestigkeit in Faserrichtung bei
 - a) Vollholz: Signifikante Unterschiede in den Schadklassen, Proben der S1 erfüllten ca. 50 % der Anforderungen an einen Normalwert nach WAGENFÜHR (2006) nicht
 - b) Brett- und Furnierschichtholz: Einhaltung der Normwerte bei allen Schadklassen
- Druckfestigkeit quer zur Faser bei
 - a) Vollholz und Brettschichtholz erfüllen die Norm, keine signifikanten Unterschiede
 - b) Furnierschichtholz: Proben werden mit zunehmender Schadklasse schlechter

Buchenholz – Verwendung und Ansprüche an Holzeigenschaften

■ 3. Anwendung der Ergebnisse für Konstruktionen

- Verwendung von Brettschichthölzern und Furnierschichthölzern
- Fokus 1: druckfest in Bezug auf quer zur Faser und in Faserrichtung sein
 - Enorme Gewichtsbelastung durch tragende Funktionen
- Fokus 2: Scherfestigkeit und Biegefestigkeit
 - Konstruktionshölzer werden häufig entsprechend der Funktion geformt

■ Ergebnisse der Untersuchung

- Brettschichtholz: Brettschichthölzern aller Schadklassen liegen in den Normwerten
- Furnierschichtholz:
 - Alle Schadklassen erfüllen die Norm zur Biegefestigkeit und Druckfestigkeit quer zur Faser, bei Druckfestigkeit in Faserrichtung sowie Blockscherfestigkeit herrschen uneindeutige Ergebnisse, größere Stichproben wären erforderlich

Abschließendes Fazit

- Insgesamt lässt sich bei Betrachtung der Gesamtheit der Messergebnisse feststellen, dass sich die ermittelten Festigkeitswerte nahezu vollständig oberhalb der gültigen Normen bewegten und sich insofern eine eingeschränkte technische Verwendbarkeit von Buchen-Kalamitätsholz bei den getesteten Produkten nicht nachweisen ließ.
- Eine Weiterverarbeitung zu verklebten Holzwerkstoffen ist möglicherweise ein Lösungsansatz, wenn es darum geht, höhere Festigkeitswerte speziell für eine Verwendung im konstruktiven Bereich zu erreichen. Aus den durchgeführten Untersuchungen lässt sich ableiten, dass eine gute Mischung von Einzelkomponenten aus Buchenschadholz mit unterschiedlichem Schädigungsgrad brauchbare Festigkeitswerte liefern könnte.



**Vielen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit!**