

---

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

Dirk Berthold

---

» Wertschöpfende Verwendung von Kalamitätsholz «

Tagung des Kompetenznetzes für Nachhaltige

Holznutzung (NHN) e. V.

**Göttingen, 1. Juni 2022**



# 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

# Kalamitäten



# Fichtenholz



# Buchenholz



Buchenprachtkäfer



Pustelpilze (Nectria)



Schleimfluss

# Verwendung von Buchenkalamitätsholz für Standardanwendungen

- Notwendige Entwicklung stofflicher Nutzungsalternativen für qualitativ minderwertiges Buchenstammholz (Holzrisse, Pilze, Insekten . . .)
- Herstellung von Sägeholz, Furnieren, OSB und Fasern aus unterschiedlich stark degradiertem Buchenholz mit Überprüfung der Werkstoffeigenschaften
- Ist die Übertragung der Erfahrungen von altem Buchenholz und Frischholz auf Kalamitätenholz möglich?
- Herstellung von Dämmstoffmatten ( $<50\text{kg/m}^3$ ) aus Buchenholzfasern ist bisher nur im Ansatz getestet. Ist Kalamitätenholz dafür geeignet?

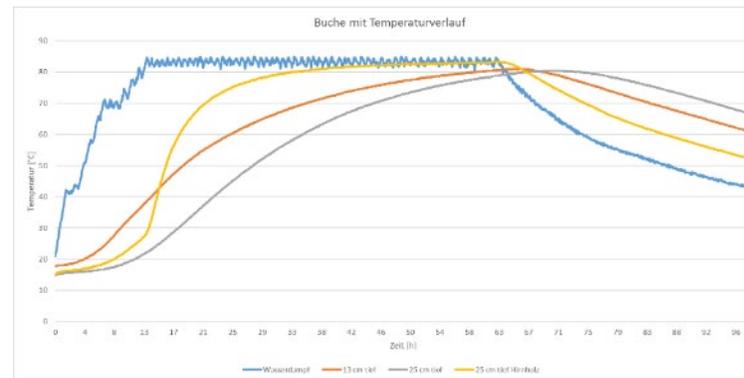
➡ **Probleme:** Klebstoff, Hydrophobierungsmittel, Degradation, Farbe

# Verwendung von Buchenkalamitätsholz für Massivholz, LVL und Sperrholz?

- Lässt sich minderwertiges Buchenstammholz gefahrlos sägen und trocknen?



- Wie muss diese Buche gedämpft / gekocht und geschält werden – kann sie überhaupt genutzt werden?



# Verwendung von Buchenkalamitätsholz für OSB?

- Entwicklung stofflicher Nutzungsalternativen für qualitativ altes / minderwertiges Buchenstammholz



- Herstellung von OSB aus frischem Buchenholz



# OSB aus alter bzw. “minderwertiger” Buche

- Entwicklung stofflicher Nutzungsalternativen für qualitativ minderwertiges Buchenstammholz
- Herstellung von OSB aus unterschiedlich stark degradiertem Buchenholz
- rd. 120 Mio. m<sup>3</sup> / 20% des Buchenvorrats in Beständen > 140 Jahre



*Buche (168 jährig, RFö. Königslutter)*



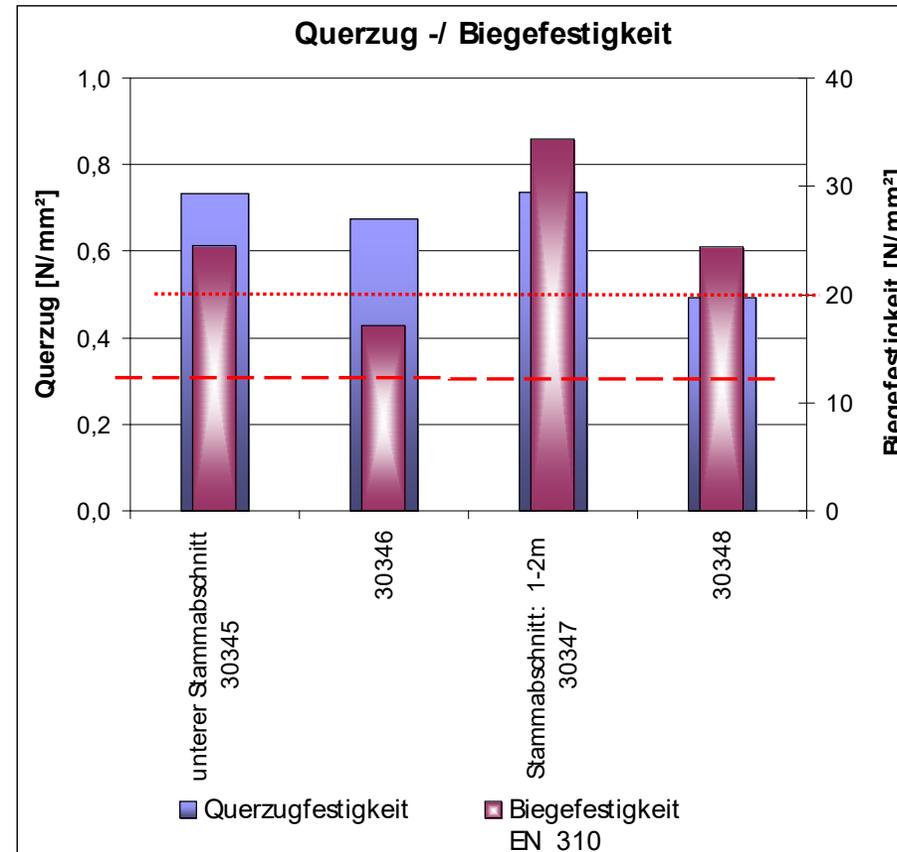
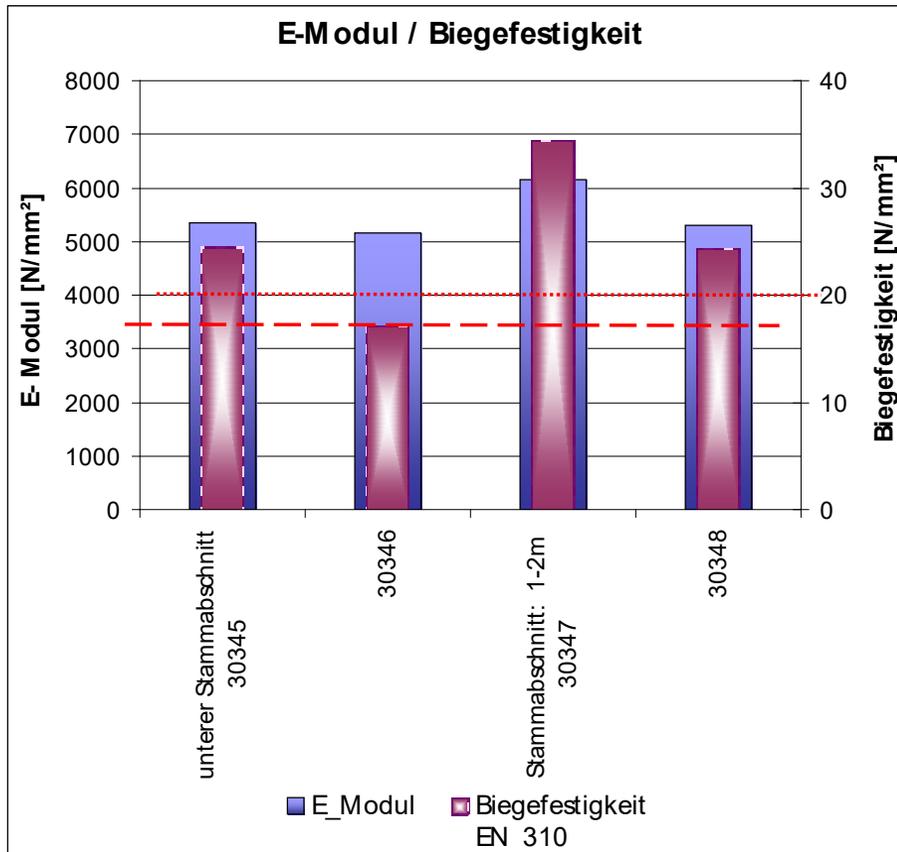
*Starre Segmentierung (à 1 m)*



*Qualitative Sortierung der Segmente*

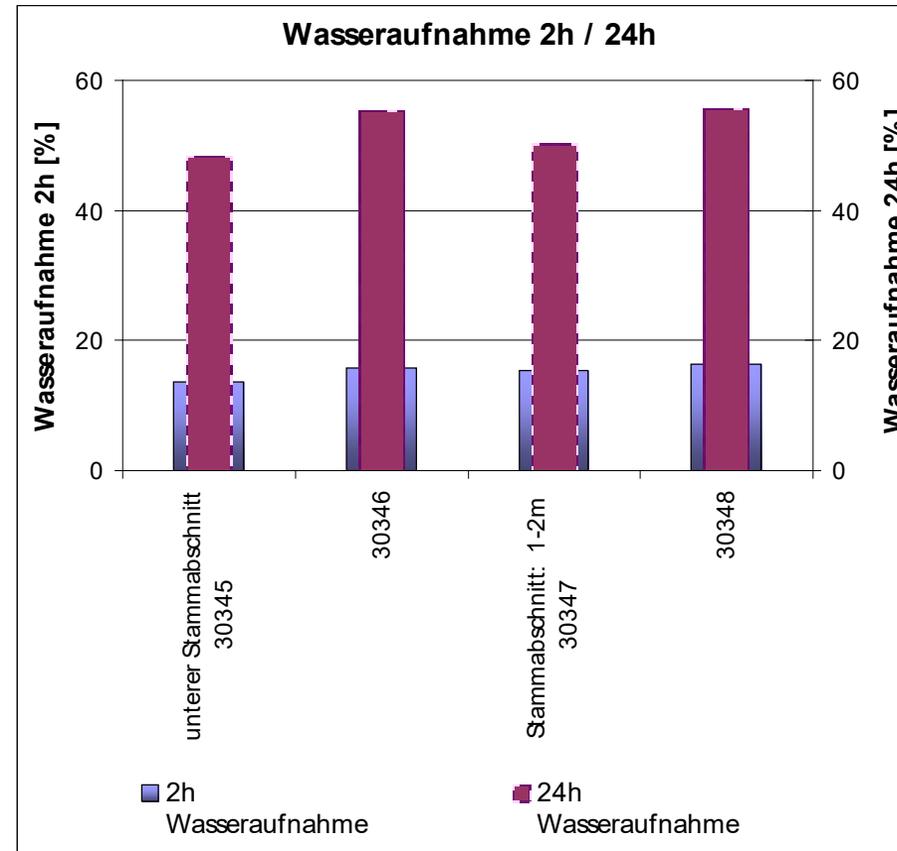
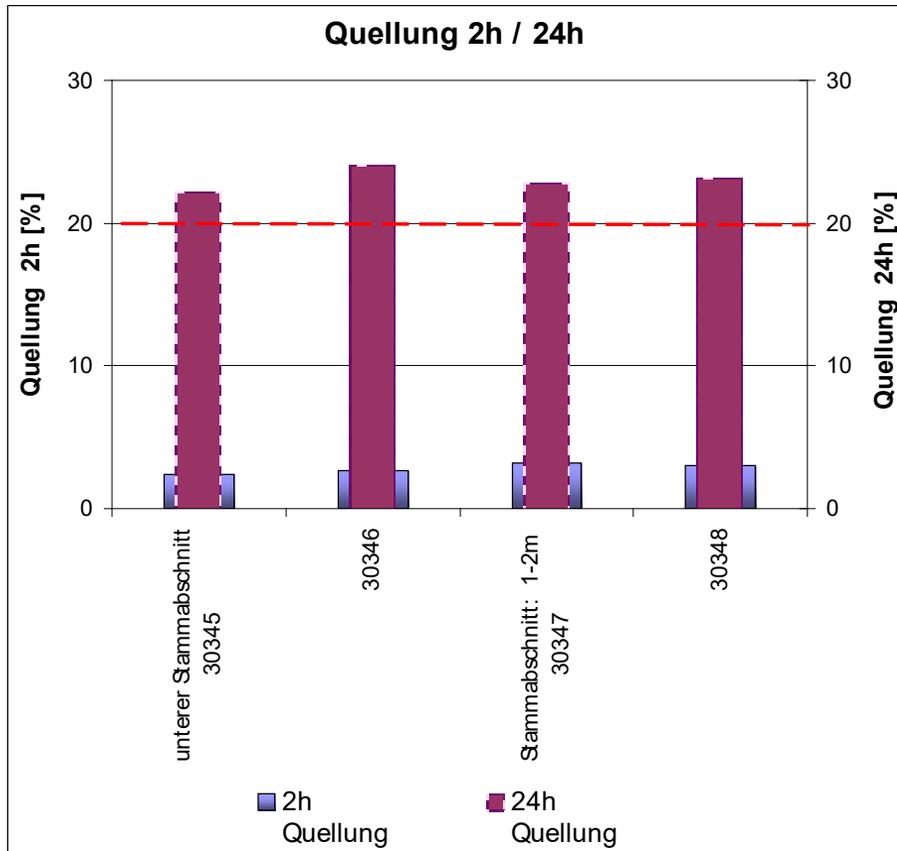
# OSB aus alter Buche

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



# OSB aus alter Buche

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



# Verwendung von Buchenkalamitätsholz für MDF/HDF?

- Entwicklung stofflicher Nutzungsalternativen für qualitativ altes / minderwertiges Buchenstammholz



- Herstellung von HDF aus Buchen-Kalamitätsholz



> 5 mm  
fraction

2-5 mm  
fraction

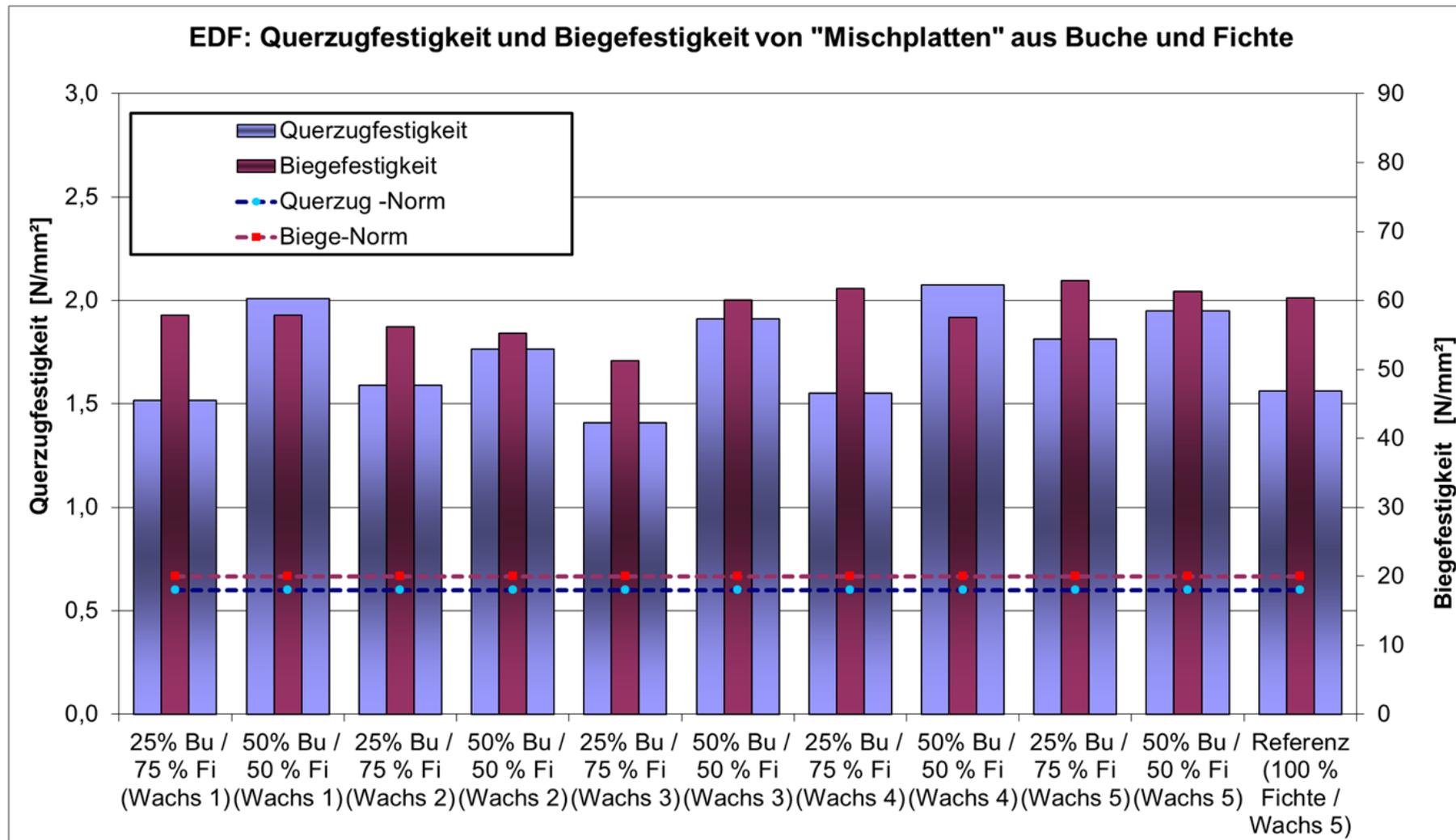
1-2 mm  
fraction

< 1 mm  
fraction



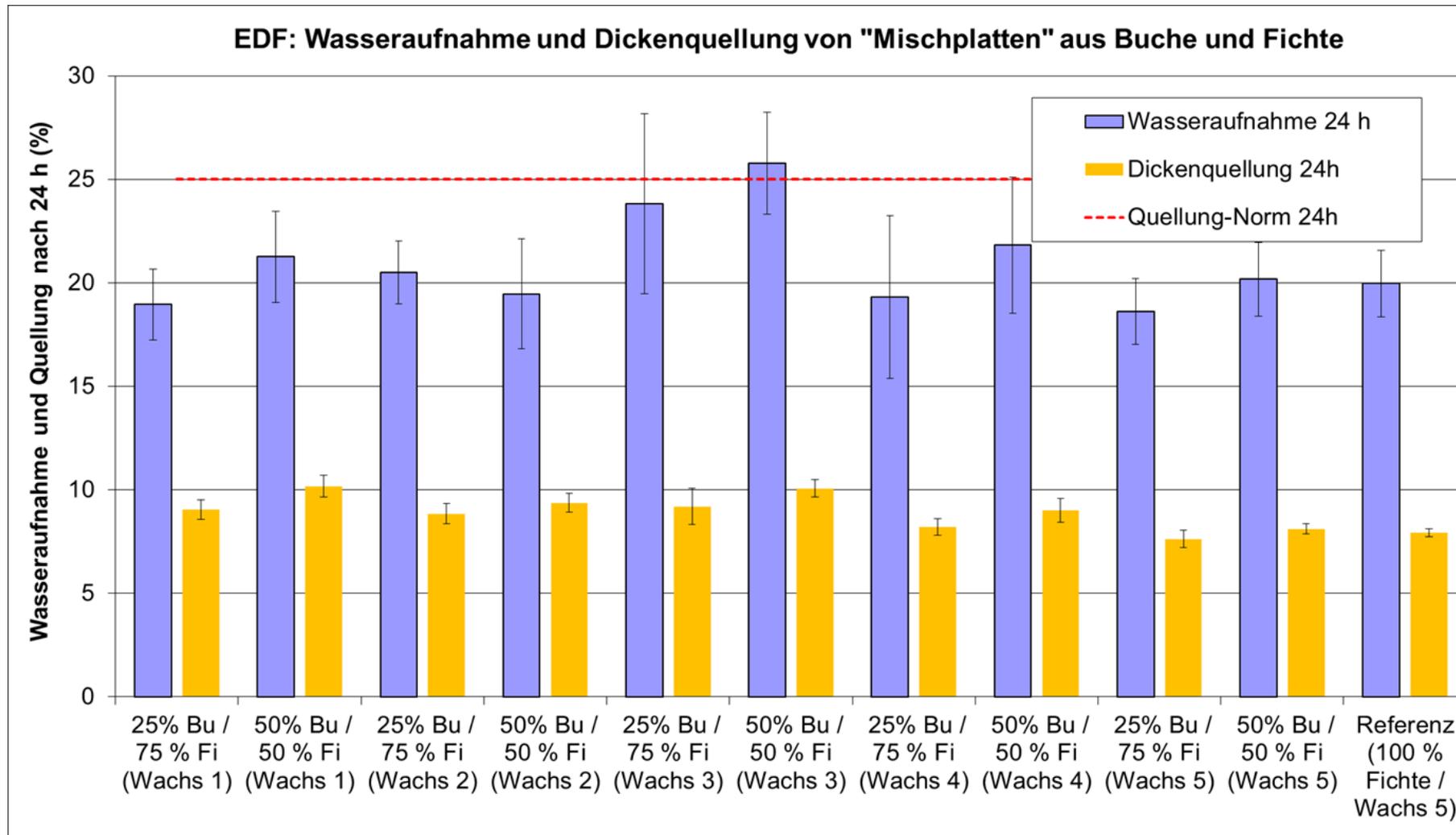
# Hochdichte Faserplatten aus minderwertiger Buche

Finale HDF-Versuchsreihe (iterative Optimierung)



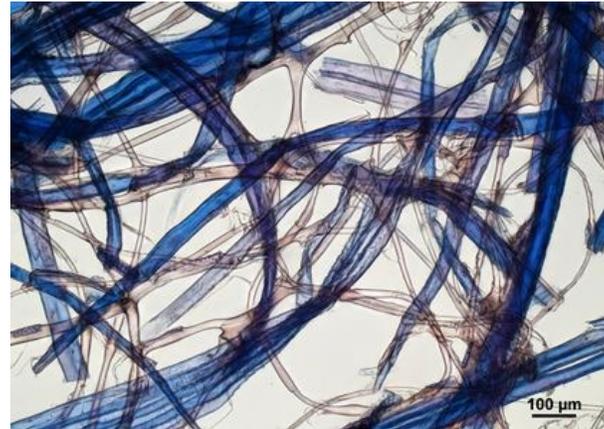
# Hochdichte Faserplatten aus minderwertiger Buche

Finale HDF-Versuchsreihe (iterative Optimierung)



# Verwendung von Buchenkalamitätsholz für Dämmstoffmatten?

- Entwicklung stofflicher Nutzungsalternativen für qualitativ altes / minderwertiges Buchenstammholz



- Herstellung von MDF aus unterschiedlich stark degradiertem Buchenholz?



# Aktuelle Schäden an Rotbuchen: B.Sc.-Arbeit Lennart Schotte

- 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:

- 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

Feuchtigkeitsmessungen zeigen, dass sich die gemessenen Werte innerhalb aller Schadklassen im Normalbereich für die Feuchtigkeitswerte 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/m<sup>3</sup>)
- Gemessene Darrdichten der einzelnen Schadklassen zwischen 664,10 kg/m<sup>3</sup> und 708,81 kg/m<sup>3</sup>

## ■ Biegefestigkeit nach DIN 52186

- Durchschnittswerte der einzelnen Schadklassen innerhalb der Norm (>110 N/mm<sup>2</sup>)
- abnehmend von Schadklasse 3 (Schnitt: 131,51 N/mm<sup>2</sup>) über die Schadklasse 2 (Schnitt: 126,65 N/mm<sup>2</sup>) bis hin zur Schadklasse 1 (Schnitt: 120,40 N/mm<sup>2</sup>)
- 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/mm<sup>2</sup>)
- Durchschnittswerte: S1= 22,35 N/mm<sup>2</sup> S2= 20,26 N/mm<sup>2</sup>, S3= 21,18 N/mm<sup>2</sup>

## ■ Druckfestigkeit nach DIN 52185

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

# Eigenschaften des Kalamitätsholzes: Vollholz

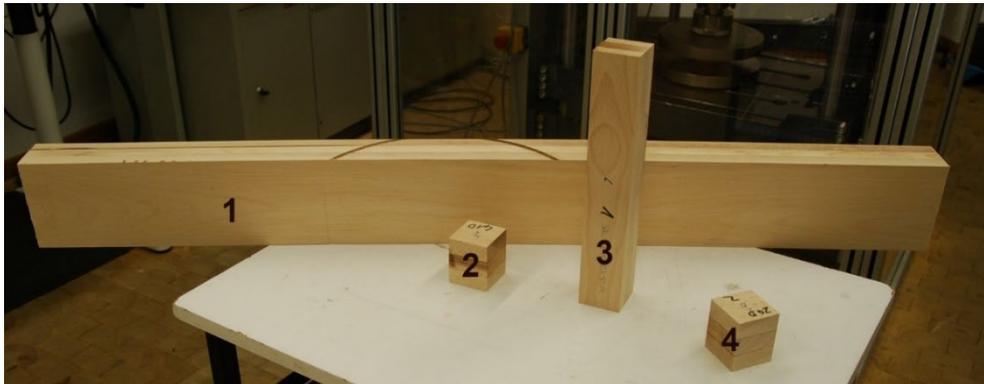
## Erkenntnisse:

- 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 Lamellen bei den unterschiedlichen Schadklassen abzuleiten

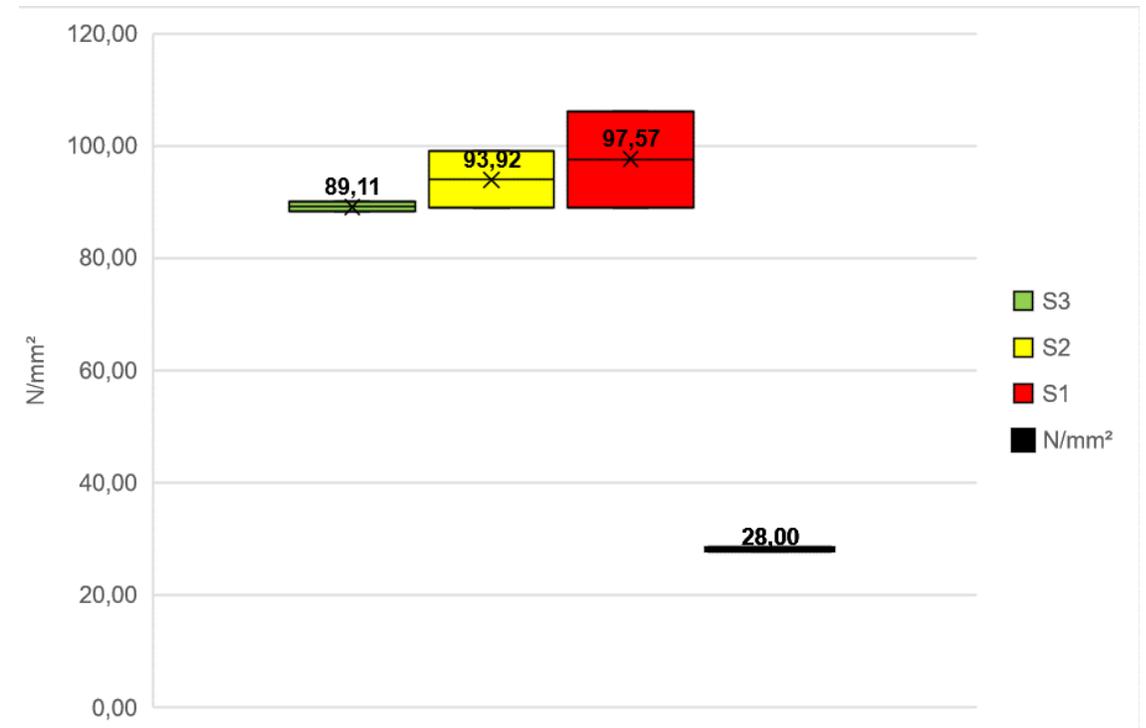
# Eigenschaften des Kalamitätsholzes: Brettschichtholz

## ■ Biegefestigkeit nach DIN EN 14080

- Durchschnittswerte aller Schadklassen oberhalb der Norm (28,0 N/mm<sup>2</sup>)
- Durchschnittswerte  
S1= 97,57 N/mm<sup>2</sup>, S2= 93,92 N/mm<sup>2</sup>,  
S3= 89,11 N/mm<sup>2</sup>
- 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

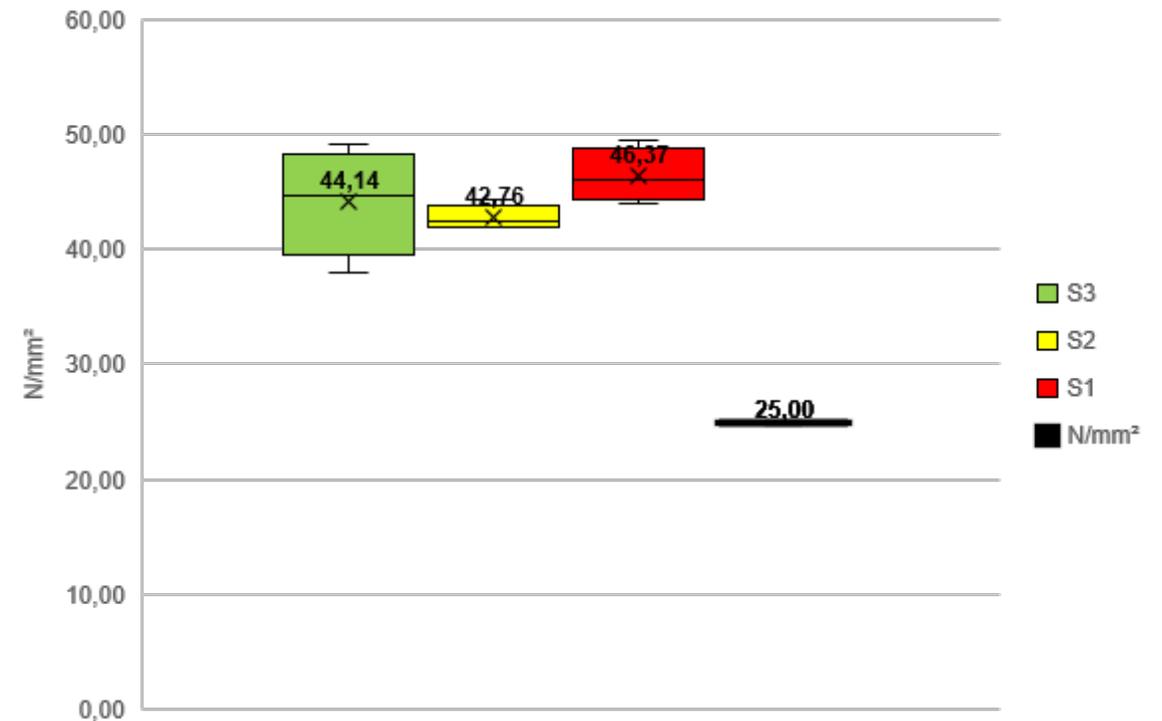


Ergebnisse der Biegefestigkeit beim BSH (dargestellt über Boxplots); n = 2 pro SK, schwarze Linie Normalwert nach DIBT (2014)

# Eigenschaften des Kalamitätsholzes: Brettschichtholz

## ■ Druckfestigkeit nach DIN EN 408 in Faserrichtung

- Durchschnittswerte aller Schadklassen in Faserrichtung liegen oberhalb des vom DIBT ermittelten Normalwertes (25,0 N/mm<sup>2</sup>)
- Durchschnittswerte  
S1= 46,37 N/mm<sup>2</sup>  
S2= 42,76 N/mm<sup>2</sup>,  
S3= 44,14 N/mm<sup>2</sup>

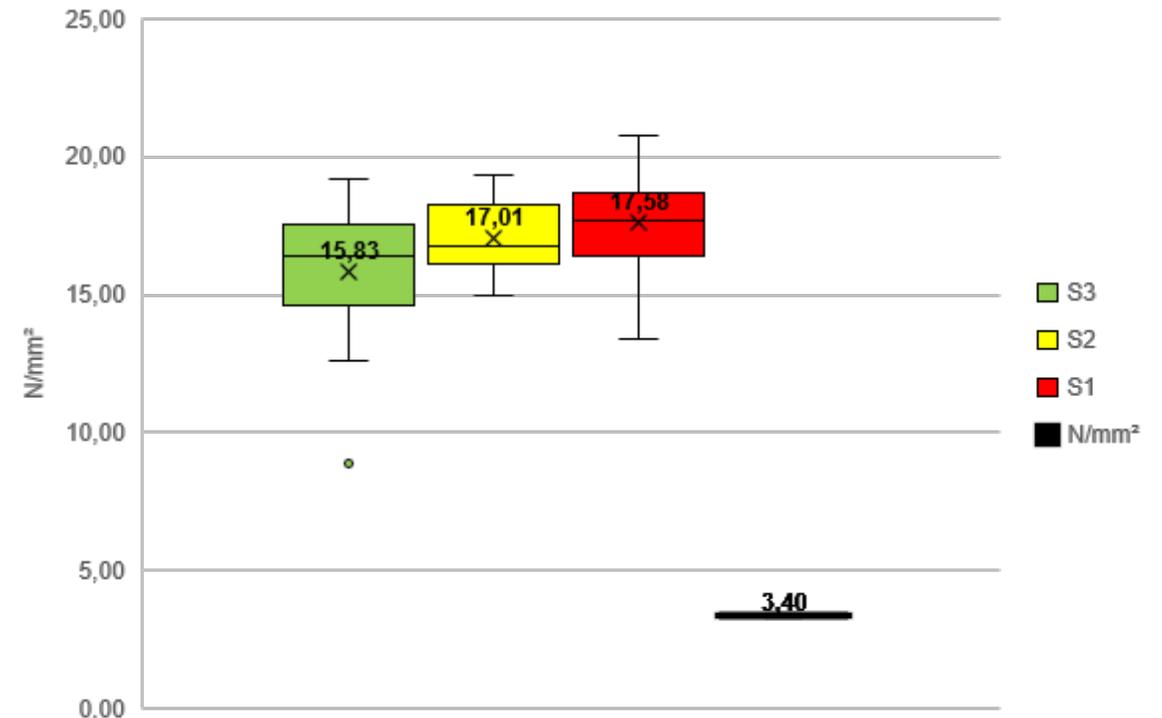


Ergebnisse der Druckfestigkeit in Faserrichtung

# Eigenschaften des Kalamitätsholzes: Brettschichtholz

## ■ Blockscherfestigkeit nach DIN EN 14080

- Durchschnittswerte aller Schadklassen in Faserrichtung liegen oberhalb des vom DIBT ermittelten Normalwertes (3,4 N/mm<sup>2</sup>)
- Durchschnittswerte  
S1= 17,58 N/mm<sup>2</sup>  
S2= 17,01 N/mm<sup>2</sup>,  
S3= 15,83 N/mm<sup>2</sup>

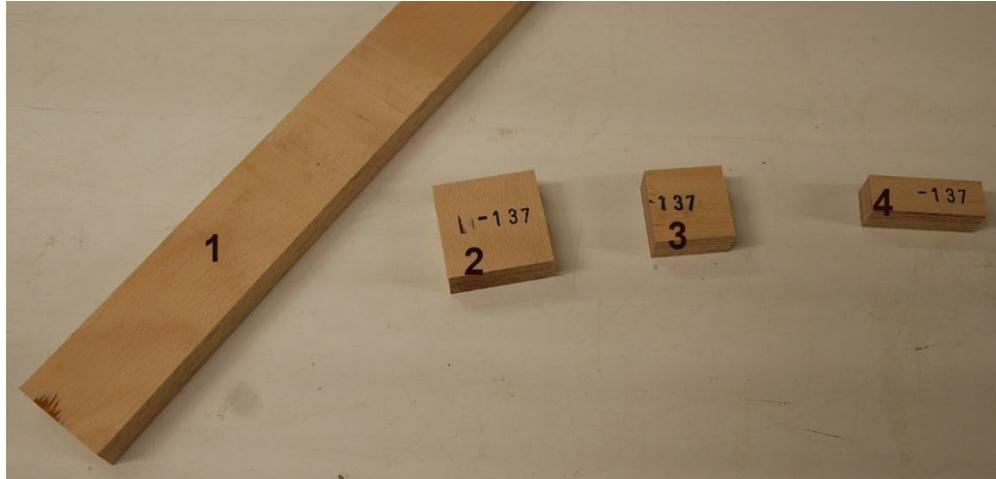


Ergebnisse der Blockscherfestigkeit der ersten Fuge beim BSH (dargestellt über Boxplots), schwarze Linie Normalwert nach DIBT

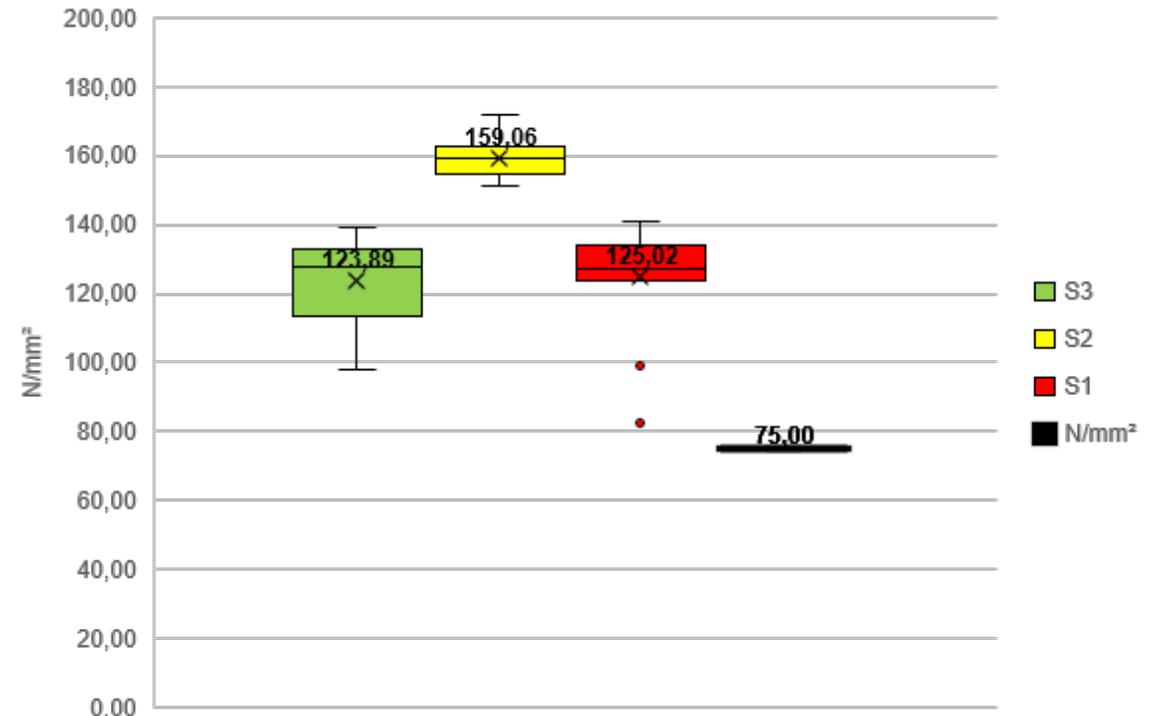
# Eigenschaften des Kalamitätsholzes: Furnierschichtholz (LVL)

## ■ Biegefestigkeit nach DIN EN 408

- Durchschnittswerte aller Schadklassen oberhalb der Norm (75,0 N/mm<sup>2</sup>) nach Pollmeier
- Durchschnittswerte  
S1= 125,02 N/mm<sup>2</sup>  
S2= 159,06 N/mm<sup>2</sup>,  
S3= 123,89 N/mm<sup>2</sup>



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 in Faserrichtung

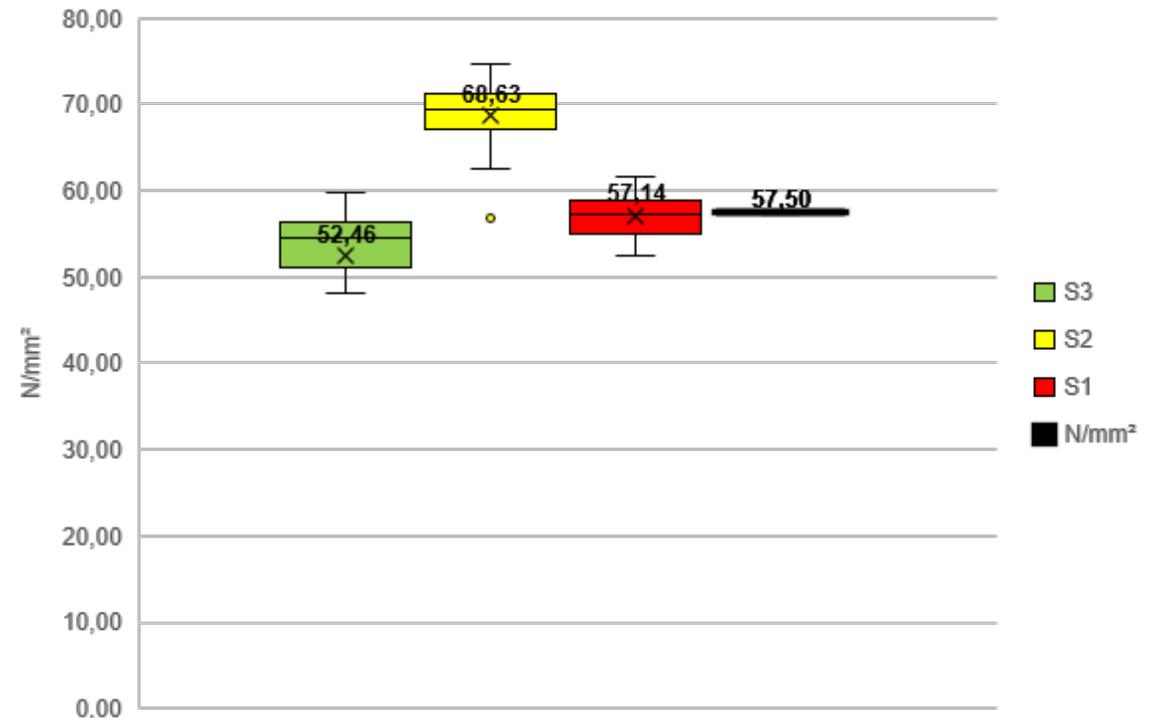
■ Normwert = 57,50 N/mm<sup>2</sup> nach Pollmeier

■ Durchschnittswerte

S1= 57,14 N/mm<sup>2</sup>

S2= 68,63 N/mm<sup>2</sup>,

S3= 52,46 N/mm<sup>2</sup>

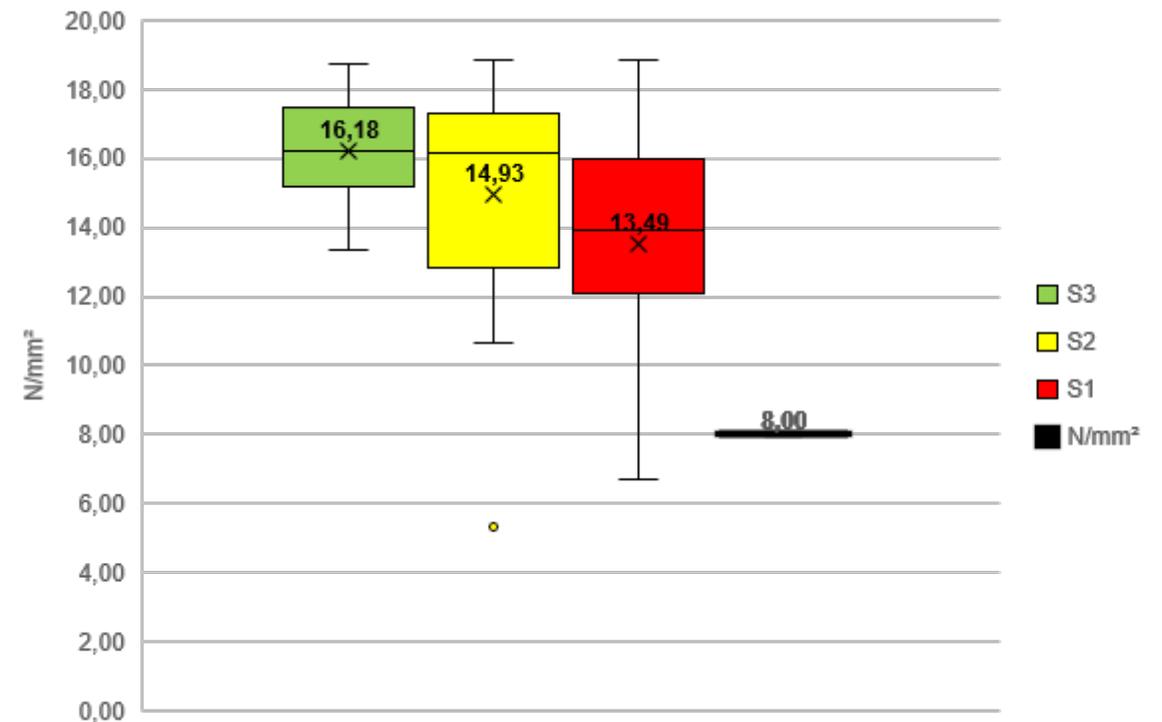


Ergebnisse der Druckfestigkeit in Faserrichtung beim LVL

# 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/mm<sup>2</sup>)
- Durchschnittswerte  
S1= 13,49 N/mm<sup>2</sup>  
S2= 14,93 N/mm<sup>2</sup>,  
S3= 16,18 N/mm<sup>2</sup>



Ergebnisse der Blockscherfestigkeit beim LVL

# Fazit der Projektergebnisse „Nutzung von Buchenkalamitätsholz“

- Die für Voll- Brettschicht- und Furnierschichtholz ermittelten Festigkeitswerte liegen nahezu vollständig oberhalb der geforderten Normwerte
- Eine eingeschränkte technische Verwendbarkeit von Buchen-Kalamitätsholz ließ sich im untersuchten Kollektiv nicht feststellen
- Allerdings: Der Stichprobenumfang im Rahmen der Bachelorarbeit war viel zu gering um allgemeine Aussagen treffen zu können; eine Ausweitung der Untersuchungen ist unabdingbar
  
- Aktuell erfolgt bereits eine lagenweise Einbringung von Buchenschadholz insb. in den nicht-sichtbaren Mittelschichten von Furnierwerkstoffen

## Projektinitiative: NUKAFI (Nutzung Kalamitätsholz Fichte)

### **„Stoffliche Verwertungsmöglichkeiten für stehendgelagertes Kalamitätsholz der Baumart Fichte in Abhängigkeit von Schadfortschritt und Holzqualität“**

#### ■ Projektinhalte und –Ziele:

- Systematische Untersuchungen an (stehendem) Fichtenkalamitätsholz zur Dokumentation des Abbaus bzw. der Degradation des Holzkörpers und der daraus resultierenden Nutzungsmöglichkeiten
- Erstellung eines Leitfadens für Waldbesitzer und Holzverwerter für die Umsetzung einer produktspezifischen „Stehendsortierung“ von Kalamitätsfichten zur Einschätzung der Verwendungsmöglichkeiten und –grenzen des „stehendgelagerten“ Holzes

# Projektinitiative: NUKAFI (Nutzung Kalamitätsholz Fichte)

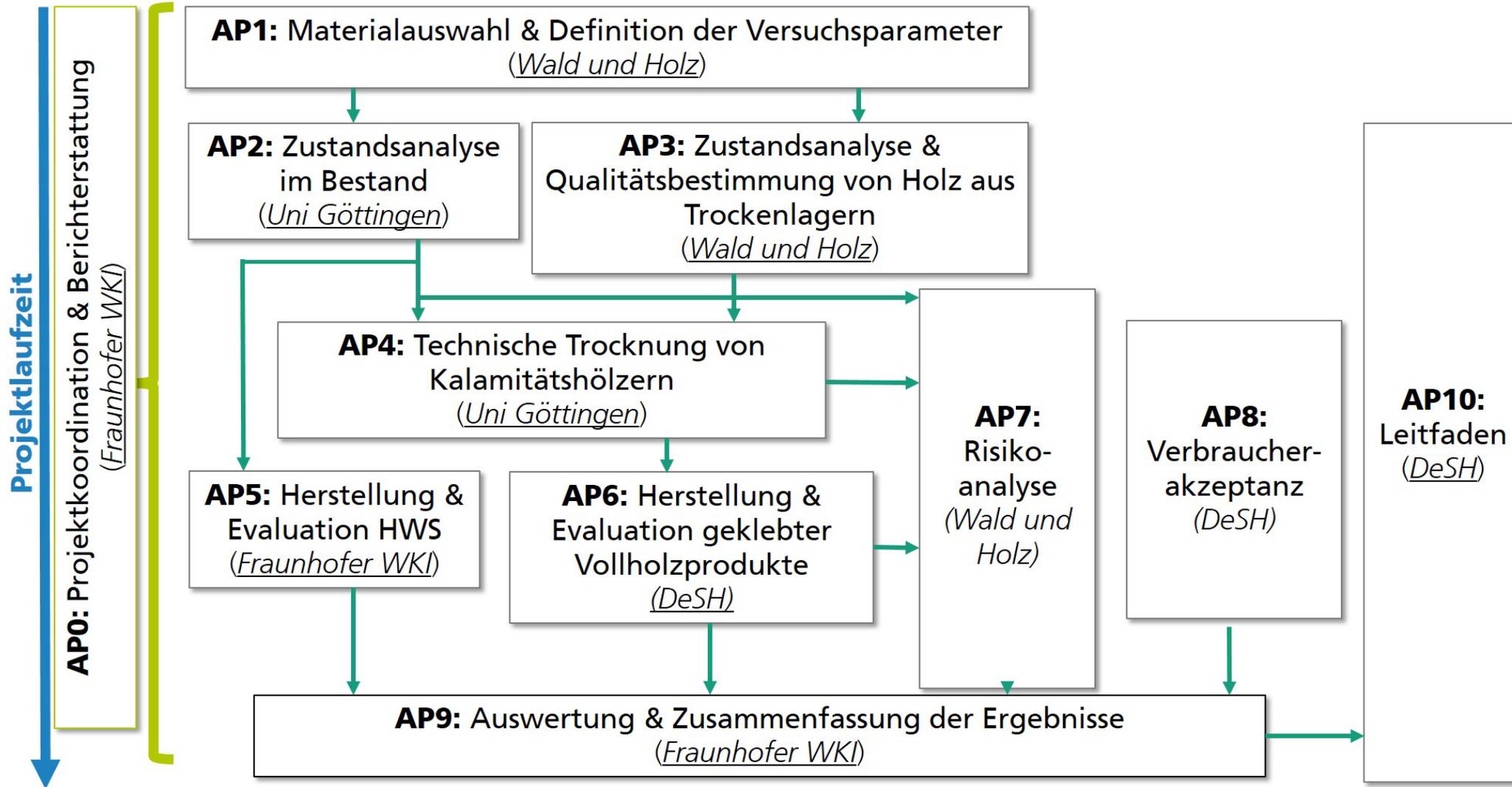
## ■ Projektpartner:

- Deutsche Säge- und Holzindustrie Bundesverband e.V. (DeSH)
- Fraunhofer Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI
- Georg-August Universität Göttingen, Abteilung Holzbiologie und Holzprodukte
- Institut für Holztechnologie Dresden gemeinützige GmbH (IHD)
- Wald und Holz NRW, Zentrum für Wald- und Holzwirtschaft (FB V)

## ■ Projektbegleiter:

- Nationalparkverwaltung Harz
- Verband der deutschen Holzwerkstoffindustrie e.V. (VHI)
- ante-holz GmbH
- EGGER Holzwerkstoffe Brilon GmbH & Co. KG
- Elka-Holzwerke GmbH
- Sonae Arauco Deutschland GmbH
- Überwachungsgemeinschaft Konstruktionsvollholz e.V.

# Projektinitiative-NUKAFI: Inhaltliche Verknüpfung der Arbeitspakete



A photograph of a dense forest with many tall, thin trees and lush green undergrowth. The text is overlaid in the center of the image.

**Vielen Dank  
für Ihre  
Aufmerksamkeit!**