

## KURZBERICHT

### **ENTWICKLUNG UND PRÜFUNG NEUER VERBINDUNGSMITTEL AUS HARTHOLZ, PRESSSCHICHTHOLZ UND ÄHNLICHEN HOLZHALTIGEN WERKSTOFFEN FÜR TRAGENDE VERBINDUNGEN IM HOLZBAU**

**Teil 3: Optimierung des Anschlußbildes und Entwicklung von  
Bemessungsgrundlagen**

von

Jürgen Ehlbeck und Jürgen Kürth

Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine

Abt. Ingenieurholzbau

Universität Fridericiana Karlsruhe

Univ.-Professor Dr.-Ing. Jürgen Ehlbeck

1991

## 1 Ziel des Forschungsvorhabens

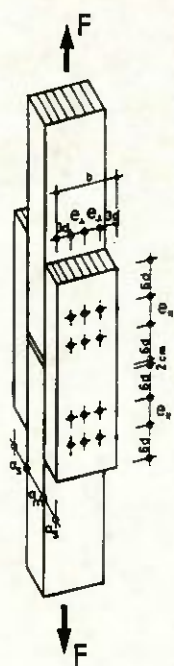
Im dritten und letzten Teil des Forschungsvorhabens waren Anschlüsse mit Stabdübeln aus Kunstharzpreßholz (KPH) zu optimieren und deren Langzeitverhalten zu untersuchen. Abschließend sollten praxisorientierte Bemessungsverfahren mit den damit verbundenen Ausführungsrichtlinien entwickelt werden.

## 2 Durchführung des Forschungsvorhabens

### 2.1 Optimierung der Anschlußdichte

Zur Optimierung der Anschlüsse ist die Ausnutzung der Tragfähigkeit des Holzes (Lochleibung) als auch der Verbindungsmittel (Biege- und Zugwiderstand) anzustreben.

Bei den im zweiten Teil des Forschungsvorhabens durchgeführten Versuchen an Druckscher- und Zugscherkörpern mit Stabdübeln aus KPH wurde stets ein Versagen des Verbindungsmittels festgestellt. Die Abstände der Stabdübel wurden dabei nach den Festlegungen der DIN 1052, Teil 2 gewählt.



$$\lambda = \frac{a_m}{d}$$

$$\frac{a_s}{a_m} = 0,75$$

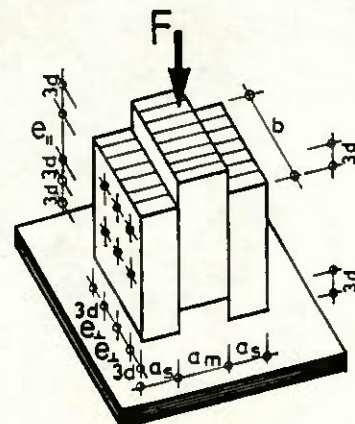


Bild 1: Zugscherkörper

Bild 2: Druckscherkörper

Um nun auch die Festigkeit des Holzes auszunutzen, wurden insgesamt 22 Versuche an zweischnittigen Druckscher- und Zugscherkörpern aus Brettschichtholz und Vollholz mit verringerten Abständen der Verbindungsmittel durchgeführt, wobei Stabdübeldurchmesser von  $d = 12 \text{ mm}$  und  $d = 16 \text{ mm}$  verwendet wurden. Die Abstände der Stabdübel wurden dabei von  $5d$  bis auf  $3d$  in Faserrichtung und von  $3d$  auf  $2d$  rechtwinklig zur Faserrichtung verringert.

Die Prüfkörper entsprachen den Angaben der **Bilder 1 und 2**.

Die Durchführung und Auswertung der Versuche erfolgte nach DIN-EN 26891 "Holzbauwerke, Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln".

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Stabdübelabstände bei Stabdübeln aus KPH deutlich geringer sein können als bei Stabdübeln aus Stahl. Andererseits muß beachtet werden, daß das Versagen der Verbindungen stets plötzlich eintrat und durch einen Spröbruch der Stabdübel verursacht wurde.

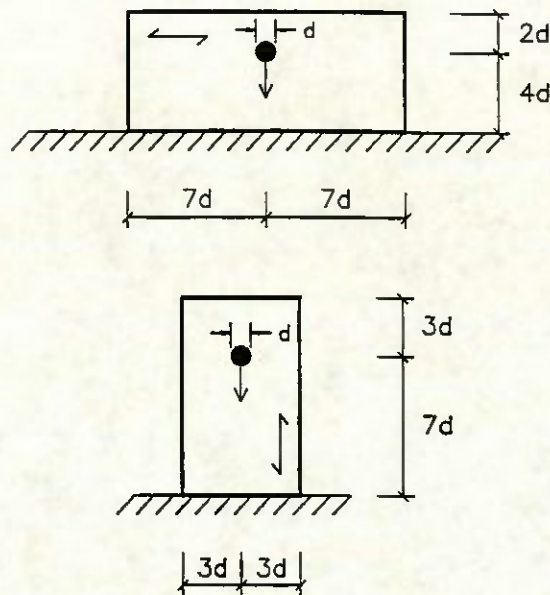
## 2.2 Bestimmung der Lochleibungsfestigkeit

Die Tragfähigkeit einer Stabdübelverbindung hängt u.a. auch von der Lochleibungsfestigkeit der zu verbindenden Teile ab. Zur Bestimmung dieses Materialkennwertes wurde in den hier durchgeführten Versuchen der Entwurf prEN 383 "Holzbauwerke; Bestimmung der Lochleibungsfestigkeit" vom November 1990 zugrundegelegt.

Es wurden Kunstharzpreßsperrholzplatten in den Dicken  $d = 12 \text{ mm}$  und  $20 \text{ mm}$  von einem Hersteller verwendet. Für jede Plattendicke wurden Versuche mit Stabdübeldurchmessern  $16 \text{ mm}$  und  $24 \text{ mm}$  aus blankem Stahl St 37-K und den Winkeln zwischen Kraft- und Faserrichtung der Deckfurniere von  $0$ ,  $45$  und  $90$  Grad durchgeführt. Kleinere Stabdübeldurchmesser waren wegen der hohen Lochleibungsfestigkeit des KPH bei der gewählten Versuchsanordnung nicht möglich.

Die Prüfkörper entsprachen mit ihren Abmessungen dem **Bild 3**.





**Bild 3:** Prüfkörper zur Bestimmung der Lochleibungsfestigkeit

Die Lochleibungsfestigkeiten lagen zwischen 150 und 186 N/mm<sup>2</sup>, wobei sich nur geringe Abhängigkeiten von der Plattendicke und dem Stabdübeldurchmesser ergaben. Bei keinem Versuch wurde ein Aufreißen der Platte beobachtet, Bruchursache war stets das Überschreiten der Lochleibungsfestigkeit.

### 2.3 Langzeitversuche

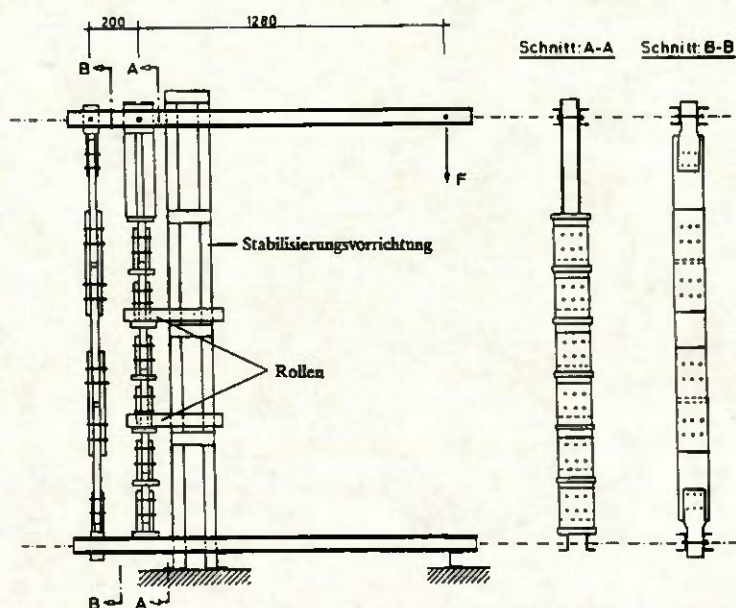
Ein wesentliches Kriterium zur Beurteilung einer Verbindung stellt ihr Langzeitverhalten unter ständiger Last dar. Hierbei ist zu untersuchen, ob unter dem Einfluß bestimmter Klimabedingungen und Lasteinwirkungen die Tragfähigkeit und das Verformungsverhalten (Kriechen) einer Verbindung sich gegenüber den Ergebnissen aus Kurzzeitversuchen ändern.

Bei den Kurzzeitversuchen mit Stabdübeln aus KPH wurde in der Regel für alle Schlankheiten das Versagen der Verbindung durch Biegebrüche des Verbindungsmittels eingeleitet. Für Langzeitversuche war deshalb das Verhalten des Kunstharzpreßholzes von wesentlicher Bedeutung. Um einen direkten Vergleich der Ergebnisse aus den Kurzzeitversuchen mit den Ergebnissen aus Langzeitversuchen zu ermöglichen, wurden die Prüfkörperabmessungen wie im zweiten Teil des Forschungsvorhabens bei Stabdübeldurchmessern von 12 mm und einer Schlankheit von 2,0 gewählt. Es wurden sowohl Druckscher- als auch Zugscherkörper aus Brettschichtholz (Holzfeuchte 12 %) und Vollholz (Holzfeuchte 25%) hergestellt. Die Versuche wurden in einem Klimaraum bei möglichst konstantem Klima von 20°C Temperatur und 65% rel. Luftfeuchte und im Freien (überdacht zum Schutz

gegen direkte Beregnung und Sonneneinwirkung) bei natürlich wechselndem Klima durchgeführt.

Die Prüfkörper entsprachen mit ihren Abmessungen den **Bildern 1 und 2**, wobei die Dübelabstände entsprechend den Festlegungen der DIN 1052, Teil 2, Tabelle 9 für Stabdübel aus Stahl gewählt wurden.

Im **Bild 4** ist die Versuchsvorrichtung schematisch dargestellt.



**Bild 4:** Schema der Versuchsvorrichtung

In jede Vorrichtung wurden sechs Druckscherkörper und vier Zugscherkörper eingebaut. Die Belastung erfolgte durch Stahlgewichte, wobei alle Versuchskörper mit etwa 45 % der Bruchlasten aus den Kurzzeitversuchen belastet wurden. In regelmäßigen Abständen wurden bei allen Versuchskörpern die Verschiebungen des Mittelholzes gegenüber dem Seitenholz gemessen.

Schon nach wenigen Wochen ergaben sich Brüche der Stabdübel, nach längerer Zeit waren nur noch Prüfkörper aus Brettschichtholz im konstanten Klima intakt. Zur Erklärung der völlig überraschend eingetretenen Brüche können im wesentlichen zwei Ursachen aufgeführt werden. Zum einen hatte eine sehr hohe Holzfeuchte bei den Versuchen mit Vollholz eine geringe Lochleibungsfestigkeit zur Folge. Damit vergrößerte sich die Biegebeanspruchung der Stabdübel aufgrund der ungleichmäßigen Spannungsverteilung im Bereich der Lasteinleitung. Gleichzeitig trat Holzschwindung auf, so daß sich zwischen den Hölzern Fugen einstellten, durch die die Biegebeanspruchung der Stabdübel zusätzlich erhöht wurde.

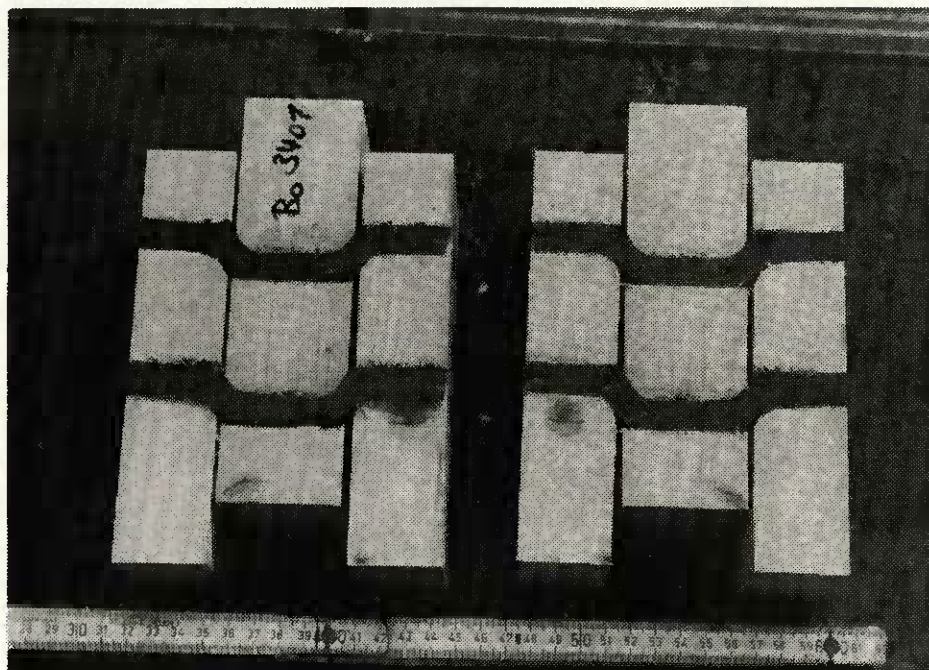


Da aber auch Brüche beim trockenen Brettschichtholz auftraten, ist das Kunstharzpreßholz offenbar nicht für dauerhafte Stabdübelverbindungen geeignet. Selbst kleine Verschiebungen zwischen den Hölzern und die daraus resultierenden Biegebeanspruchungen der Stabdübel führen unter Langzeitbelastung zum Versagen der Stabdübel, weil das Material zu spröde ist und auf Dauer keine größeren Verformungen verträgt.

#### 2.4 Ergänzende Versuche mit Stabdübeln aus Eiche, Buche und Bongossi

Nachdem die Langzeitversuche gezeigt hatten, daß Stabdübel aus Kunstharzpreßholz infolge zu großer Beanspruchung auf Biegung versagten, wurden für einige Tastversuche holzhaltige Materialien gesucht, die für die Verwendung als Stabdübel besser geeignet sein könnten. Im wesentlichen kam es darauf an, Materialien zu finden, bei denen der Zusammenhang zwischen Biegespannung und Verformung dem des Stahls ähnelt, die aus Holz oder Holzwerkstoffen bestehen und deren maßgebende Werkstoffeigenschaften wenig schwanken.

Es wurden Stabdübel mit einem Durchmesser von 12 mm aus Buche, Bongossi und Eiche ausgewählt, da erwartet wurde, daß sie die o.g. Eigenschaften erfüllen, und da zumindest Eiche eine lange Tradition als stiftförmiges Verbindungsmittel im Holzbau hat. Man kann sich aber für die Zukunft auch neue Preßholzarten vorstellen, die ein duktileres Werkstoffverhalten bei hoher Festigkeit aufweisen.



**Bild 5:** Aufgeschnittener Probekörper mit Stabdübeln aus Bongossi

Zur Herstellung der Versuchskörper wurde Brettschichtholz verwendet.

Es wurden Druckscherversuche für die Schlankheiten von 2,0 und 4,0 gewählt, um wie bei den Versuchen mit Stabdübeln aus KPH verschiedene Versagensmechanismen der Stabdübel zu erhalten. Je Holzart und Schlankheit wurden zwei Prüfkörper hergestellt. Die Stabdübelabstände wurden entsprechend den Forderungen der DIN 1052, Teil 2 festgelegt, die Dübel jedoch unversetzt angeordnet. Die Durchführung und Auswertung der Versuche erfolgte in gleicher Weise wie bei der Optimierung der Anschlußdichte.

Von den untersuchten Holzarten zeigten sich insbesondere Stabdübel aus Bongossi als sehr vorteilhaft, da sie sich ähnlich dem Stahl verformten und erst bei sehr großen Verschiebungen der Seitenhölzer zu den Mittelhölzern ein Bruch im Dübel eintrat. Das **Bild 5** zeigt einen aufgeschnittenen Prüfkörper mit Stabdübeln aus Bongossi nach dem Versuch.

### 3 Ergebnis

Zusammenfassend ist festzustellen, daß Verbindungsmittel aus Kunstharzpreßholz mit den Materialeigenschaften der hier geprüften Stabdübel im Ingenieurholzbau für tragende Zwecke ungeeignet sind. Dies liegt am spröden Verhalten des KPH. Wenn es gelingt, die Verformbarkeit der Dübel zu vergrößern (bei gleicher Festigkeit wie bei dem hier verwendeten Material), dann wären Stabdübel aus KPH auch im Langzeitversuch den Belastungen gewachsen und könnten für Sonderbauten einen guten Ersatz für Stabdübel aus Stahl darstellen.

Ein allgemeines Bemessungsverfahren für Anschlüsse mittels metallfreier Verbindungsmittel kann aufgrund der (zum Teil unerwarteten) Ergebnisse des Forschungsprojektes noch nicht vorgelegt werden, jedoch lassen weitere Untersuchungen mit ähnlichen Werkstoffen duktileren Verhaltens eine günstige Entwicklung erwarten.