

**Kurzbericht zum Forschungsvorhaben**

## **Vorspannung von Brettsperrholzkonstruktionen**

**Forschungsstelle:**

Technische Universität München  
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter  
Arcisstraße 21  
80335 München

**Projektbearbeitung:**

Dipl.-Ing. Martin Gräfe

**Projektleitung:**

Dr.-Ing. Philipp Dietsch

**Laufzeit**

Laufzeit 01/2016 bis 05/2018

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

Aktenzeichen SWD-10.08.18.7-15.49

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt beim Autor.

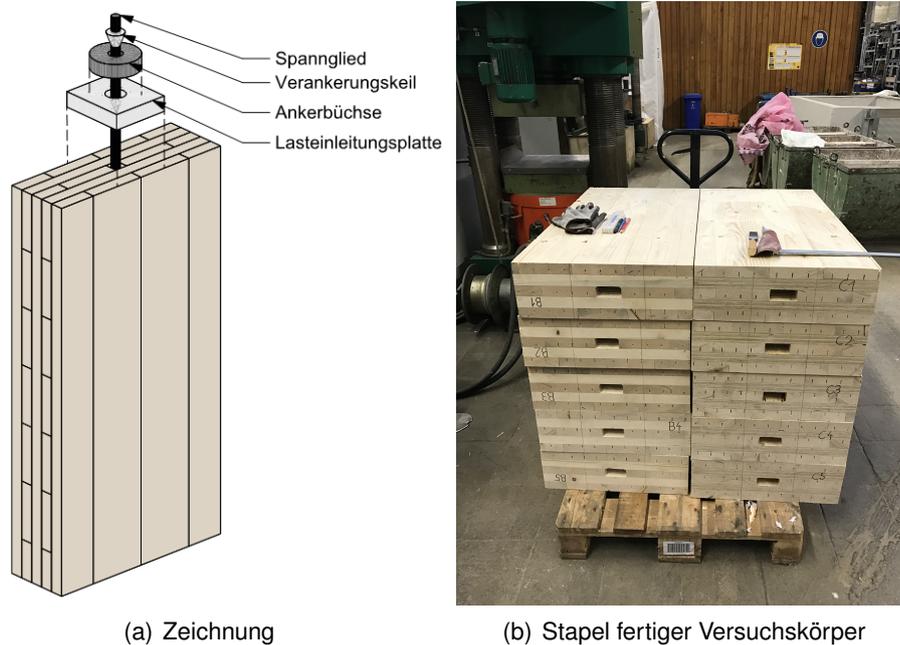
## 1 Anlass und Ausgangslage

Hohe und schlanke Bauwerke werden durch Wind- und Erdbebenlasten horizontal beansprucht. Die daraus entstehenden Kräfte sind häufig eine bemessungsmaßgebende Einwirkung, je mehr, umso geringer das Eigengewicht der Tragstruktur ist. In hohen Geschossbauwerken sind daher häufig erhebliche Zugkräfte aufzunehmen. Ziel des Forschungsvorhabens war die Entwicklung von Möglichkeiten, aussteifende Bauteile aus Brettsperrholz vertikal vorzuspannen, um diese Zugkräfte aufzunehmen zu können.

## 2 Gegenstand des Forschungsvorhabens

### 2.1 Spannverankerungen

Bei der Verankerung von intern geführten Spanngliedern werden lokal relativ hohe Kräfte in die Stirnseite von Brettsperrholzelementen eingeleitet. Es war daher in diesem Forschungsvorhaben zu untersuchen, wie solche Spanngliedverankerungen ausgeführt und bemessen werden können.



**Abbildung 2.1:** Zeichnung und Bild der Ankerprüfkörper

Es wurde in insgesamt sieben Versuchsreihen und zusätzlichen Vorversuchen das Trag- und Verformungsverhalten von Lasteinleitungen zur Verankerung von intern geführten Spanngliedern an den Schmalseiten von Brettsperrholzplatten untersucht. Ziel der Versuche war, die lokale Druckfestigkeit der Verankerungsbereiche zu bestimmen. Es wurden Prüfkörper mit Spannkanälen für ein oder zwei Litzen verwendet, und mit Ankerplatten aus Stahl und UHPC geprüft.

Es zeigt sich, dass die lokal aufnehmbaren Druckspannungen deutlich höher liegen, als nach einer Bemessung nach DIN EN 1995-1-1 auf Basis der normativ geregelten Holzdruckfestigkeiten anzunehmen wäre. Es sind somit bei Anwendung der vorgestellten Ergebnisse erhebliche Reduzierungen der erforderlichen Ankerplattenabmessungen möglich, ohne das nach DIN EN 1990 vorgesehene Sicherheitsniveau zu reduzieren. Alternativ zu Ankerplatten aus Stahl ist auch die Verwendung Hybridankerplatten aus UHPC möglich, wenn diese die entstehenden Zug- und Schubspannungen aufnehmen können. Der entwickelte Ankerplattentyp HA-2 mit Umschnürung durch einen Stahlrohrab-

schnitt erfüllt diese Anforderung.

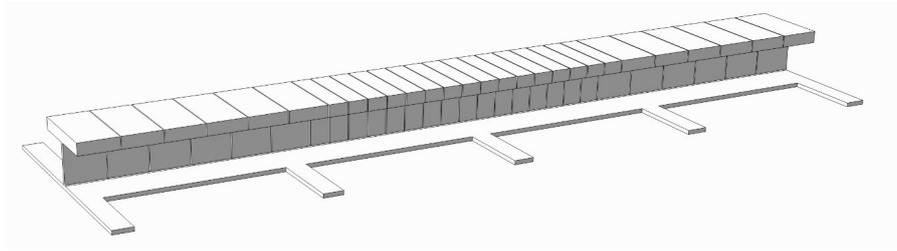
## 2.2 Lastausbreitung in Plattenebene

Für das in diesem Forschungsvorhaben betrachtete Vorspannkonzzept werden hohe Kräfte aus den Spannlitzen konzentriert an den Stirnkanten der Brettsperrholzplatten eingeleitet. Neben der Frage nach der lokalen Tragfähigkeit war daher durch eine Parameterstudie und mechanische Versuche zu klären, wie sich solche Einzellasten in Plattenebene ausbreiten (vgl. Abbildung ??).



**Abbildung 2.2:** Spannungsverteilung infolge einer Einzellast in Plattenebene

Ziel der mechanischen Versuche war, die Druckspannungsverteilung längs der Aufstandslinie einer rechteckigen Brettsperrholzscheibe mit einer an der Oberseite wirkenden Einzellast zu messen. Gewählt wurde eine indirekte Messmethode über die Stauchungen in einem unter dem Holz-Prüfkörper angeordneten Stahlbauteil (vgl. Abbildung ??).



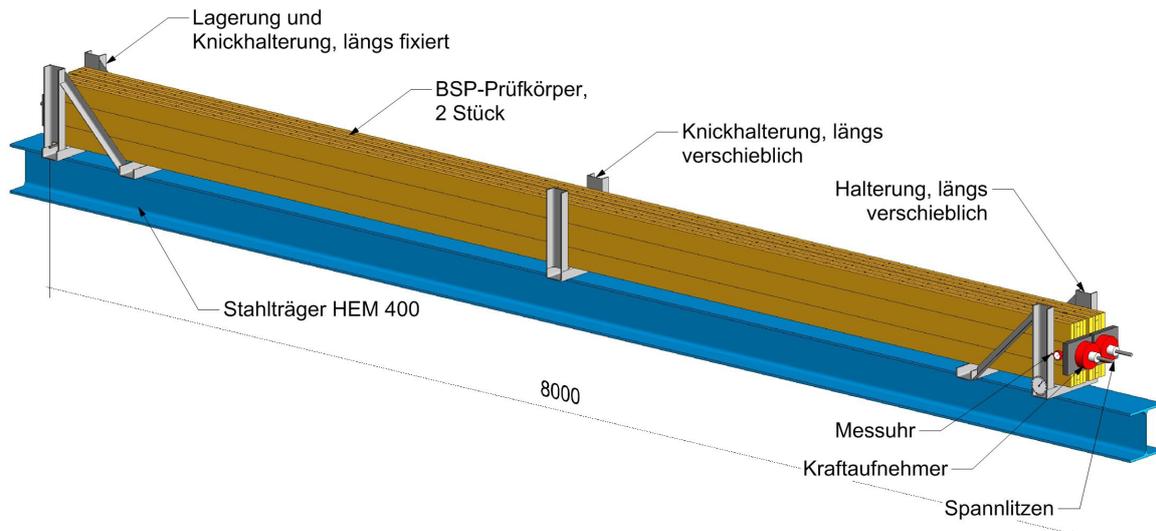
**Abbildung 2.3:** Zeichnung des Stahlbauteils zur Messung der Druckspannungen in der Plattenaufstandsfläche

Anhand der Versuche und einer Finite-Elemente-Studie wurden Empfehlungen erarbeitet, wie die Lastverteilung unterhalb von lokalen Lastenleitungen auf die Schmalseiten von Brettsperrholzplatten rechnerisch angenommen werden kann. Es darf für baupraktische und rechnerische Zwecke eine konstante Druckspannungsverteilung in der Fuge am Wandfuß sowie in jeder horizontalen Schnitt Ebene angenommen werden. Der Ausbreitungswinkel der Druckspannungen unter Einzellasten auf die Schmalseiten der Wand darf für Anteile der Querlagen zwischen 20 % und 50 % mit 25° angenommen werden.

## 2.3 Kriechverhalten von Brettsperrholz

Insgesamt wurden sieben Kriechversuche durchgeführt. Dazu wurden 8,0 m lange BSP-Prüfkörper in Richtung der Längslagen durch eine mittig ohne Verbund eingebaute Spannritze unter Druckspannung gesetzt, und die Verformungen über die Zeit gemessen. Die Prüfkörper wurden mit drei unterschiedliche Belastungsgraden belastet. Die Kriechversuche wurden in konstantem Normklima (20 °C, 60 % rF) und bei künstlichem Wechselklima und im natürlichen Außenklima gelagert. Zur Auswertung der Versuche wurde das *Pfefferle-Modell* gewählt.

Er wird für die Ermittlung von Langzeitverformungen vorgespannter Tragwerke empfohlen, zwischen *Biege-* und *Druckkriechen* zu differenzieren. Außerdem sollte das tatsächlich vorliegende Belastungsniveau berücksichtigt werden. Für die Ermittlung von *Längsverformungen* (insbesondere zur Bestimmung von Spannkraftverlusten) ist es empfehlenswert, die in diesem Forschungsvorhaben bestimmten Kriechzahlen für Längsbeanspruchung zu verwenden. Empfehlungen für Kriechzahlen  $k_{def}$  für Brettsperrholz aus Fichte/Tanne der Festigkeitsklasse C24 unter vorwiegend ruhender Druckbeanspruchung in Plattenebene sind in Tabelle ?? zusammengestellt.



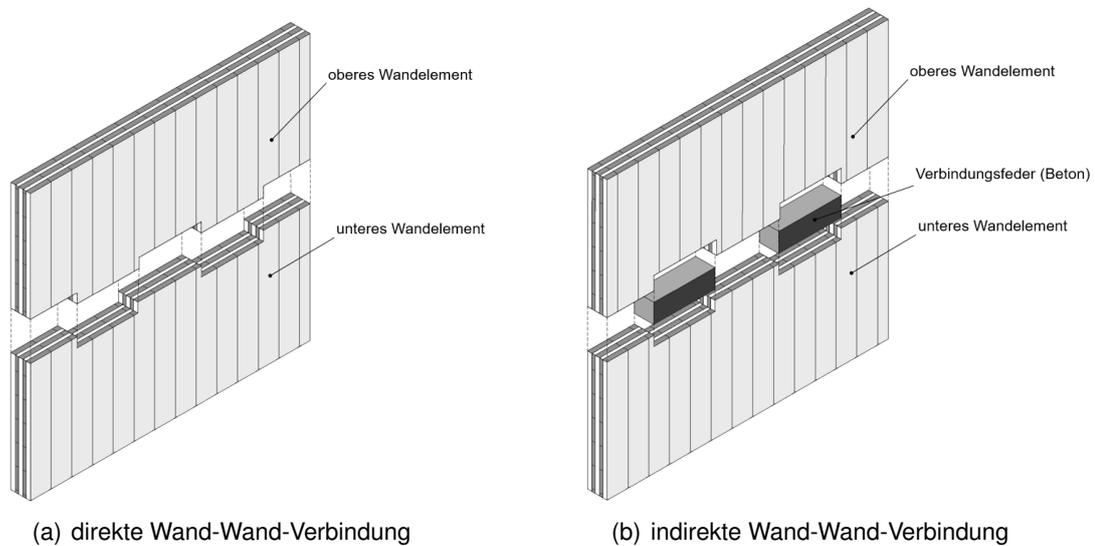
**Abbildung 2.4:** Ansicht Versuchsaufbau Kriechversuche

Belastungsgrad	NKL1	NKL2
über 30 %	0,2	0,4
15 % bis 30 %	0,15	0,3
bis 15 %	0,1	0,2

**Tabelle 2.1:** Empfehlung für Kriechzahlen für Längsdruckbeanspruchung in Abhängigkeit des Belastungsgrades und der Nutzungsklassen

## 2.4 Formschlüssige Verbindungen

Gebäudekonstruktionen aus Brettsperrholz werden typischerweise geschossweise aufgebaut. Je schlanker und höher die Gebäude werden, umso größer werden die zu übertragenden Kräfte. Häufig müssen daher große Anzahlen einzelner Verbindungsmittel eingebaut werden. Diese Situation kann durch die Nutzung formschlüssiger Verbindungen optimiert werden. Um geeignete Arten formschlüssiger Verbindungen zu identifizieren und deren Eigenschaften zu bestimmen, wurde eine umfangreiche Finite-Elemente-Parameterstudie und eine Serie mechanischer Versuche durchgeführt.



(a) direkte Wand-Wand-Verbindung

(b) indirekte Wand-Wand-Verbindung

**Abbildung 2.5:** Zwei Varianten einer formschlüssigen Wand-Wand-Verbindung

Mit den untersuchten Stoßvarianten sind Steifigkeiten möglich, welche mit konventionellen Methoden (z. B. Verschraubungen) nur durch hohe Material- und Lohnkostenaufwendungen erreichbar sind. In Bauteilversuchen wurden 21 Wand-Wand-Verbindungen und eine Form einer Wand-Decken-Verbindung geprüft.

- Je größer die Dimensionen eines Zackens sind, desto größer ist die Steifigkeit eines einzelnen Zackens.
- Je kürzer ein Zacken ist, desto steifer wird die gesamte Verbindung bezogen auf die Längeneinheit von einem Meter.
- Eine Brettfuge in der Querlage des Zackens mindert die Steifigkeit merklich ab.
- Die Qualität des Abbunds und die Passgenauigkeit haben einen erheblichen Einfluss auf die Steifigkeit der Verbindung.
- Die Tragfähigkeitswerte der Verbindungen können mit einfachen Handrechnungen ermittelt werden.
- Duktilen Versagen wird durch passend gewählte geometrische Verhältnisse des Zackens sichergestellt, dabei sind kürzere Zacken möglich als bisher angenommen.

### 3 Fazit

In diesem Forschungsvorhaben wurde untersucht, wie aussteifende Bauteile im Geschossbau (Wandscheiben und Kerne) aus Brettsperrholz vertikal vorgespannt werden können. Im Einzelnen wurde das mechanische Verhalten von Brettsperrholz bei der Einleitung von konzentrierten Einzellasten in Plattenebene, das Kriechverhalten unter Längsdruckbeanspruchung, sowie die Möglichkeiten der Ausbildung formschlüssiger Bauteilverbindungen untersucht. Dieser Forschungsbericht soll einen Beitrag dazu liefern, die ingenieurmäßige Anwendung des vorgeschlagenen Systems vorgespannter Brettsperrholzbauteile durch Bereitstellung wesentlicher technischer Eigenschaften zu erleichtern, bzw. zu ermöglichen.

### Eckdaten

Kurztitel:	Vorspannung von Brettsperrholzkonstruktionen
Forscher:	Dipl.-Ing. Martin Gräfe
Projektleitung:	Dr.-Ing. Philipp Dietsch
Gesamtkosten:	270.976,97 €
Anteil Bundeszuschuss:	189.575,03 €
Projektlaufzeit:	27 Monate