

Kurzbericht zum Forschungsvorhaben

Verhalten verstärkter Brettschichtholzbauteile unter Schwindbeanspruchung

Projektbearbeitung	Martin Danzer, M.Sc.
Projektleitung	Dr.-Ing. Philipp Dietsch
Forschungsstelle	Technische Universität München Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter Arcisstraße 21, 80333 München
Zeitraum	07/2017 – 10/2019

Das Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau, Stadt- und Raumforschung gefördert.

(Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-17.22)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt bei den Autoren.

1 Anlass und Ausgangslage

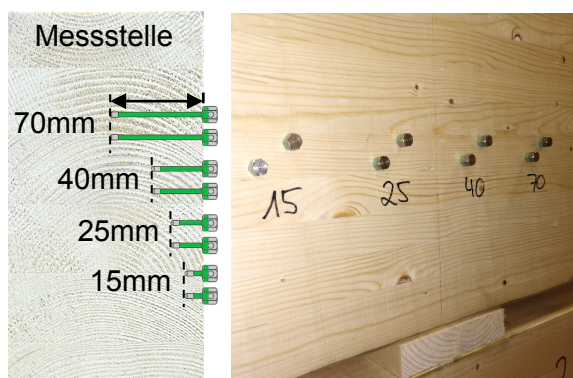
Das Material Holz reagiert bei einer Änderung der Materialfeuchte in Form von Quell- bzw. Schwinderscheinungen. Dem tragfähigkeitssteigernden Effekt von Verstärkungselementen in Holzbauteilen steht die Eigenschaft einer Behinderung des freien Schwindens des Holzes bei Feuchteänderungen gegenüber. Inwieweit infolge dieses Sperreffekts Risse induziert werden und welche Auswirkungen sich daraus auf die Tragfähigkeit ergeben, ist bisher ungeklärt.

2 Gegenstand des Forschungsvorhabens

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden Untersuchungen zum Schwindverhalten von verstärkten Brettschichtholzbauteilen durchgeführt. Als Verstärkungselemente kamen eingedrehte, innenliegende sowie aufgeklebte, außenliegende Verstärkungen zum Einsatz. Zur Klärung obiger Fragestellung wurde der Sperreffekt typischer Anwendungsfälle von Verstärkungen in 3 Bauteilgruppen (verteilte Anordnungen über begrenzte Trägerabschnitte, lokale Anordnungen bei Ausklinkungen sowie Durchbrüchen) in Form experimenteller sowie numerischer Untersuchungen quantifiziert.

In den experimentellen Untersuchungen wurden die verstärkten Prüfkörper zunächst über einen Zeitraum von 410 Tagen einem langsamen Trocknungsprozess ausgesetzt, dessen klimatischen Bedingungen sich an den Verhältnissen von gedämmten, beheizten Gebäuden orientierten. Die Grundlage der Untersuchungen stellten Brettschichtholzbauteile zweier Hersteller mit unterschiedlichen Ausgangsholzfeuchten dar (Hersteller A: $u_0 = 10,2\% - 11,5\%$, Hersteller B: $u_0 = 13,2\% - 13,6\%$). Der zeitliche Verlauf der Holzfeuchteverteilung in den Prüfkörpern wurde über die Querschnittsbreite sowie in Faserrichtung im Bereich von Hirnholzflächen über Widerstandsmessungen sowie nach dem Darrverfahren ermittelt (vgl. Abbildung 1).

Verteilung über Querschnittsbreite



Verteilung ausgehend von Hirnholzbereich

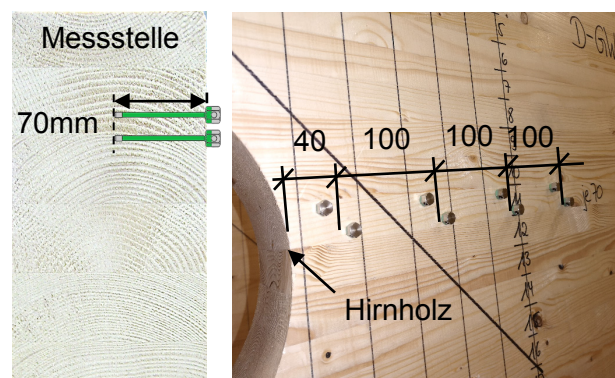


Abbildung 1: Messstellen zur Holzfeuchtemessung in Form von Widerstandsmessungen

Zur Quantifizierung des Sperreffekts wurde die Rissbildung an allen Prüfkörpern hinsichtlich Zeitpunkt, Anzahl, Position und Ausmaß im zeitlichen Verlauf aufgenommen (vgl. Abbildung 2). Wäh-

rend an Prüfkörpern des Herstellers A mit zum Ende der Klimalagerung vorliegenden Differenzfeuchten $\Delta u < 3\%$ nur sehr wenige Risse zu erkennen waren, zeigte sich an den Prüfkörpern des Herstellers B in den überwiegenden Konfigurationen eine Rissbildung im Bereich einer Differenzfeuchte $\Delta u \approx 3\% - 5,5\%$. Um 45° geneigte Anordnungen der Verstärkungselemente erwiesen sich hinsichtlich des Sperreffekts durchgehend günstiger als vergleichbare Anordnungen senkrecht zur Faser.

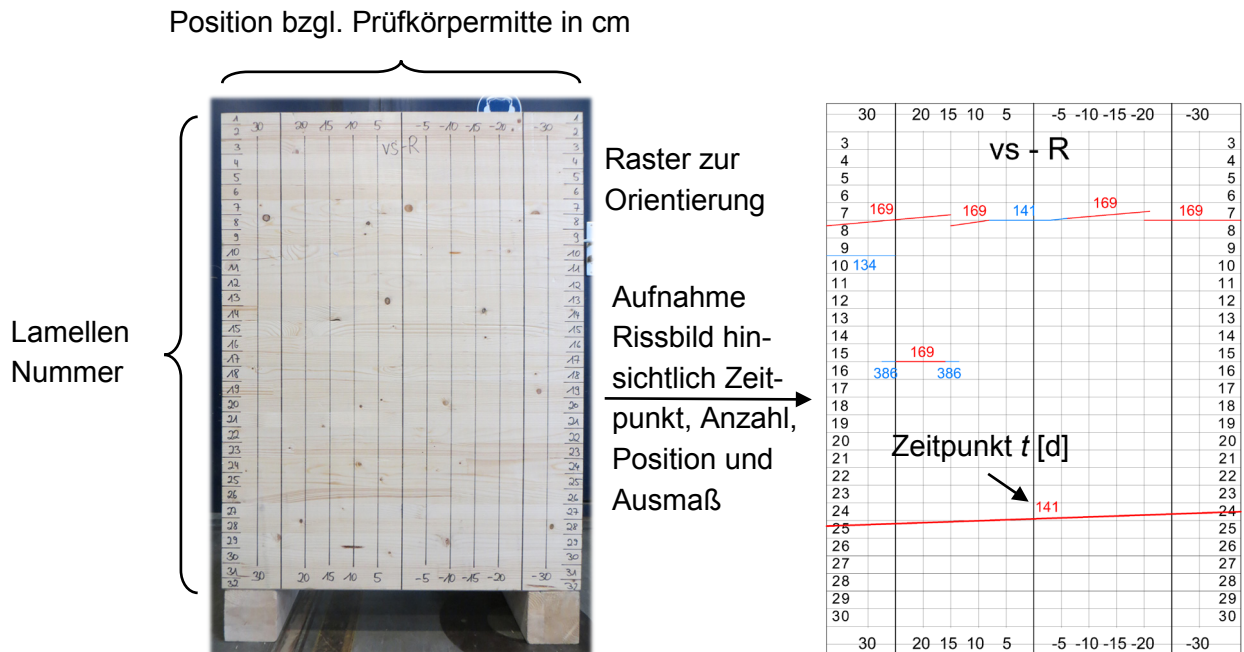


Abbildung 2: Dokumentation der Rissbildung beispielhaft an der Rückseite eines Prüfkörpers

Zur weiteren Quantifizierung des Sperreffekts wurden an Prüfkörpern der Bauteilgruppe "Verteilte Anordnungen" Schwindverformungen in Form von Höhenänderungen zwischen den Bauteilober- und -unterkanten im zeitlichen Verlauf erfasst (vgl. Abbildung 3). Infolge der unterschiedlichen Ausgangsholzfeuchten unterschied sich auch das Schwindverhalten an den Prüfkörpern der beiden Hersteller deutlich. Die ermittelten Schwindverformungen bestätigen die unterschiedlichen Grade der Sperrwirkung der Verstärkungen in Abhängigkeit ihrer jeweiligen Anordnung.

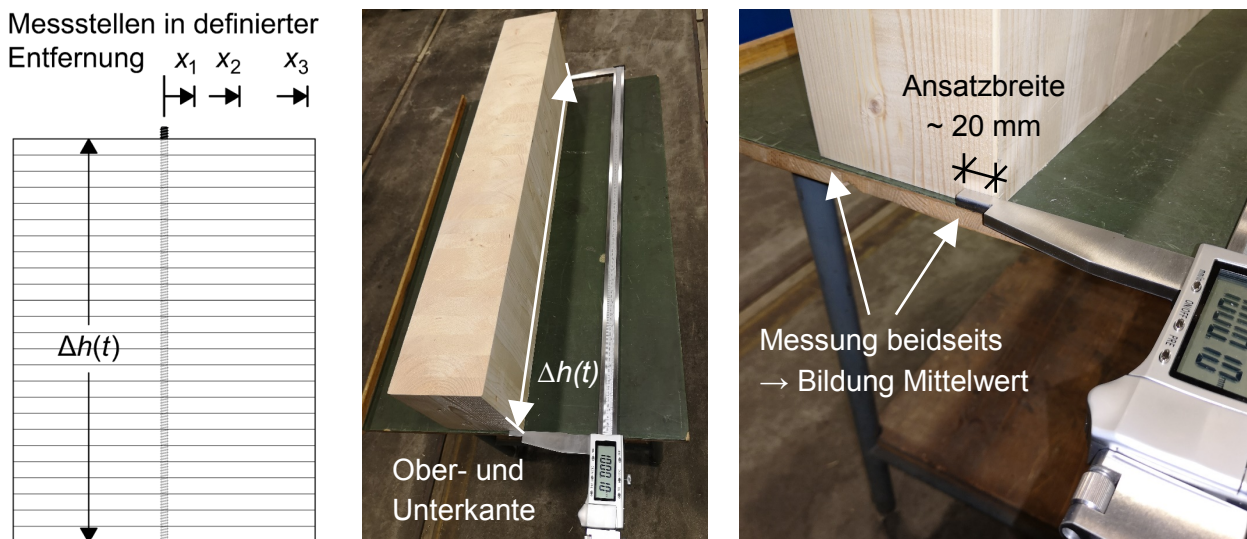


Abbildung 3: Messung der Schwindverformungen zwischen Prüfkörperober- und Prüfkörperunterkante

Nach der Klimalagerung wurden Belastungsversuche an Trägern mit Durchbrüchen und Ausklinkungen zur Bestimmung der Reduktion der Tragfähigkeit infolge der Sperrwirkung der Verstärkungselemente durchgeführt. Während der Klimalagerung blieb jeweils eine Seite der ansonsten symmetrisch ausgebildeten Träger mit Durchbrüchen und Ausklinkungen unverstärkt. Nach der Klimalagerung wurden auch die bis zu diesem Zeitpunkt unverstärkten Seiten in jeweils gleicher Weise zur gegenüberliegenden Seite verstärkt. Anschließend wurden die Tragfähigkeiten beider Seiten (mit/ohne Sperreffekt der Verstärkung infolge des Schwindvorgangs) in einer zweistufigen Versuchsdurchführung ermittelt (vgl. Abbildung 4).

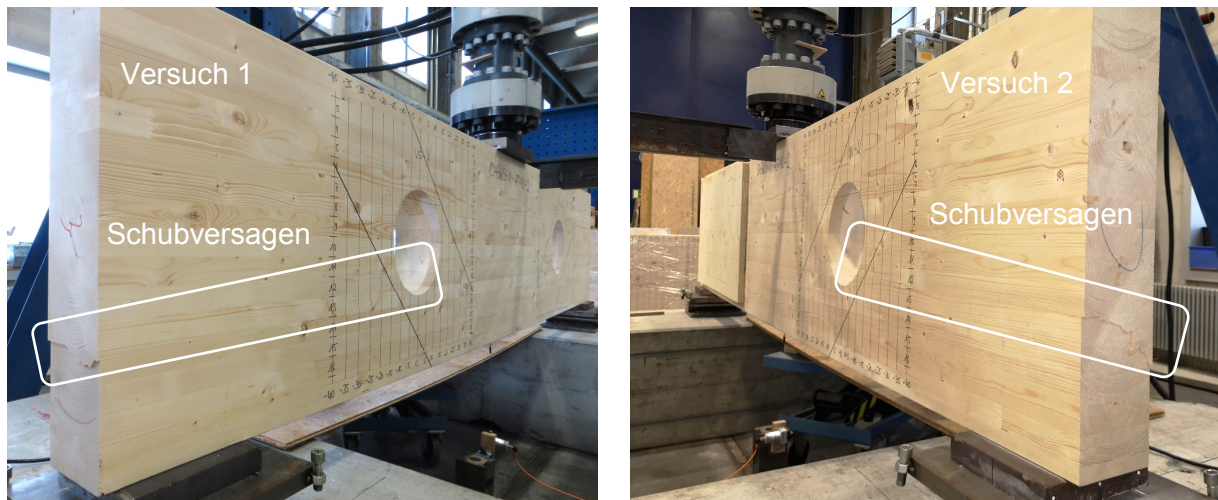


Abbildung 4: Beispielhaftes Schubversagen eines Trägers mit Durchbruch

An Trägern mit verstärkten Durchbrüchen reduzierte sich die Tragfähigkeit infolge des Sperreffekts in Abhängigkeit der Verstärkungsart auf rund 65% - 79% (vgl. Abbildung 5), an Trägern mit Ausklinkungen auf rund 69% - 83%. In beiden Bauteilgruppen führten geeignete, innenliegende Verstärkungen zu der geringsten Reduktion der Tragfähigkeit.

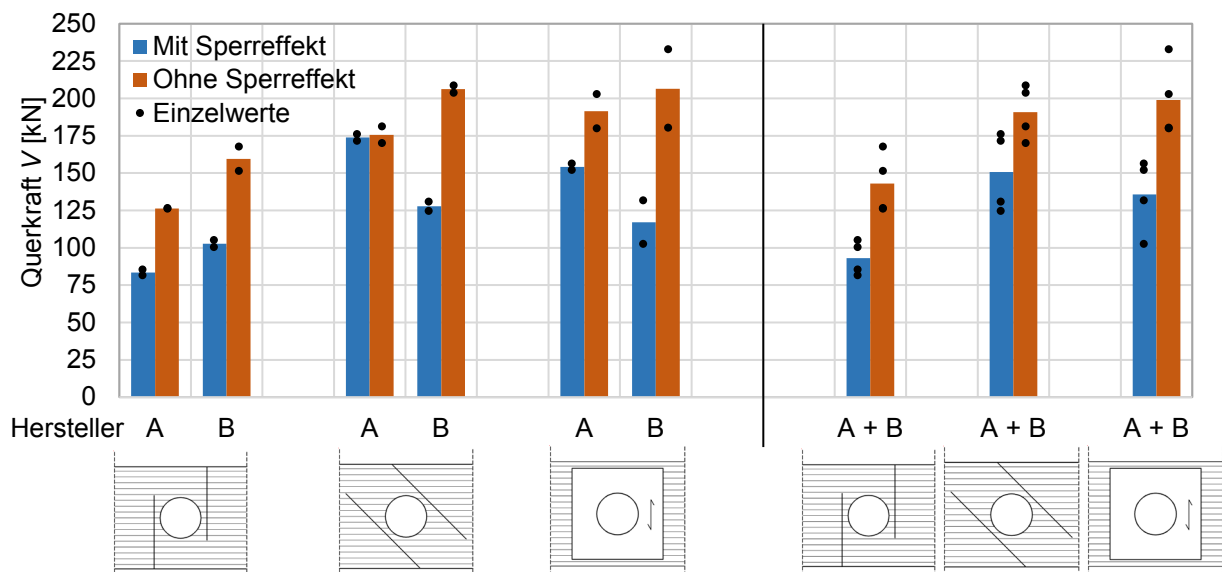


Abbildung 5: Versagenslasten der Bauteilgruppe "Durchbrüche" ($b \times h = 140 \times 700 \text{ mm}$, $h_d/h = 0,4$)

In den numerischen Untersuchungen wurden dreidimensionale Simulationsmodelle mit einer Berücksichtigung des lamellenförmigen Aufbaus von Brett-schichtholz sowie einer zylindrischen Orthotropie der Holzstruktur erstellt (vgl. Abbildung 6). In Parameterstudien zu den 3 Bauteilgruppen zeigte sich, dass eine beginnende Rissbildung insbesondere vom Verstärkungsgrad, der Neigung zur Faser sowie der Bauteilhöhe beeinflusst wird. Alle drei Einflussgrößen wirken sich mit zunehmender Größe negativ auf die Rissbildung aus. Daneben spielt aber auch die axiale Verbundsteifigkeit zwischen Verstärkungselement und Holz eine Rolle, was sich im Vergleich Vollgewinde-schraube mit Gewindestange bzw. eingedrehte und eingeklebte Gewindestangen zeigte.

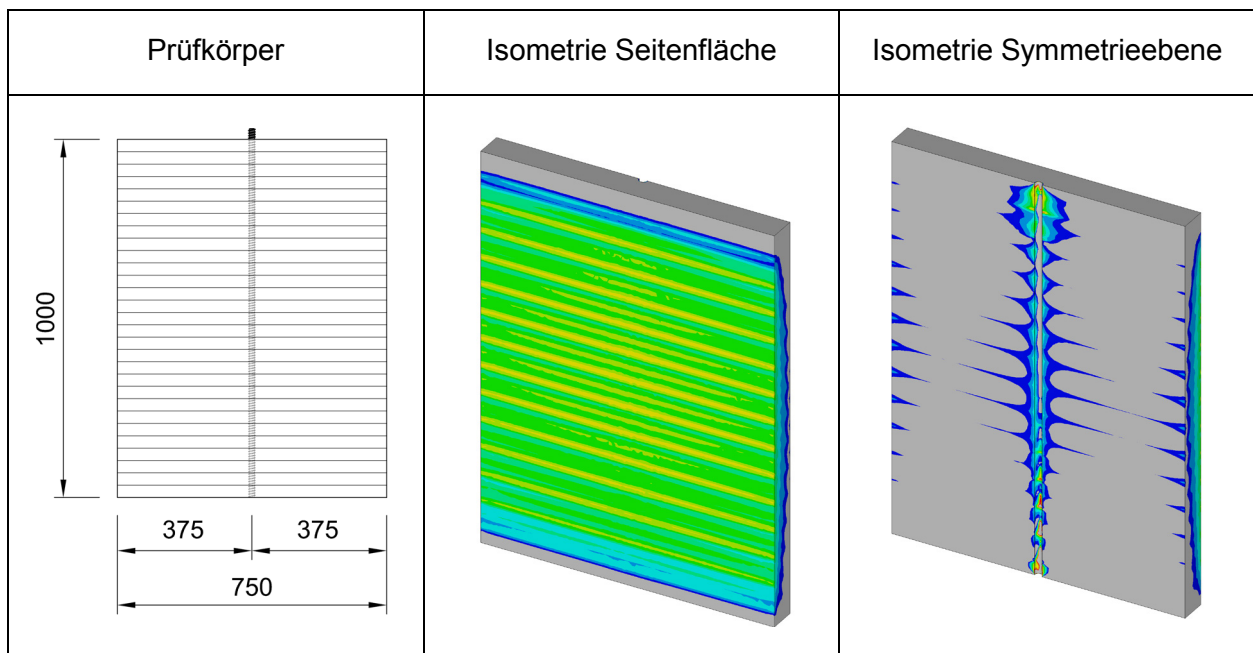


Abbildung 6: Querzugbeanspruchtes Volumen anhand eines exemplarischen Prüfkörpers

3 Fazit

Ziel des Forschungsvorhabens war es zu klären, ob und in welchem Umfang Verstärkungselemente aufgrund ihrer Eigenschaft, das freie Schwinden des Holzes zu behindern und Risse zu induzieren, einen negativen Einfluss auf das Tragverhalten von Brett-schichtholzbauteilen haben. Dieses Ziel wurde erreicht, indem für typische Anwendungsfälle von Verstärkungen in Brett-schichtholzbauteilen mittels einer Klimalagerung kritische Differenzfeuchten für eine beginnende Rissbildung bestimmt wurden. In Belastungsversuchen nach der Klimalagerung wurde der Sperr-effekt der Verstärkung in Form einer reduzierten Resttragfähigkeit der getrockneten sowie teilweise gerissenen Prüfkörper quantifiziert.

4 Eckdaten

Kurztitel:	Schwinden verstärkter Holzbauteile
Projektbearbeitung:	Martin Danzer, M.Sc.
Projektleitung:	Dr.-Ing. Philipp Dietsch
Gesamtkosten:	163.021,10 €
Anteil Bundeszuschuss:	112.806,60 €
Projektlaufzeit:	22 Monate