

„Abfall oder wertvoller Rohstoff? Die Nutzung von Kalamitätsholz aus der Sicht der Holzverwendung“

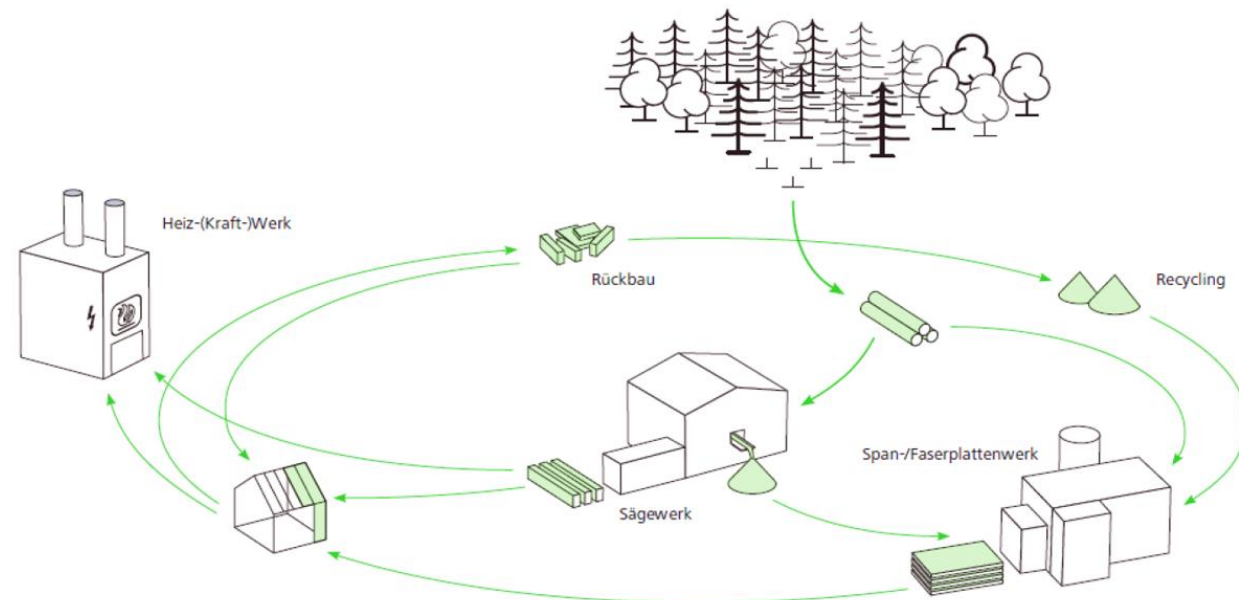
Prof. Dr. Klaus Richter

Technische Universität München

Lehrstuhl für Holzwissenschaft

42. Freiburger Winterkolloquium Forst und Holz

Freiburg, 27.01.2023



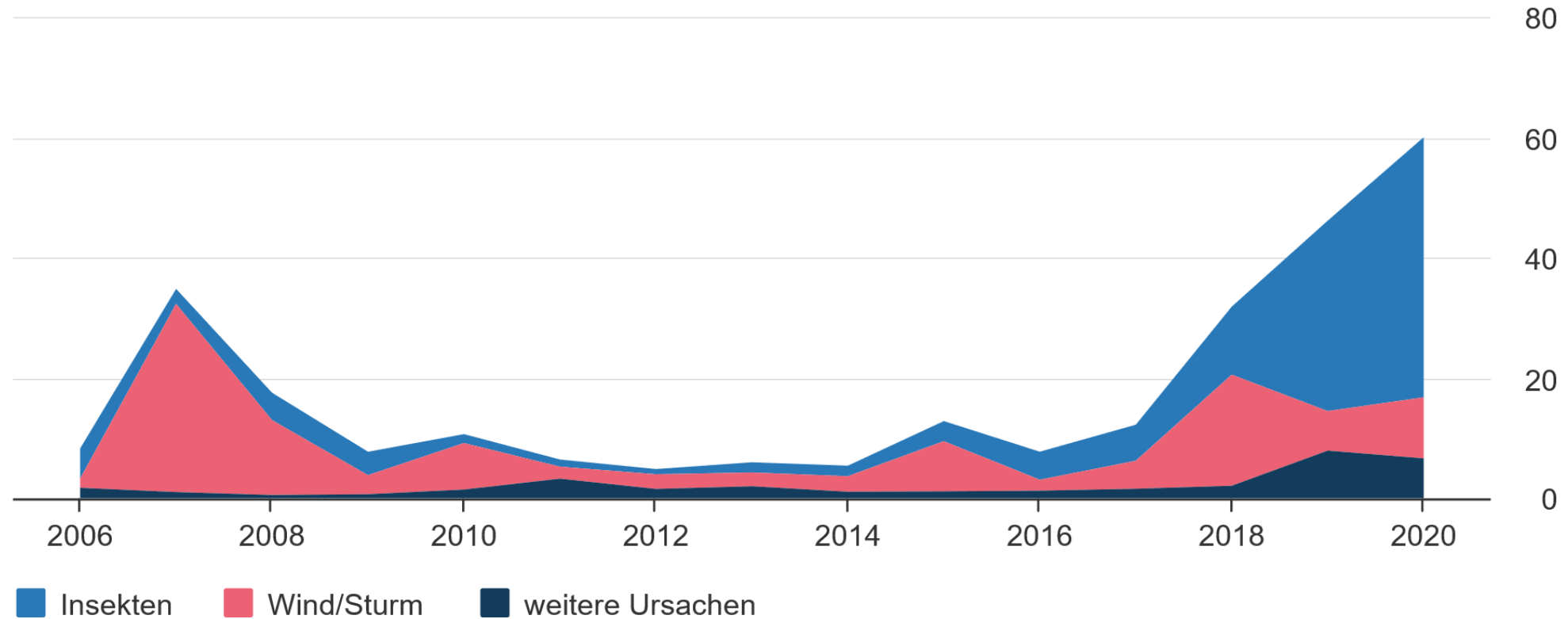
Quelle: Holzforschung München (2010)

Inhalt

- Auswirkungen von Kalamitäten auf Fichte und Buche (Holzmarkt)
- Schadenskette im Zusammenhang mit Extremereignissen (biotische, abiotische Schädigung)
- Holzqualität nach Kalamitäten
 - „Käferholz“
 - „Sturmholz“
 - Vitalitätsgeschwächte Buchen
- Verwendungseinschränkungen
 - „Käferholz“
 - „Sturm“
 - Vitalitätsgeschwächte Buchen
- Schlussfolgerungen

Durch Schäden bedingter Holzeinschlag

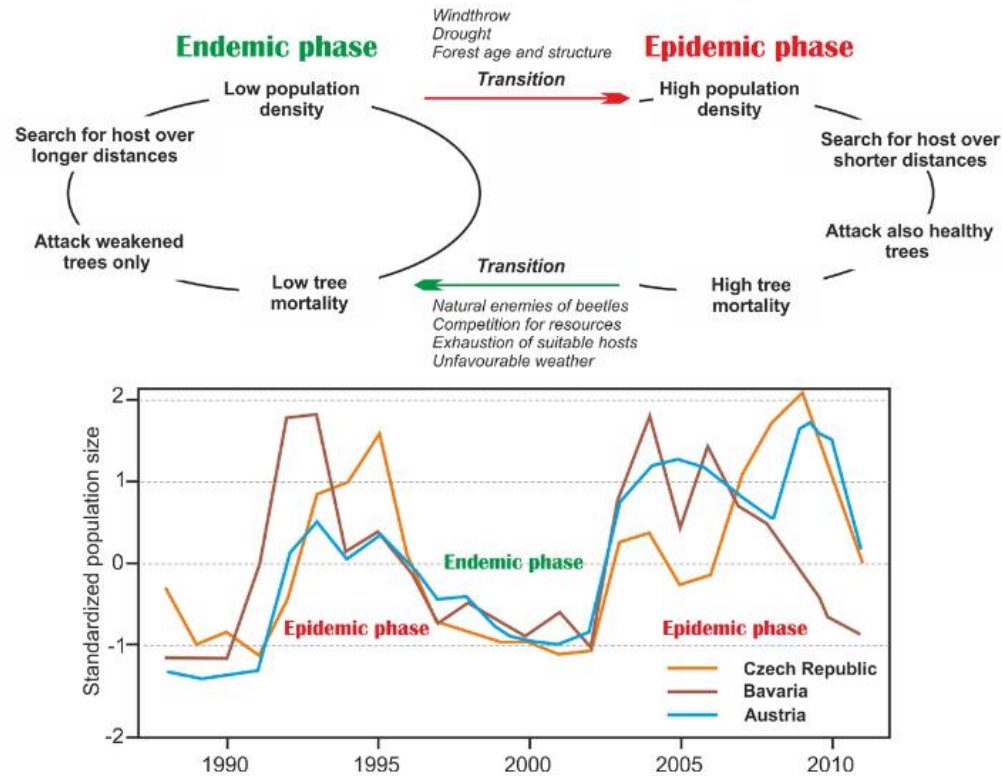
in Millionen Kubikmeter



© Statistisches Bundesamt (Destatis), 2023

Nutzung von Kalamitätsholz

Schadenskette „Käferholz“



Quelle [1]



Extreme Trockenheit



Vitalitätseinbusse bei
Nadelbäumen, insb.
Monokulturen



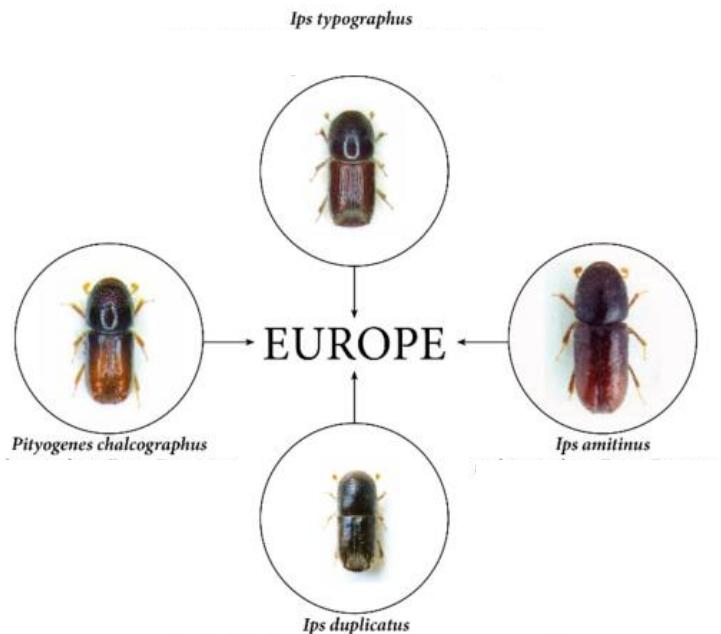
Borkenkäfer-Epidemien



Absterben grossflächig

Nutzung von Kalamitätsholz

Rindenbrütende Borkenkäfer



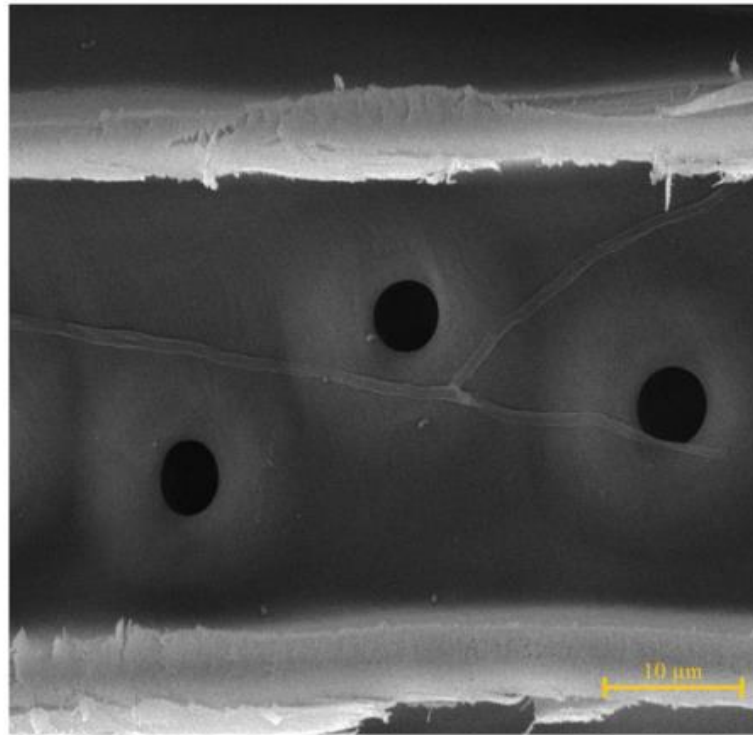
Quelle [2]

- Borkenkäfer in seinen verschiedenen Entwicklungsstadien greift vor allem den Bast des lebenden Baumes an
- Larven legen **Bohrgänge** im Xylem bis in eine Tiefe von wenigen Millimetern von der Baumoberfläche
- Die Käfer schleppen zudem zahlreiche **Pilz- und Schimmelpilzarten** in das Xylemgewebe ein. Die Intensität der Entwicklung dieser Pilze und deren Auswirkungen auf die Holzeigenschaften ist dann direkt proportional zur Dauer der Zeit, in der die Pilze im Holz wirken, und zum Feuchtegehalt.
- Grossflächiges Ablösen und Abfallen der Rinde führt zu **unkontrollierter Trocknung des Holzes**

Rindenbrütende Borkenkäfer



Fichte, Radialschnitt (x15)
Bläuebefall in Frühholzzellen im Splint



Fichte, Tangentialschnitt: Hyphe eines
Bläuepilzes

Quelle [2]

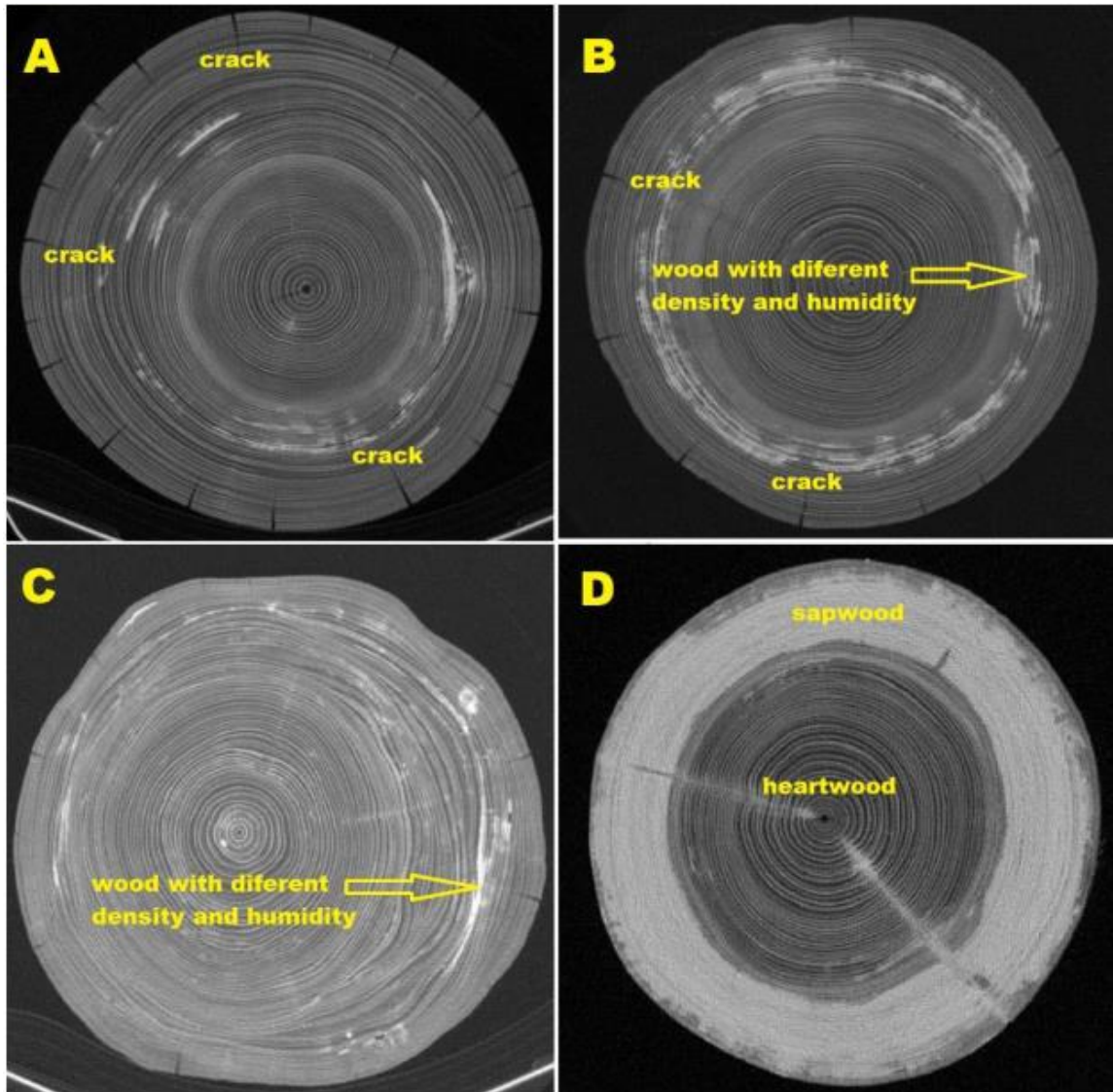
Verfärbung ► optischer Mangel

keine Veränderung der Struktur-
Polymere (Cellulose, Hemi-
cellulose, Lignin)

Frassgänge von Frischholzinsekten

Ø < 2 mm nach DIN 4074-1:2012-06
nicht einschränkend für Sortierung
von NSH nach Tragfähigkeit

Ø < 2 mm DIN 68365:2008:12 bein-
trächtigen Kantholz-, Bretter- und
Bohlensortierung nach Aussehen
(GK 1 und GK 2 bei Brettware und
Bohlen)



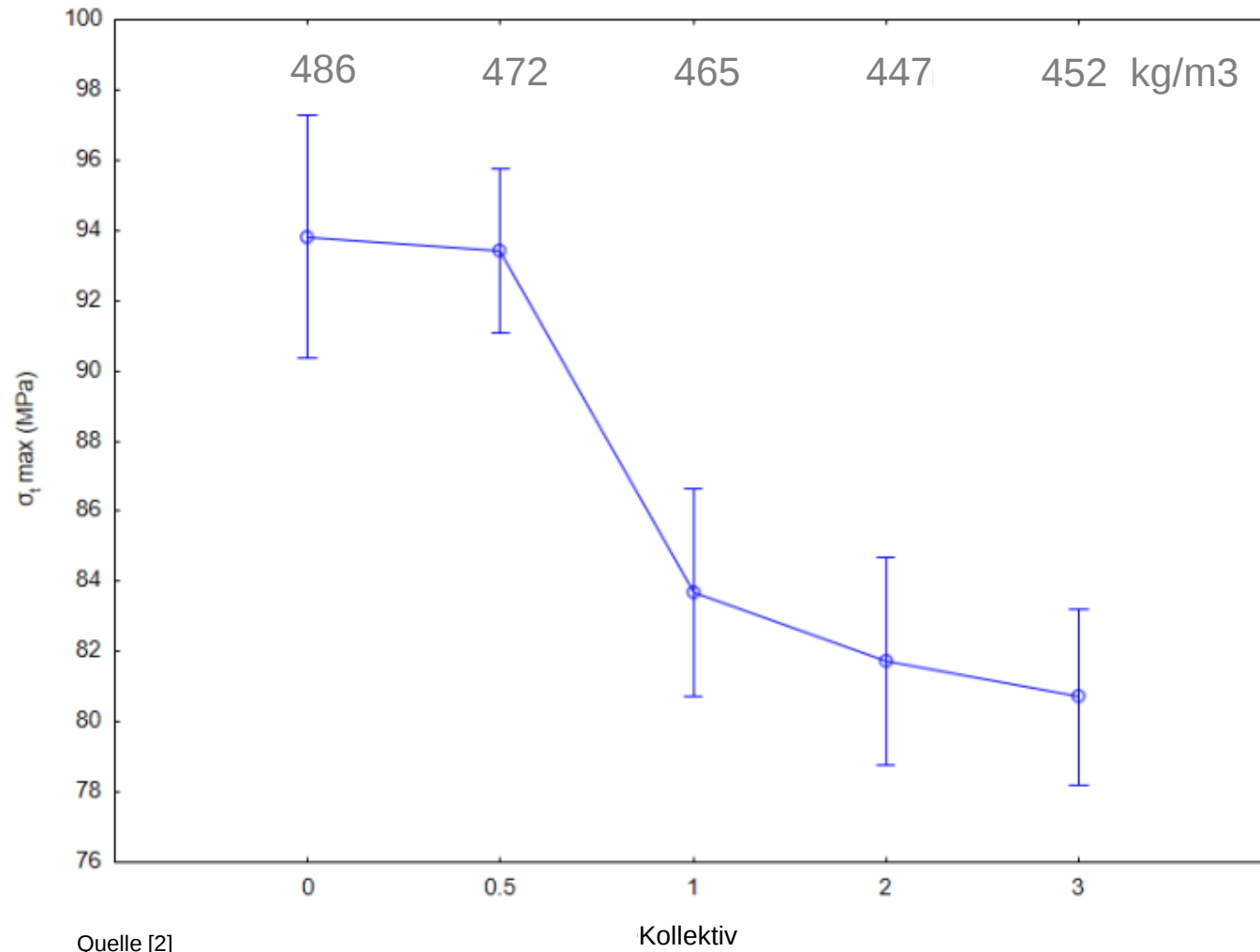
Rissbildung im Splint ► Zunahme mit Befallszeit

Feuchteakkumulation in Übergangszone Splint/Kern
nicht relevant für Verwendung

Frassgänge der Larven reduzieren nicht den Querschnitt
(keine Bohrlöcher)

Im Jahr 2021 mit CT gescanntes Fichtenholz nach Borkenkäferbefall :
(A) im Frühjahr 2018;
(B) im Frühjahr 2019;
(C) im Frühjahr 2020.
(D) gesunder Baum ohne Befall

Mechanische Eigenschaften: Zugfestigkeit



Zugfestigkeit von Fichtenholz

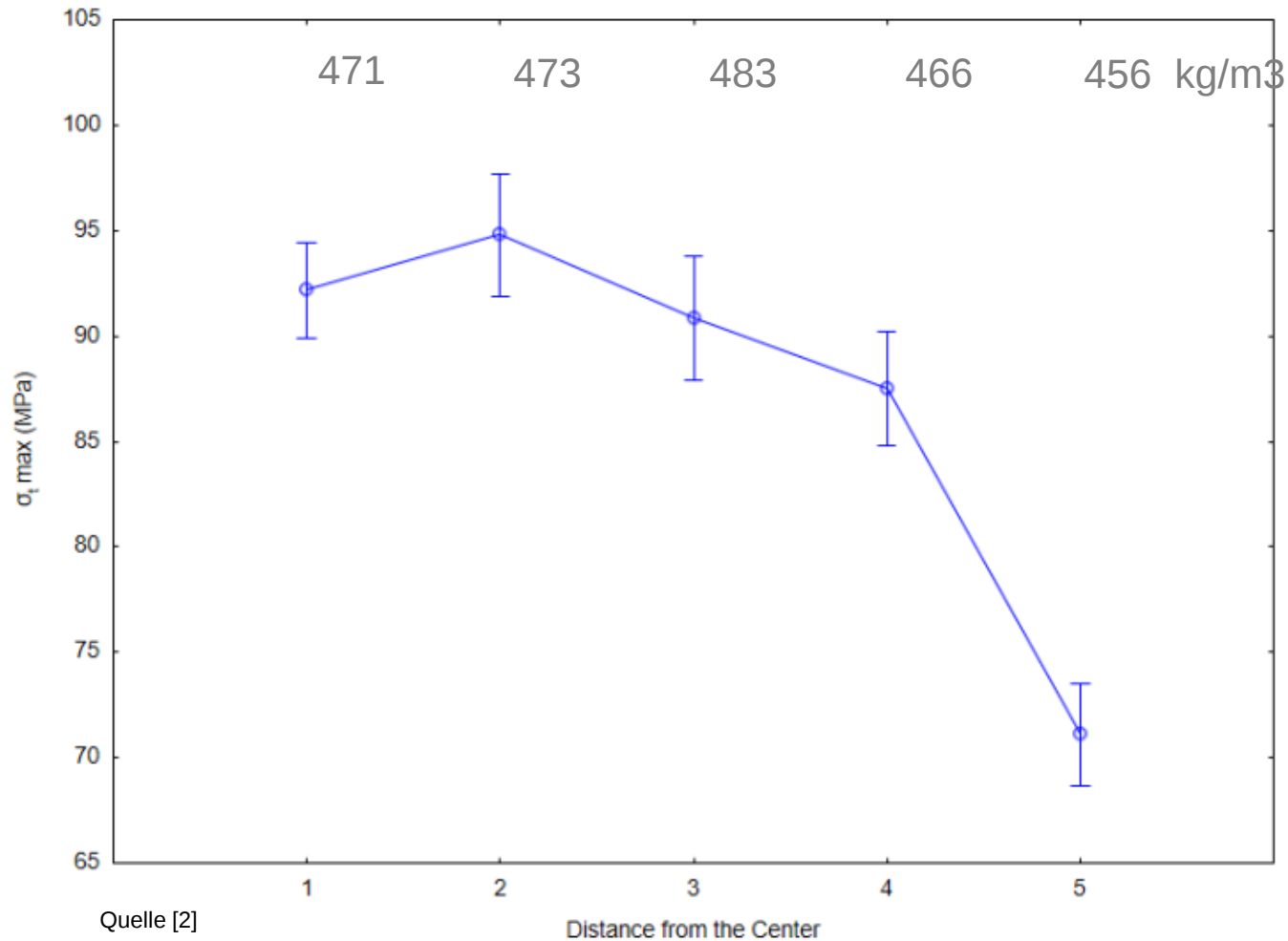
Nutzung von Kalamitätsholz

Abfall der Zugfestigkeit bei geschädigten Fichten abrupt und signifikant.

Trocknisschäden (radiale Risse im Holz) verantwortlich

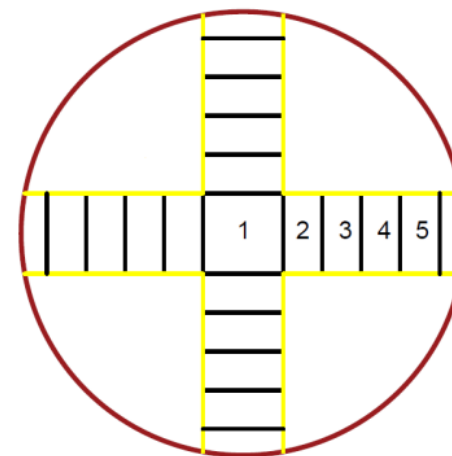
Im Jahr 2021 mit CT gescanntes Fichtenholz nach Borkenkäferbefall :
(3) im Frühjahr 2018;
(2) im Frühjahr 2019;
(1) im Frühjahr 2020.
(0; 0,5) gesunder Baum ohne Befall

Mechanische Eigenschaften: Zugfestigkeit



Rindennahe Prüfkörper mit geringsten Werten (Trockenrisse)

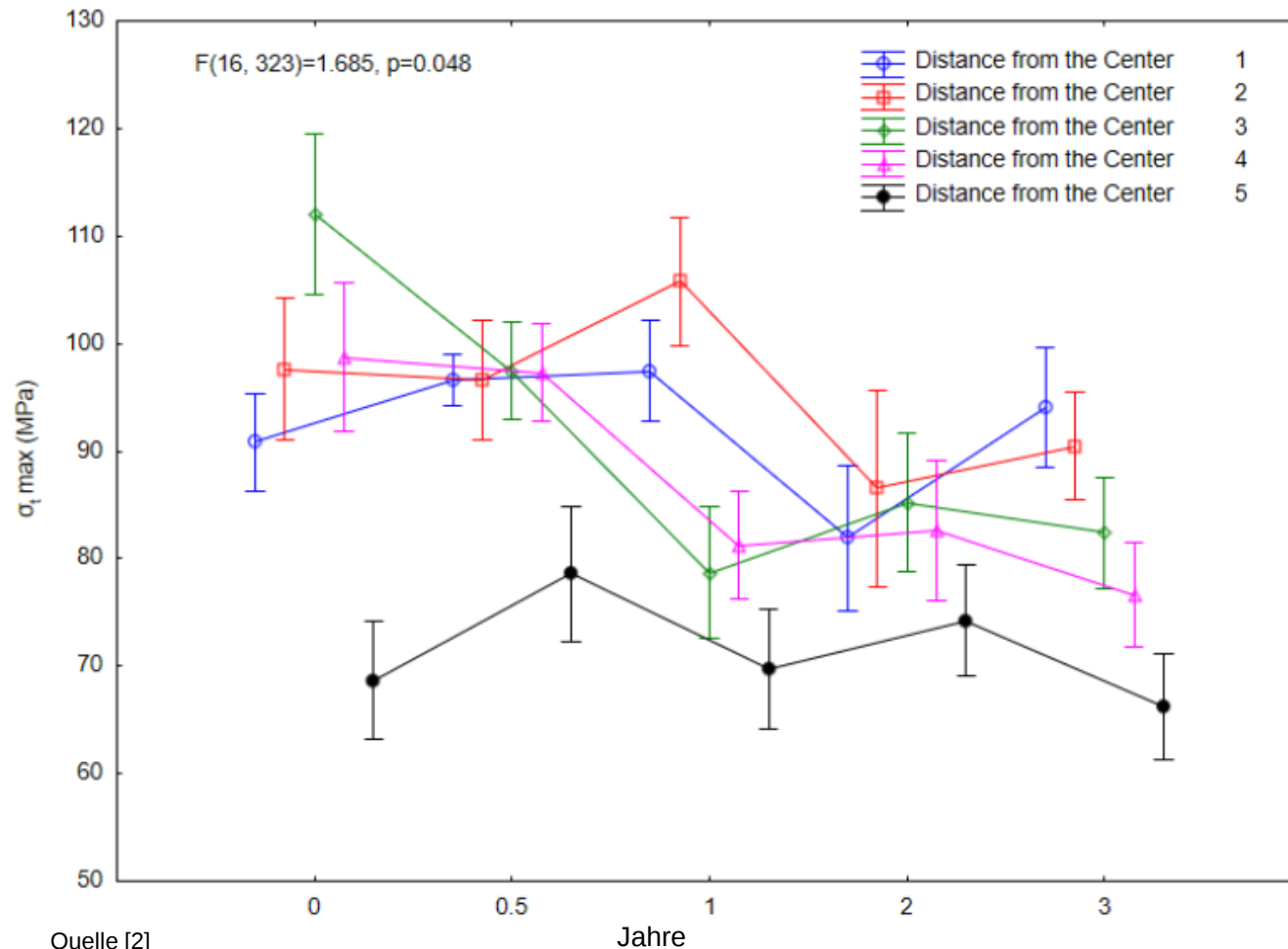
Abfall der Zugfestigkeit (23%) bei den rindennahen Prüfkörpern abrupt und signifikant.



Einfluss der Lage der Prüfkörper im Stamm auf die Zugfestigkeit des Fichtenholzes

Nutzung von Kalamitätsholz

Mechanische Eigenschaften: Zugfestigkeit



Quelle [2]

Einfluss der Zeit nach Eintritt der Trockenschäden
und Lage der Prüfkörper auf die Zugfestigkeit des
Fichtenholzes

Nutzung von Kalamitätsholz

Rindennahe Prüfkörper mit geringen Werten
(Trockenrisse)

In den äußeren Schichten bereits 1 Jahr nach
Auftritt der Trockenschäden

Schwach bzw. nicht durchgehender
statistisch unterlegter Einfluss des
Borkenkäferbefalls bzw. der Trockenschäden

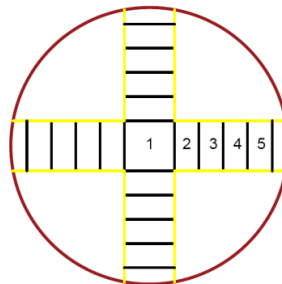
Im Jahr 2021 mit CT gescanntes Fichtenholz
nach Borkenkäferbefall :

(3) im Frühjahr 2018;

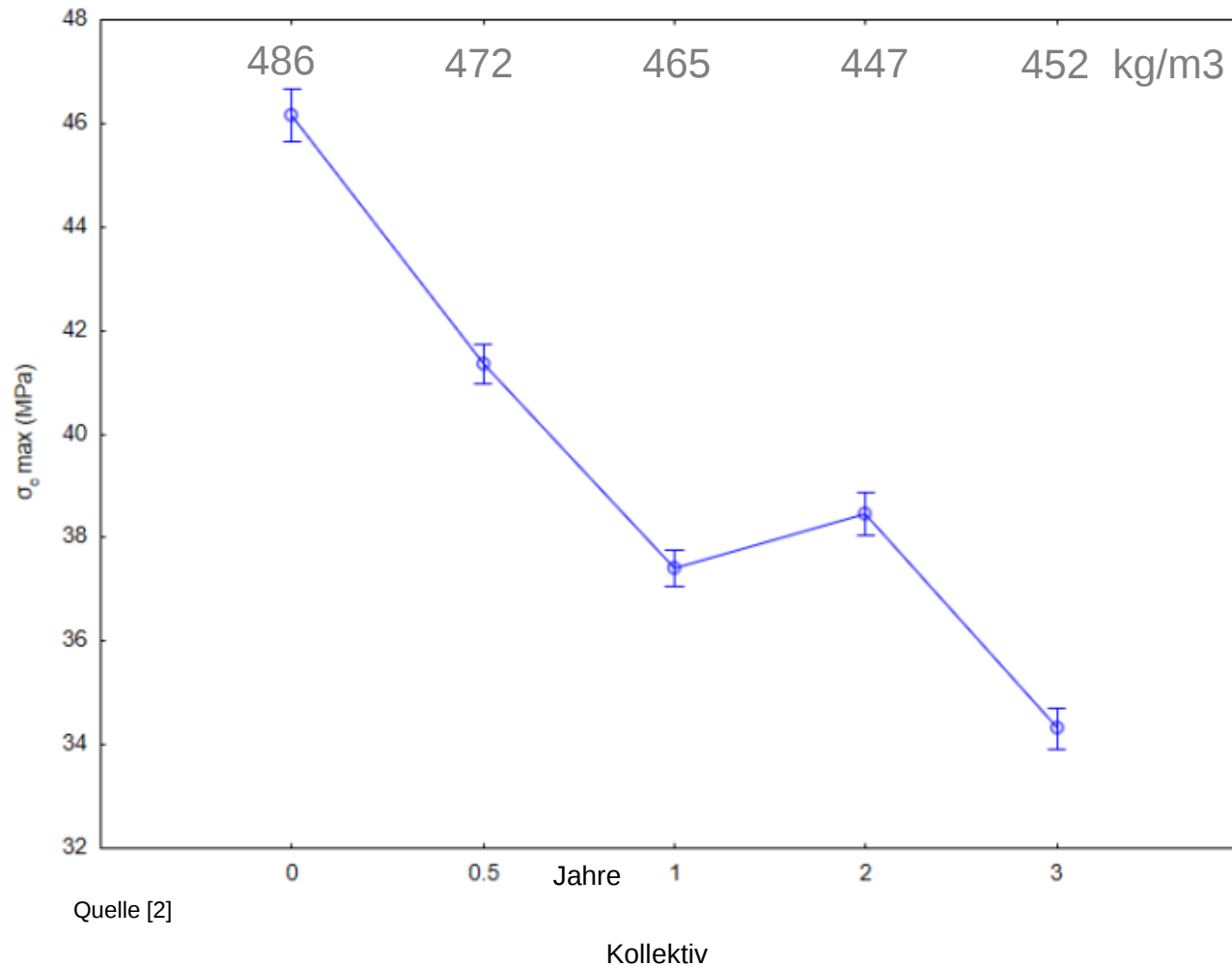
(2) im Frühjahr 2019;

(1) im Frühjahr 2020.

(0; 0,5) gesunder Baum ohne Befall



Mechanische Eigenschaften: Druckfestigkeit



Druckfestigkeit von Fichtenholz

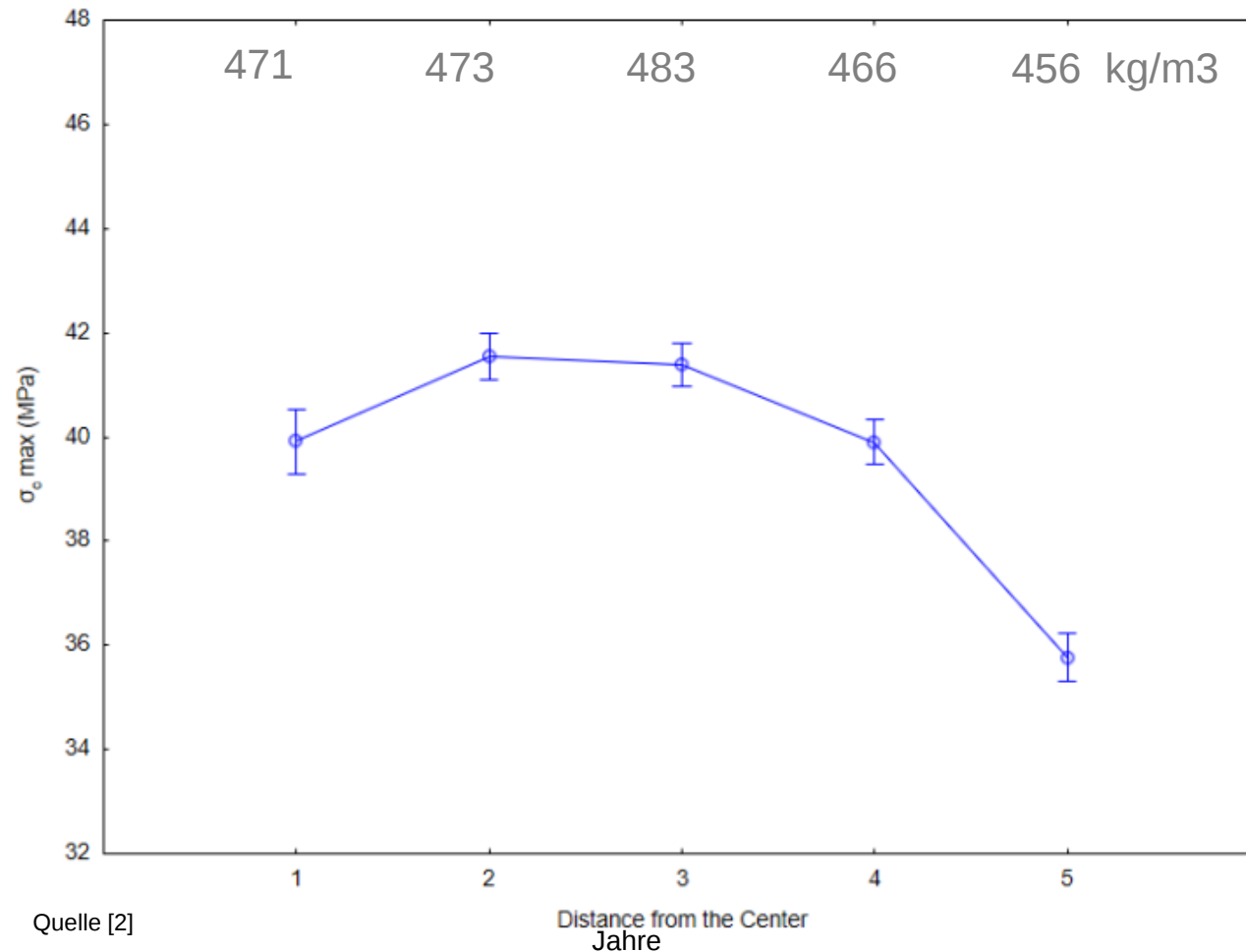
Nutzung von Kalamitätsholz

Abfall der Druckfestigkeit graduell;
bei geschädigten Fichten signifikant.

Dichteeinfluss

Im Jahr 2021 mit CT gescanntes Fichtenholz
nach Borkenkäferbefall :
(3) im Frühjahr 2018;
(2) im Frühjahr 2019;
(1) im Frühjahr 2020.
(0; 0,5) gesunder Baum ohne Befall

Mechanische Eigenschaften: Druckfestigkeit



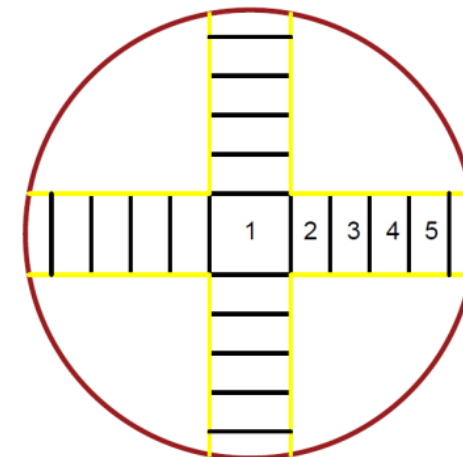
Quelle [2]

Einfluss der Lage der Prüfkörper im Stamm auf die Druckfestigkeit des Fichtenholzes

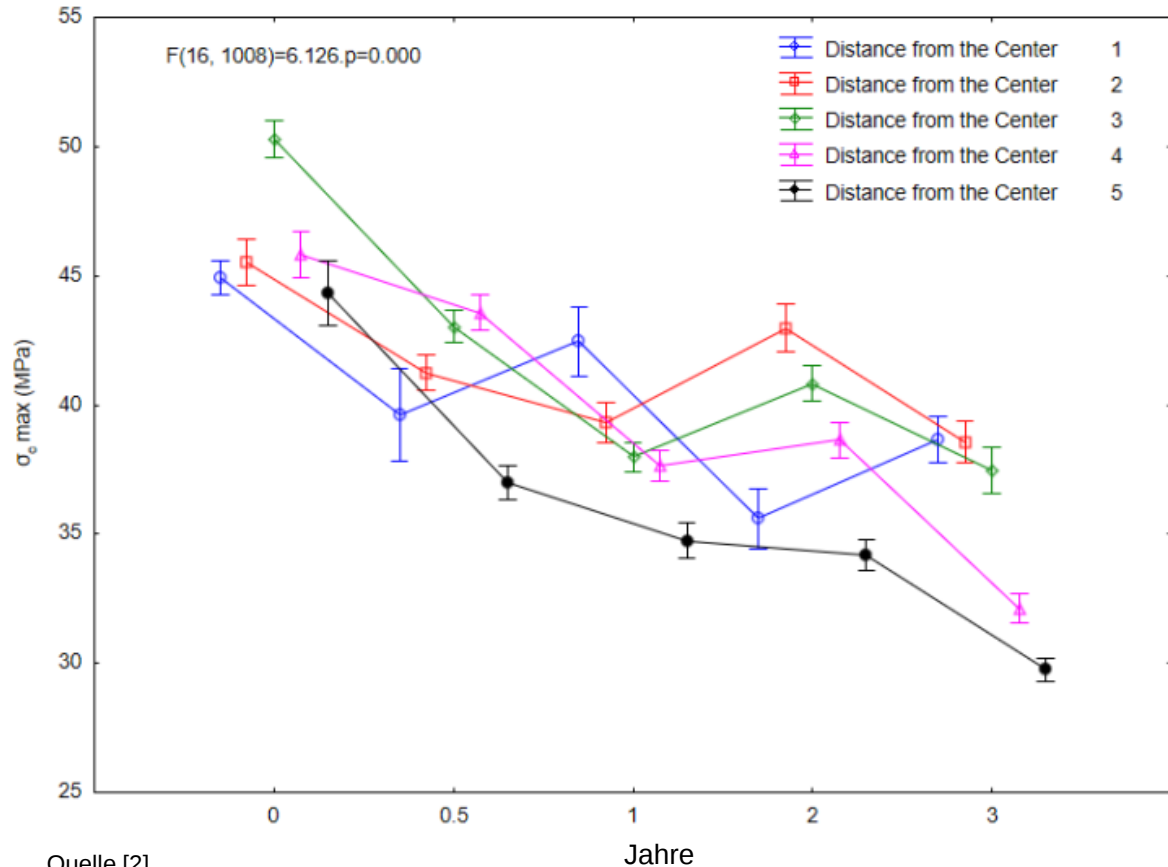
Rindennahe Prüfkörper mit geringsten Werten (Trockenrisse)

Abfall der Druckfestigkeit bei den rindennahen Prüfkörpern um 4 MPa.

Dichteeinfluss ist erkennbar



Mechanische Eigenschaften: Druckfestigkeit



Quelle [2]

Einfluss der Zeit nach Eintritt der Trockenschäden und Lage der Prüfkörper auf die Druckfestigkeit von Fichten

Rindennahe Prüfkörper mit geringen Werten (Trockenrisse)

In den äußeren Schichten bereits 1 Jahr nach Auftritt der Trockenschäden

Schwach bzw. nicht durchgehender statistisch unterlegter Einfluss des Borkenkäferbefalls bzw. der Trockenschäden

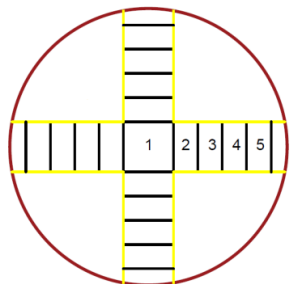
Im Jahr 2021 mit CT gescanntes Fichtenholz nach Borkenkäferbefall :

(3) im Frühjahr 2018;

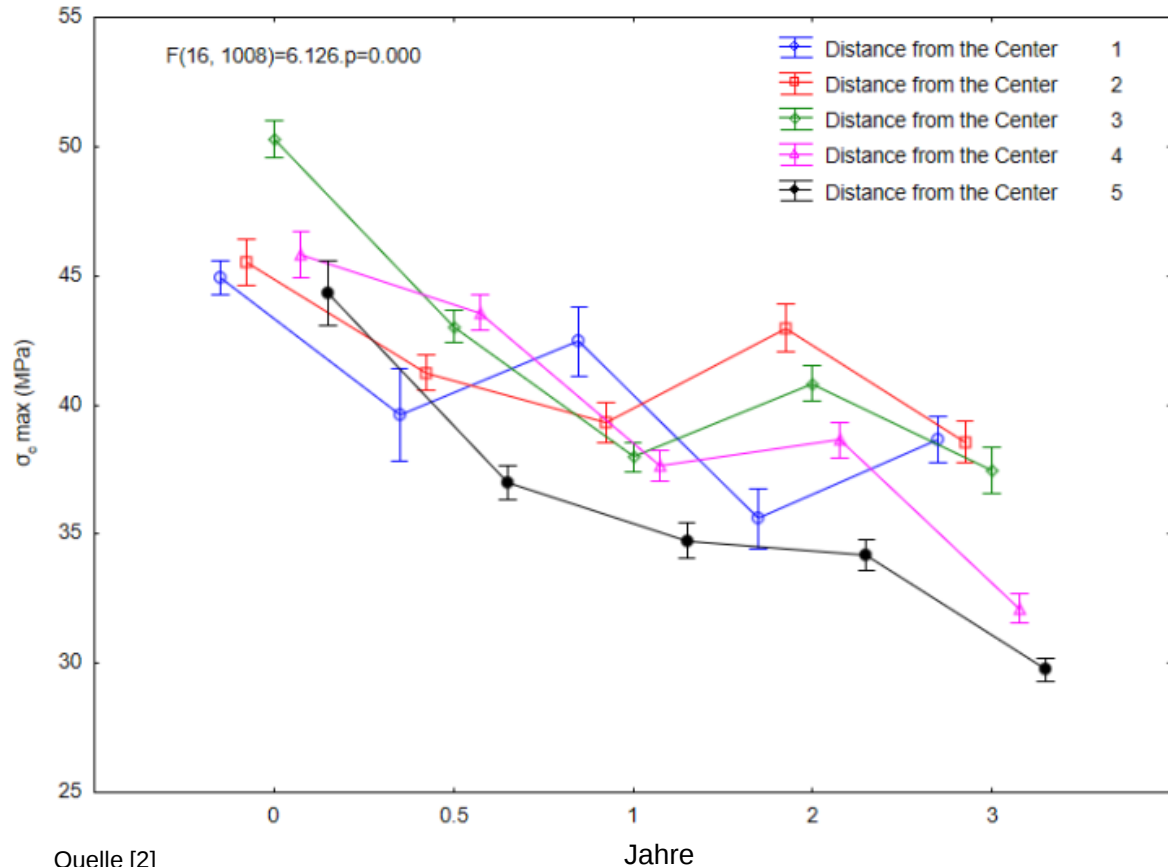
(2) im Frühjahr 2019;

(1) im Frühjahr 2020.

(0; 0,5) gesunder Baum ohne Befall



Mechanische Eigenschaften: Druckfestigkeit



Quelle [2]

Einfluss der Zeit nach Eintritt der Trockenschäden und Lage der Prüfkörper auf die Druckfestigkeit von Fichte

Rindennahe Prüfkörper mit geringen Werten (Trockenrisse)

In den äußeren Schichten bereits 1 Jahr nach Auftritt der Trockenschäden

Schwach bzw. nicht durchgehender statistisch unterlegter Einfluss des Borkenkäferbefalls bzw. der Trockenschäden

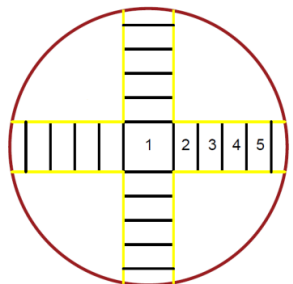
Im Jahr 2021 mit CT gescanntes Fichtenholz nach Borkenkäferbefall :

(3) im Frühjahr 2018;

(2) im Frühjahr 2019;

(1) im Frühjahr 2020.

(0; 0,5) gesunder Baum ohne Befall

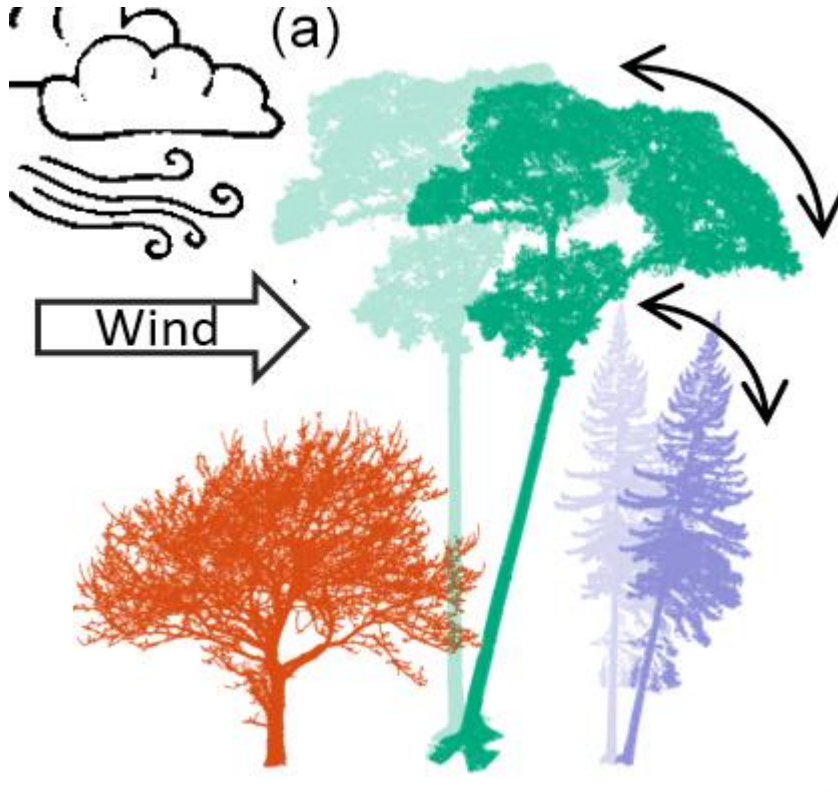


„Käferholz verfügt über nahezu identische Eigenschaften wie herkömmliches Schnittholz und ist als Material im Holzbau uneingeschränkt zulässig“ Pressemitteilung proHolz Bayern, München 04.03.2021 [3]

Materialwissenschaftliche Untersuchungen präzisieren und relativieren und diese Aussage:

- Ein Borkenkäferbefall (Bohrgänge) allein mindert die Festigkeitseigenschaften des Holzes nicht.
- Trocknungsrisse im Splintholz können die Festigkeitswerten zum Teil signifikant abmindern, was die Festigkeit der äussersten Seitenbretter vermindern kann.
- Die vorgeschriebene Sortierung der Bretter nach DIN-Norm 4074 muss sicherstellen, dass die charakteristischen Festigkeiten eingehalten werden.
- Die Sekundärschäden durch den Befall (Bläuepilze) reduzieren nicht die Holzfestigkeiten, so dass eine konstruktive Verwendung als Brettlamellen insb. für verklebte Holzbauteile möglich ist.
- Eine rasche Aufbereitung der Käferholzes kann sowohl die Sekundärschäden (Bläue, Frischholzinsekten) als auch die unkontrollierte Trocknungsrisssbildung reduzieren.

Schadenskette „Sturmholz“



Quelle [9]

Dynamische mechanische Beanspruchung der Bäume im Bestand (Zug- / Druckkräfte)



Stammbrüche → Komplette Entwertung der Erdstammbereiche



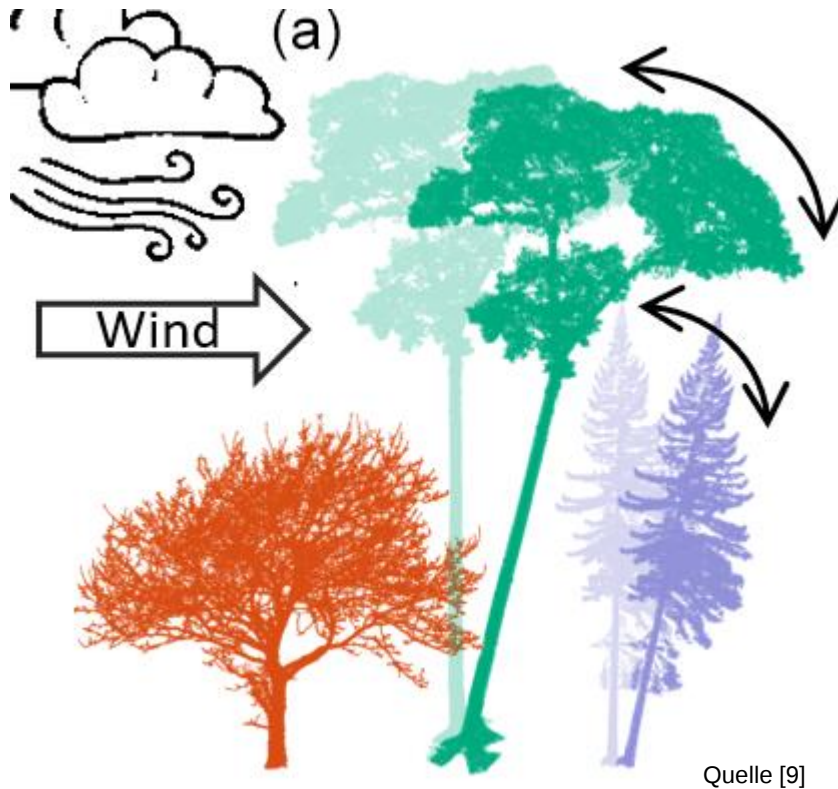
Fällschäden: Faserschädigungen (Querdruck) → Teilentwertung der Sägestämme



Nutzung von Kalamitätsholz

Entwurzelung: Holzqualität visuell unverändert → Logistikproblem der raschen und sicheren Aufbereitung und Lagerung

Schadenskette „Sturmholz“



Dynamische mechanische Beanspruchung der Bäume im Bestand (Zug- / Druckkräfte)



Nutzung von Kalamitätsholz

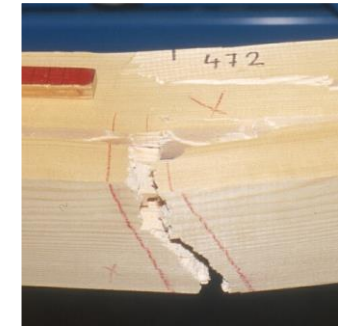
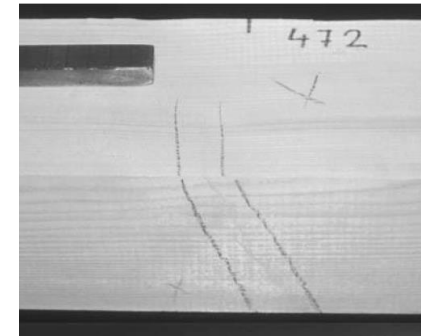
Verbleibender Bestand: Holzqualitätsänderungen durch mechanische Beanspruchungen während des Sturms

- Harzgallen
- Faserstauchungen (CF, compression failure)

Schadenskette „Sturmholz“



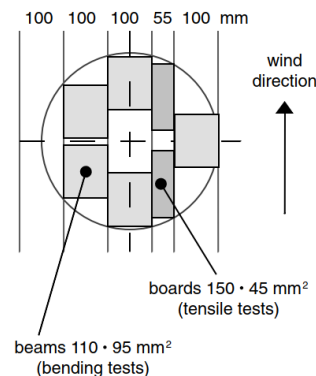
CF visuell kaum erkennbar



Der Bruch des Kantholzes in der Biegeprüfung wird direkt in der Zone der zuvor markierten CF eingeleitet mit extrem spröden Bruchverhalten und kurzfasrigem Bruch

30 Fichten

563 Proben



Strength class (SCSIA)

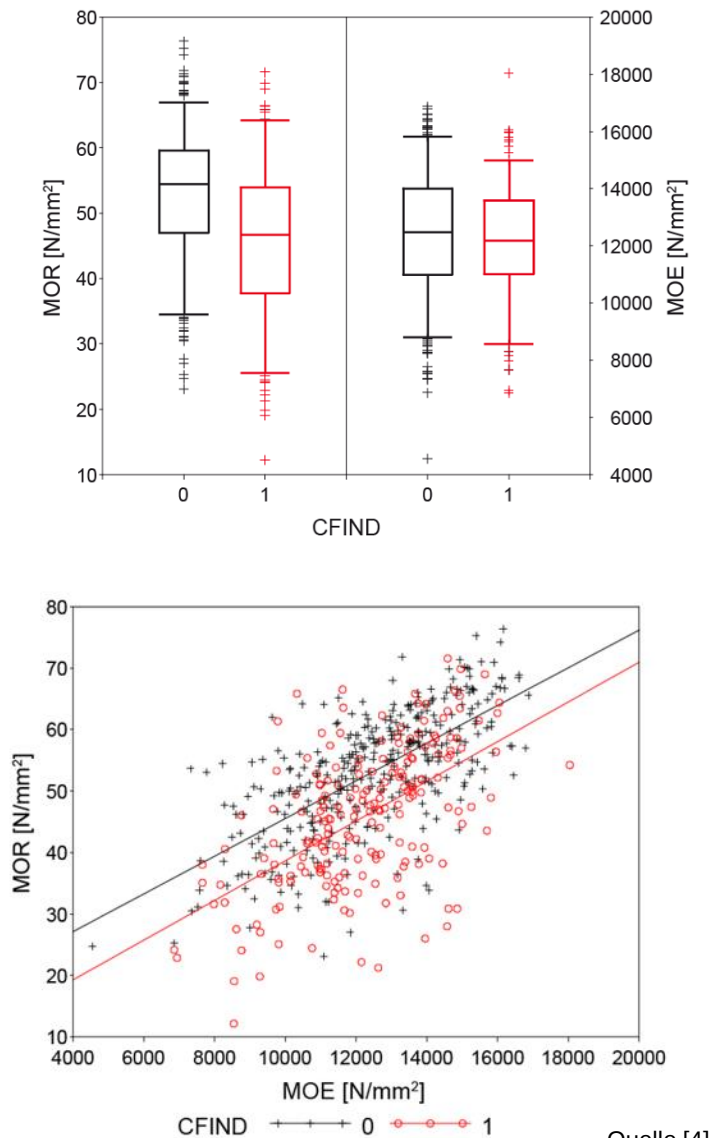
Presence of CF (CFIND)	I/C24 ^a	II/C24	III/C20	Ungraded	Total
0	23 ^b (4.1%)	114 (20.3%)	120 (21.3%)	106 (18.8%)	363 (64.5%)
1	1 (0.2%)	31 (5.5%)	77 (13.7%)	91 (16.2%)	200 (35.5%)
Total	24 (4.3%)	145 (25.8%)	197 (35.0%)	197 (35.0%)	563 (100%)

Note: ^aAccord. to SIA 265/1 [12] visual grade I is assigned to C24 (see 2.2)

^bNumbers indicate absolute and relative (in brackets) frequencies

Nutzung von Kalamitätsholz

Schadenskette „Sturmholz“



Quelle [4]

- Von 30 Fichten zeigten 29 Bäume CF (Faserstauchungen) auf der Leeseite der Stämme
- Es gibt eine statistisch signifikante Reduzierung von MOR und MOE bei der Biegung von Kantholzbalken mit CF im Vergleich zu Balken ohne sichtbare CF.
- Der Effekt ist bei MOR stärker ausgeprägt als bei MOE
- Trotz der allgemeinen Verringerung von Festigkeit und Dehnung werden die Grenzwerte für die charakteristischen Werte in den Festigkeitsklassen C20 und C24 von visuell sortiertem Bauholz eingehalten, bei höheren Festigkeitsklassen kann dies nicht der Fall sein.
- Maschinelle Methoden, die auf der dynamischen oder (bei geringem Spannungsniveau) statischen Bewertung des MOE beruhen, sind nicht in der Lage, CF zuverlässig zu erkennen.

Nutzung von Kalamitätsholz

Vorliegende ökonomische und materialwissenschaftliche Untersuchungen belegen deutliche logistische Zusatzaufwendungen und Risiken (insb. für die konstruktive Verwendung) bei Sturmholz :

- Grosse Anteile des betroffenen Stammholzes („Sturmholz“) sind durch Bruch oder Sekundäreinflüsse geschädigt und für eine Massivholznutzung ausgeschlossen
- Der Einsatz als Span-, Faser- und Energieholz ist möglich, setzt aber eine rasche Aufbereitung und bestehende Logistikketten voraus. Die Kosten bleiben hier der limitierende Faktor.
- Faserschädigungen sowohl bei geworfenen Hölzern (Fällschäden) als auch bei „Überhältern“, d.h. dem Sturm standgehaltenen Bäumen können eine konstruktive Verwendung einschränken und erfordern eine höhere Aufmerksamkeit bei der Sortierung
- Eine konstruktive Verwendung als Brettlamellen in verklebten Holzbauteilen wird die Schwachstellen der Faserstauchungen im Brettschicht- und Brettsperrholzelement verteilen, quantitative Untersuchungen hierzu fehlen bislang.

Schadenskette „Vitalitätsgeschwächte Buchen“



Quelle [5]

Extreme Trockenheit



Vitalitätseinbusse bei
Laubbäumen, insb.
Buchen: Kronenverlichtung



Pilzbefall (A,B); Streifenkrebs (C);
Käferbefall (D,E)



Absterben betroffener Bäume

- (A) Perithezien von *Neonectria coccinea*
- (B) Sporenranken von *Libertella faginea* (Hauptfruchtform *Eutypella quaternata*, Vierfrüchtige *Quaternaria*)
- (C) Streifenkrebs an einem Rotbuchenstamm, vermutl. Rotbuchen-Rindenkugelpilz.
- (D) Buchenpracht (*Agrilus viridis*)
- (E) Kleiner Buchenborkenkäfer (*Taphrorychus bicolor*)

Nutzung von Kalamitätsholz

Auswirkungen Kalamitäten auf „Vitalitätsgeschwächte Buchen“



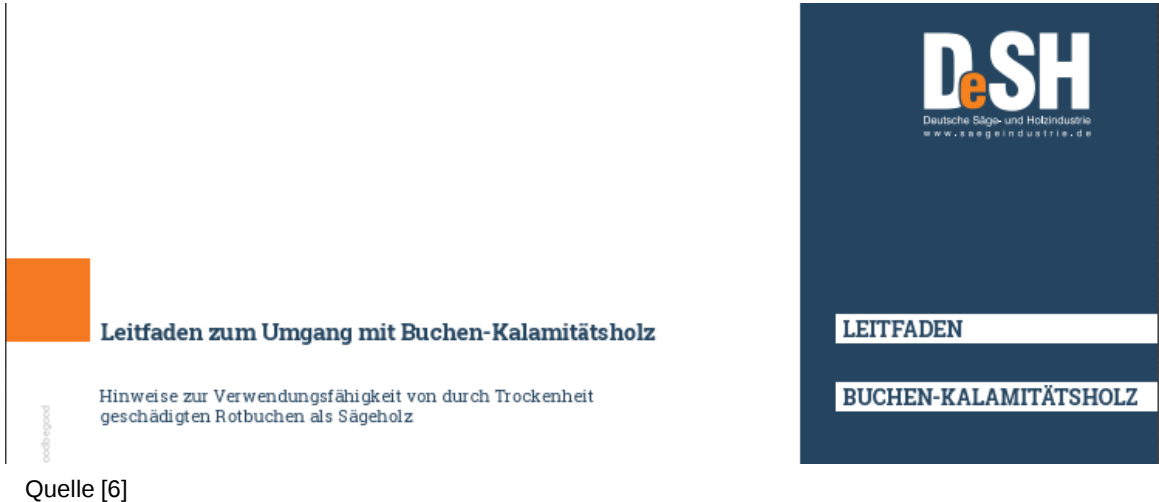
WAS IST KALAMITÄTSHOLZ?

Durch Sturm, Trockenheit, Sonneneinstrahlung oder sonstige abiotische Einflüsse vorgeschädigtes Buchenrundholz.

GRÜNDE FÜR DIE EINGESCHRÄNKTE VERWENDBARKEIT

- Sehr geringe Holzfeuchte und Trockenrisse
- Verfärbungen und Einläufe
- Holzzerstörende Sekundärschädlinge wie Insekten und Pilze

Auswirkungen Kalamitäten auf „Vitalitätsgeschwächte Buchen“



ANMERKUNGEN ZUR BEURTEILUNG DER HOLZQUALITÄT NACH DER FÄLLUNG

Bedenklich sind Stämme oder Stammteile mit Rindenpartien, welche trocken bzw. braun bis dunkelbraun im Anschnitt sind, da dieses Holz darunter meist schon verfärbt und somit für die Sägeindustrie nur noch bedingt brauchbar ist.

Auswirkungen Kalamitäten auf „Vitalitätsgeschwächte Buchen“



Nutzung von Kalamitätsholz

Alle Abbildungen und Fotos - Urheber Pollmeier

Auswirkungen Kalamitäten auf „Vitalitätsgeschwächte Buchen“

Mechanische Eigenschaften: Buchen mit Trocknisschäden

- 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)

Quelle [7], [8]

Auswirkungen Kalamitäten auf „Vitalitätsgeschwächte Buchen“

Mechanische Eigenschaften von Vollholz: Buchen mit Trocknisschäden



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!

Auswirkungen Kalamitäten auf „Vitalitätsgeschwächte Buchen“

Mechanische Eigenschaften von Vollholz: Buchen mit Trocknisschäden



Proben zur Bestimmung des Feuchtgehaltes im Trockenschrank

■ Darrdichte (Rohdichte bei 0% Feuchtigkeit)

- Durchschnittswerte der einzelnen Schadklassen innerhalb der Norm ($490\text{--}880\text{ kg/m}^3$)
- Gemessene Darrdichten der einzelnen Schadklassen zwischen $664,10\text{ kg/m}^3$ und $708,81\text{ kg/m}^3$

■ Biegefestigkeit nach DIN 52186

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

Auswirkungen Kalamitäten auf „Vitalitätsgeschwächte Buchen“

Mechanische Eigenschaften von Vollholz : Buchen mit Trocknisschäden

■ **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

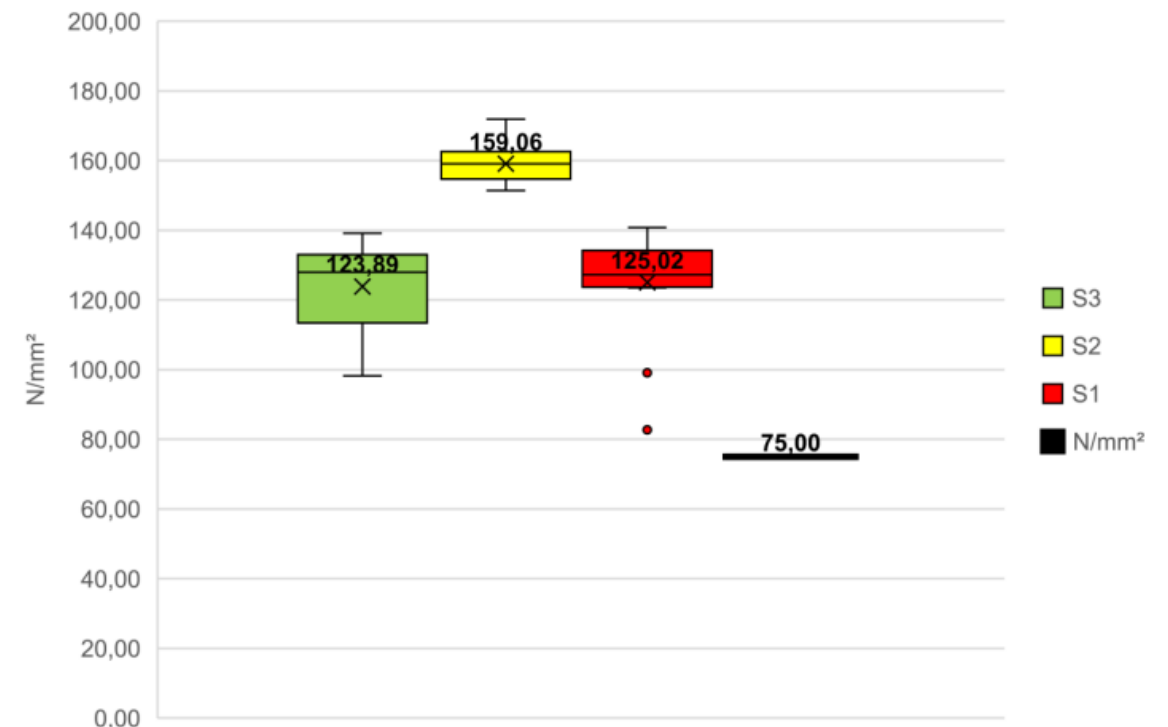
Quelle [7]

Auswirkungen Kalamitäten auf „Vitalitätsgeschwächte Buchen“

Mechanische Eigenschaften (Biegefestigkeit) von Brettschicht- und Furnierschichtholz: Buchen mit Trocknisschäden



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



Ergebnisse der Biegefestigkeit beim LVL (dargestellt über Boxplots), schwarze Linie Normalwert

Quelle [7]

Nutzung von Kalamitätsholz

Möbelanwendung:

Biegefestigkeit:

- 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

Verfärbungen:

Bei S1 und S2 mindern Verfärbungen die Einsatzmöglichkeiten für Anwendungen im Sichtbereich

Druckfestigkeit in Faserrichtung :

- 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

Möbelanwendung:

Querdruckfestigkeit:

- a) Vollholz und Brettschichtholz erfüllen die Norm, keine signifikanten Unterschiede
- b) Furnierschichtholz: Werte sinken von S3 zu S1

Bauanwendung:

Brettschichtholz:

Brettschichthölzer aller Schadklassen liegen in den Normwerten

Furnierschichtholz:

Alle Schadklassen erfüllen die Norm zur Biegefestigkeit und Druckfestigkeit quer zur Faser,

Druckfestigkeit in Faserrichtung sowie Blockscherfestigkeit:

uneindeutige Ergebnisse, größere Stichproben erforderlich

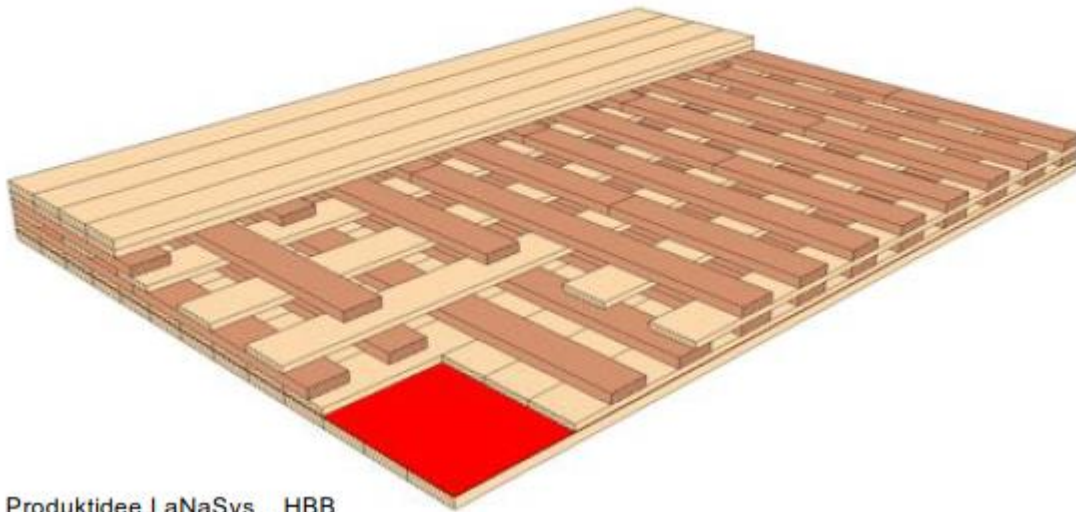
Materialwissenschaftliche Untersuchungen relativieren und präzisieren die Einstufungen der auf visuelle Anwendungen ausgelegten Einstufungen des Merkblatts [6]

- Die ermittelten Festigkeitswerte liegen nahezu vollständig oberhalb der gültigen Normen
- Eine eingeschränkte technische Verwendbarkeit des Holzes von geschädigten Buchen wurde bei den getesteten Sortimenten nicht nachgewiesen
- Eine Weiterverarbeitung zu verklebten Holzwerkstoffen ist möglicherweise ein Lösungsansatz, wenn es darum geht, höhere Festigkeitswerte speziell für eine Verwendung im konstruktiven Bereich zu erreichen.
- Eine gute Mischung von Einzelkomponenten aus Buchenschadholz mit unterschiedlichem Schädigungsgrad kann brauchbare Festigkeitswerte liefern.

Beispiel FNR Projekt

LaNaSys _ Entwicklung eines material- und energieeffizienten Holzbausystems aus Laub- und Nadelholz
[TUM.wood]

- _ aufgelöste Mittellagen mit Laubholz
- _ Brandstoppschicht aus modifiziertem Cottonid



Produktidee LaNaSys _ HBB



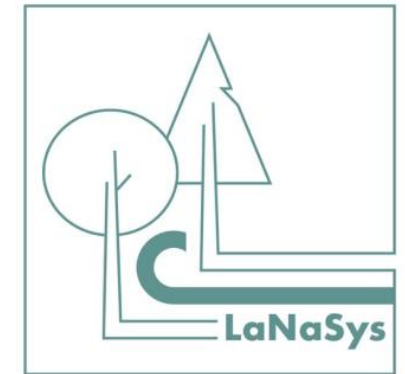
Lamellen aus der
Buchenschnittholzproduktion



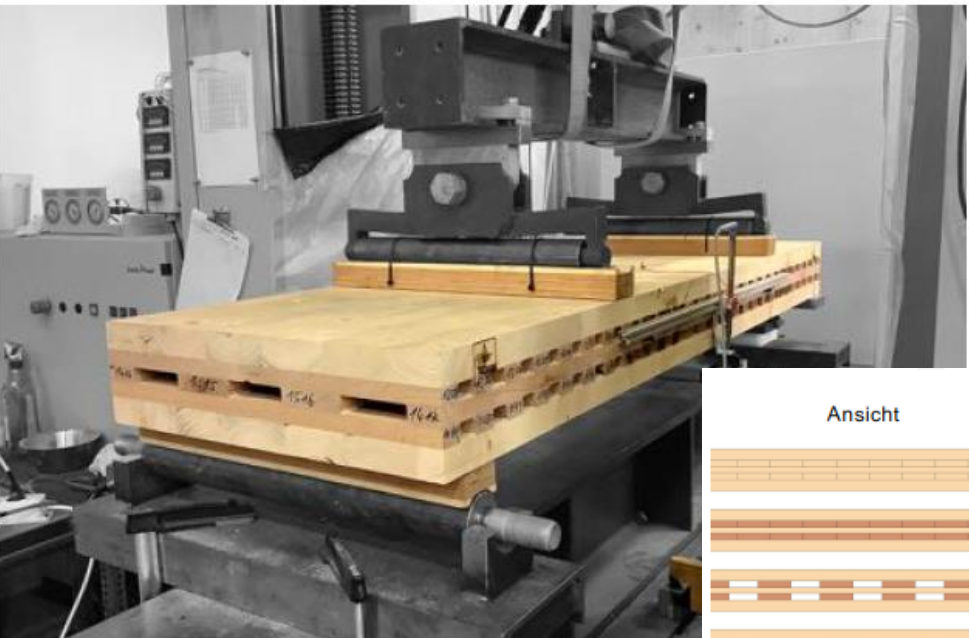
Restrollen aus der Buchen-
funierschichtherstellung



Wurmiges Eichenholz aus der
Schnittholzherstellung

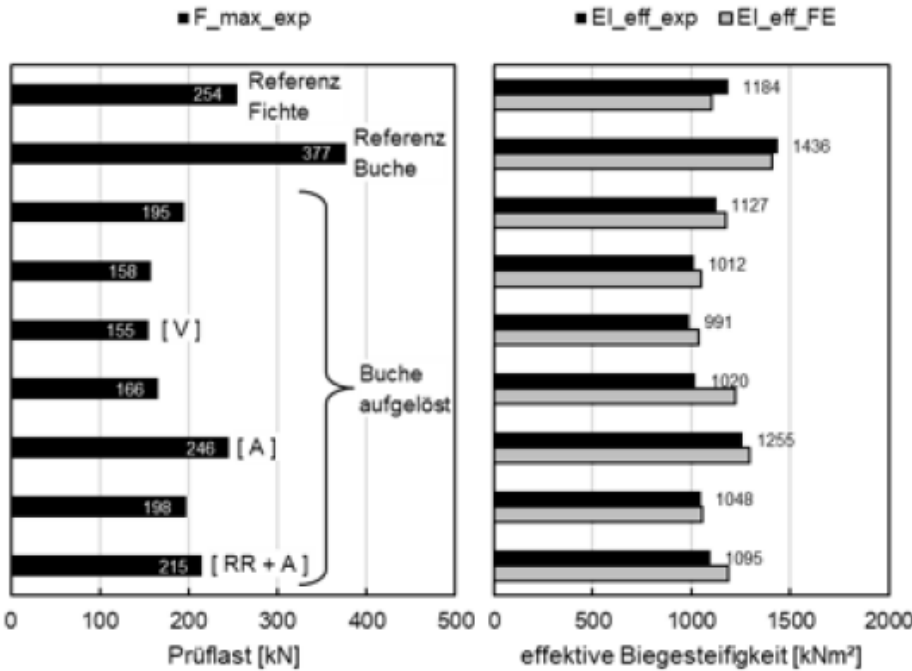


LaNaSys _ Entwicklung eines material- und energieeffizienten Holzbausystems aus Laub- und Nadelholz



Ansicht	Querschnitt	Querlagendichte und -material	Mittellagendichte und -material
		100 % Fichte	100 % Fichte
		100 % Buche	100 % Fichte
		53 % Buche	100 % Fichte
		53 % Buche	50 % Fichte
		47 % Buche	50 % Fichte
		51 % Buche	50 % Buche
		54 % Buche	100 % Fichte
		53 % Buche	50 % Buche
		41 % Buche	50 % Buche

[V] = Veränderliche Verteilung
[A] = mit Auflagerverstärkung
[RR] = mit Restrollen



Abschliessende Folgerungen mit Fokus auf die Holzqualität

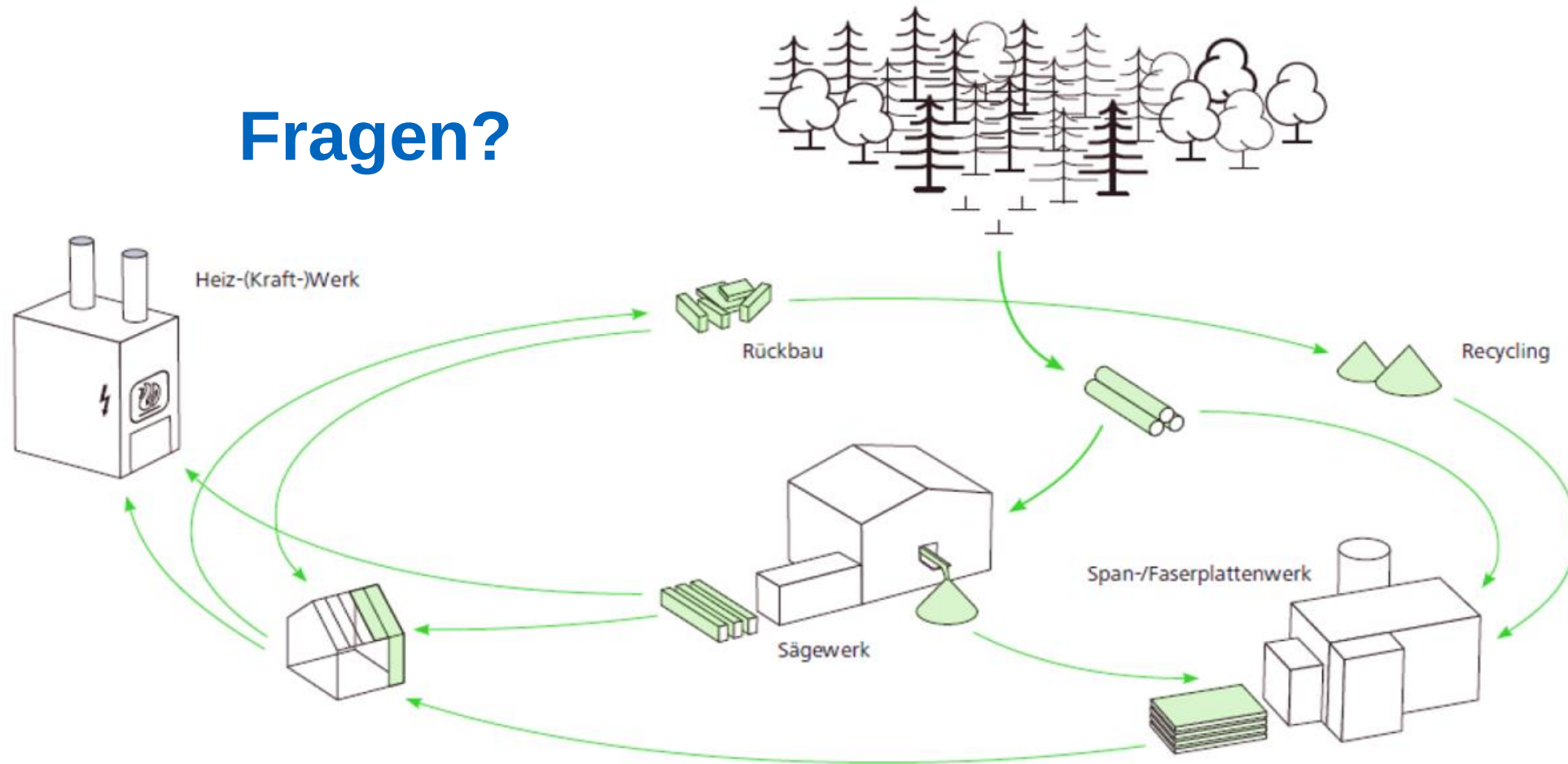
- Die Holzqualität in Folge der untersuchten **Schädigungstypen** ist **uneinheitlich** beeinträchtigt; Sturmholz ist für eine konstruktive Verwendung deutlich kritischer einzustufen als Käferholz
- Der Grad der **Qualitätsminderung spiegelt sich nicht mit den am Holzmarkt vollzogenen z.T. deutlichen Preisabschlägen**
- Insbesondere die **Festigkeitswerte** liegen nur in wenigen Fällen signifikant unter denen von nicht geschädigtem Holz
- Sekundärschäden durch **holzzersetzende Pilze** können bei Buche einen relevanten Substanzabbau einleiten, die Schadenskette wird in laufenden Forschungsprojekten (z.B. Buche-akut) wissenschaftlich untersucht
- Eine **rasche Aufbereitung** der durch Kalamitäten geschwächten Bäume bzw. des aufbereiteten Rohholzes kann die qualitätsbeeinflussenden Sekundärschäden mindern, d.h. die Schadenskette kann dadurch unterbrochen bzw. gestoppt werden
- Der Begriff **Kalamitätsholz** ist bezogen auf die Holzqualität **kein geeigneter Überbegriff** ist, weil Holz aus Bäumen mit verminderter Vitalität nicht zwangsläufig eine verminderte Qualität aufweist
- **Zu „Abfall“ wird auch das (teil)geschädigte Holz nicht:** die Verwertungsschienen der Holz- und Papierindustrie und die stark zunehmende Konkurrenz um den Rohstoff sprechen dagegen.

Literatur

- [1] Hlásny, T. et al 2019. Living with bark beetles: impacts, outlook and management options. From Science to Policy 8. European Forest Institute
- [2] Löwe R. et al. 2022. How bark beetle attack changes the tensile and compressive strength of Spruce wood (*Picea abies* (L.) H. Karst.). *Forests* 13, 87.
- [3] proHolz Bayern, 2021: Käferholz – Hochwertiges und nachhaltiges Material für den Holzbau, Pressemitteilung 04.03.2021
- [4] Arnold M., Steiger R. 2006. The influence of wind-induced compression failures on the mechanical properties of spruce structural timber. *Materials and Structures* (2006) 40:57–68
- [5] Tropf J., Gawehn P., Langer G. 2022. Buchenkalamitäten im Klimawandel – Ursachen, Folgen, Maßnahmen. Projekt Buche-Akut, Teilvorhaben 2: Analyse der Schadursachen und Folgeerscheinungen. NW-FVA
- [6] Deutsche Säge- und Holzindustrie Bundesverband e. V. oJ. Leitfaden zum Umgang mit Buchen-Kalamitätsholz
- [7] Berthold D. 2021: Nutzungspotenziale von Buchen-Kalamitätsholz-Sortimenten, Tagung des Nordwestdeutschen Forstvereins, 16.09.2021
- [8] Schotte L. 2020: Einfluss der Dürrejahre 2018/2019 auf die Qualität von Buchenstammholz. Bachelorarbeit an der HAWK Göttingen
- [9] Jackson T. et al. 2021: The motion of trees in the wind: a data synthesis. *Biogeosciences*, 18, 4059–4072

Vielen Dank!

Fragen?



Quelle: Holzforschung München (2010)

Nutzung von Kalamitätsholz