

Querbewehrung von Kantenholzplatten mit Holzstäben. Zwangsbeanspruchung infolge Feuchtigkeit

Journal Article**Author(s):**

Popper, Rudolf; Gehri, Ernst; Eberle, Gerhild

Publication date:

1998

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-006104735>

Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

Originally published in:

Drevársky Výskum 43(1)

QUERBEWEHRUNG VON KANTENHOLZPLATTEN MIT HOLZSTÄBEN. ZWANGSBEANSPRUCHUNG INFOLGE FEUCHTIGKEIT

RUDOLF POPPER—ERNST GEHRI—GERHILD EBERLE

ETH Zürich, Departement Wald- und Holzforschung, Professur für Holztechnologie

ZUSAMMENFASSUNG

Platten aus luftgetrocknetem, unverleimtem Fichtenkantholz wurden vorgespannt und anschließend mit eingeleimten Buchenholzstäben bewehrt. Die Zwangsbeanspruchung der Platten zwischen Lufttrocknung und Wasserlagerung, ohne äußere Beanspruchung, wurde bestimmt. Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen ergab sich, unter Berücksichtigung der feuchtebedingten Zugfestigkeit des Buchenholzes, ein minimal zulässiges Bewehrungsmaß von $\geq 0,4\%$. Die Beziehung zwischen Spannung und Materialfeuchte scheint von der Art der Bindung zwischen Holz und Wasser abhängig zu sein. Der durch die Armierung verursachte mittlere Dimensionsstabilisierungseffekt der Platten betrug etwa 83 %. Aus technologischer Sicht (gute Bearbeitbarkeit) und hinsichtlich Ökologie (umweltgerechte Entsorgung) zeigt sich diese Platte als vielversprechend.

SCHLÜSSELWÖRTER: Kantenholzplatten, Bewehrung, Feuchtebeanspruchung, Dimensionsstabilität

1 EINLEITUNG

Holzplatten können auch ohne äußere Beanspruchung versagen, aufgrund der nicht aufnehmbaren, feuchtebedingten Spannungen. Die Bewehrung von Holzplatten soll einerseits die rheologie- (Kriechen, Relaxation) und die schwindungsbedingten Spannkraftverluste, andererseits die quellungsbedingten Zugkräfte behindern.

Die unverleimten Platten aus Fichtenkanthölzern, die mit Buchenholzstäben bewehrt wurden, sind für den Einbau als Boden- resp. Deckenplatten vorgesehen. Um das mehrmalige Nachspannen zu umgehen, wurden die Platten vorgespannt und die Armierungsstäbe anschließend verklebt. Die vorliegende Arbeit soll als ein Beitrag zur Klärung der Frage, ob und inwieweit die Beweh-

rung mit Buchenholz die Feuchteverformungskräfte der Platte auffangen kann, angesehen werden. Aus wirtschaftlichen Gründen wird eine Mindestbewehrung angestrebt. Aufgrund der erzielten Resultate soll versucht werden, den erforderlichen Bewehrungsgehalt für die differentiale Feuchteverformung zwischen Lufttrocknung und Wasserlagerung ohne äußere Biegebeanspruchung zu bestimmen.

2 MATERIAL

Die Feuchteverformungsversuche wurden an mit Holz armierten Platten aus unverleimten Fichtenkanthölzern (12 × 12 cm) durchgeführt. Die maximale Vorspannkraft betrug 0,5 N/mm². Für die Untersuchung wurden insgesamt 11 Plattenabschnitte mit unterschiedlichen Axialabmessungen (18, 22, 25, 37 und 42 cm) entnommen. Dabei wurde darauf geachtet, daß sich die Vorspannstange jeweils in der Mitte der Axialrichtung befand. Die Breite (12 cm) aller Plattenabschnitte blieb gleich. Die Abmessungen in der transversalen Richtung betragen 94 cm. Für das Armieren wurden Buchenholzstangen von 16 mm Durchmesser verwendet. ~~Die Armierungsstangen wurde mit ein in der Mitte der Axialrichtung befand. Die Breite (12 cm) aller Plattenabschnitte blieb gleich. Die Abmessungen in der transversalen Richtung betragen 94 cm. Für das Armieren wurden Buchenholzstangen von 16 mm Durchmesser verwendet.~~ Die Armierungsstange wurde mit einem Epoxyleim eingeleimt. Als Kontrollprobe diente ein Plattenabschnitt ohne Armierung. Das Bewehrungsmaß wurde wie folgt definiert:

$$\mu = 100 \cdot A_B / A_P \quad [\%],$$

wobei A_B ... Bewehrungsvolumen,

A_P ... Bruttovolumen der Platte (ohne Loch).

3 METHODE

3.1 Plattenbeanspruchung infolge Feuchtigkeit

Die durch die Feuchteverformung verursachte Längenänderung der Bewehrung wurde mit Hilfe eines Kathetometers (Spindler & Hoyer KG, Göttingen, Deutschland) ermittelt und die daraus resultierende Spannung berechnet. Das Gerät erlaubt eine maximale Messgenauigkeit von $\pm 0,02$ mm/m.

Die Genauigkeit der Längenänderungsmessung ist weitgehend von der Plazierung der Platte im Raum, sowie vor allem durch die unterschiedliche Krümmung der Platte infolge der Feuchteverformungsanisotropie des Kantholzes gegeben. Um die Anordnung der Platte gegenüber dem Messmikroskop

konstant zu halten, wurde diese jeweils vor der Messung mit Hilfe einer Wasserwaage in möglichst senkrechte Lage gebracht, der Krümmungsradius bestimmt und die Messung rechnerisch korrigiert. Die Krümmungsradien der Platten differierten erheblich voneinander, je nachdem wie die Kanthölzer in der einzelnen Platten zueinander angeordnet waren. Zieht man in Betracht, daß die tangentielle Quellung des Holzes zweimal so groß ist wie diejenige in der Radialrichtung, so wird die Ursache für die Krümmung der Platten bei Wasserlagerung verständlich. Um diese Krümmung zu minimieren, müßte man eine Vorsortierung der Kanthölzer vor dem Zusammenbau der Platten vornehmen.

3.2 Wasserlagerung

Die Versuchsplatten wurden in mit Wasser gefüllten Polyesterwannen so gelagert, daß jeweils ein kleiner Teil der Platte aus dem Wasser herausragte, damit die im Holz eingeschlossene Luft entweichen konnte. Um zu verhindern, daß die Platten aufschwammen, wurden diese mit Bleigewichten beschwert.

Von Zeit zu Zeit wurden die Platten aus den Wannen herausgenommen, nach dem Abtropfen des freien Wassers gewogen und anschließend die Längenänderung der Bewehrungsstange gemessen. Dieser Vorgang wurde vorgenommen, um auf den Wassergehalt der Versuchsplatten zu schließen und somit die Abhängigkeit der Bewehrung von der Holzfeuchtigkeit zu ermitteln. Die Gesamtversuchsdauer betrug 75 Tage.

3.3 Wassergehaltsbestimmung

Die Holzfeuchtigkeit der luftgetrockneten Proben wurde analytisch als das prozentuale Verhältnis zwischen dem in der Versuchsprobe enthaltenen Wasser und der Masse der darrgetrockneten (wasserfreien) Probe bestimmt (DIN 52 183—77).

4 VERSUCHSERGEBNISSE UND DISKUSSION

Für die Berechnung der, der Längenänderung entsprechenden Spannung wurde der Zug-*E*-Modul des Buchenholzes parallel zur Faserrichtung nach DIN 68 364/1979 angewendet (14 kN/mm^2) und auf die jeweilige Holzfeuchtigkeit nach KUFNER (1978) korrigiert. Die mit der bereits oben beschriebenen gravimetrischen Methode bestimmte mittlere Holzfeuchtigkeit der luftgetrockneten Platten (Anfangsholzfeuchtigkeit) betrug 12 %. Die Holzfeuchtigkeiten wurden durch Wägung der Platten während der Wasserlagerung (nach deren Herausnahme und nach dem Abtropfen des freien Wassers) ermittelt und rechnerisch auf die Anfangsholzfeuchtigkeit bezogen.

Aus der Regressionskurve in *Bild 2* geht hervor, dass die Spannung der Buchenholzstange bei der bis zum Fasersättigungspunkt angefeuchteten Platte mit abnehmendem Bewehrungsmaß mit 95 %-iger Wahrscheinlichkeit exponentiell ansteigt (Bestimmtheitsmaß 70 %). Beim niedrigsten, im Versuch verwendeten Bewehrungsmaß betrug die maximale Spannung etwa 65 N/mm² (siehe die dick ausgezogene Linie). Die dünneren Linien markieren die obere und die untere Variationsgrenze. Zieht man die obere Variationsgrenze für das gleiche Bewehrungsmaß in Betracht und berücksichtigt man die im *Bild 3* gezeigte feuchteabhängige Zugfestigkeit des Buchenholzes (berechnet nach KUFNER 1978 mit Einbezug von DIN 68 364—1979), so ergibt sich für die fasergesättigte Platte ein minimal zulässiges Bewehrungsmaß von $\geq 0,4$ %.

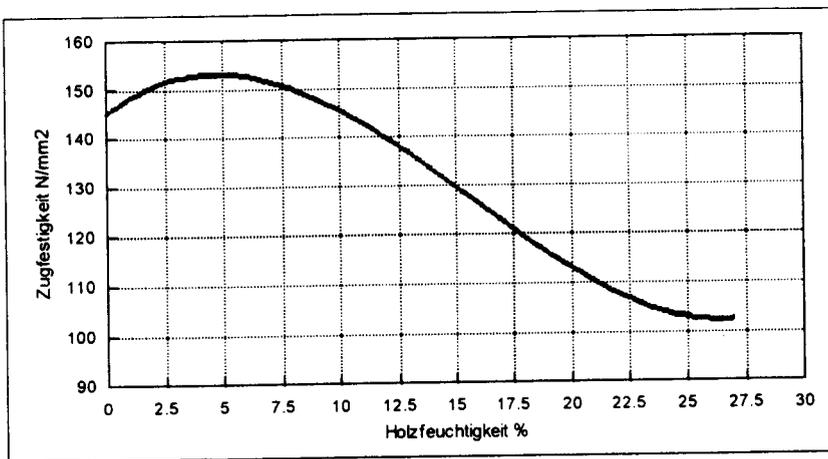


Bild 3. Änderung der Zugfestigkeit des Buchenholzes als Funktion der Holzfeuchtigkeit, bezogen auf die Ausgleichsfeuchtigkeit im Normalklima

Um die differentielle Feuchteverformung einer nichtarmierten Kantholzplatte in transversaler Richtung zu ermitteln, wurde ein ca. 30 cm breiter Plattenabschnitt (Kontrollprobe) einer Quellung zwischen Lufttrocknung und Wasserlagerung unterzogen. Dabei wurde gleich vorgegangen, wie bei der Längsänderungsmessung der armierten Platten. *Bild 4* zeigt den zeitlichen Verlauf der transversalen Feuchteverformung (siehe ausgezogene Linie) und der Holzfeuchtigkeit zwischen Wasserlagerung und Lufttrocknung.

Die lufttrockene Kontrollplatte wurde bis zu drei Wochen gewässert und anschließend im Normalklima (DIN 50 014 20/65-1) getrocknet. In etwa 70 Tagen nach der Wasserung wurde die Gleichgewichtsfeuchte der Platte praktisch erreicht. Die maximale transversale Quellung der nichtarmierten Platte zwischen Lufttrocknung und Wasserlagerung betrug 2,6 %.

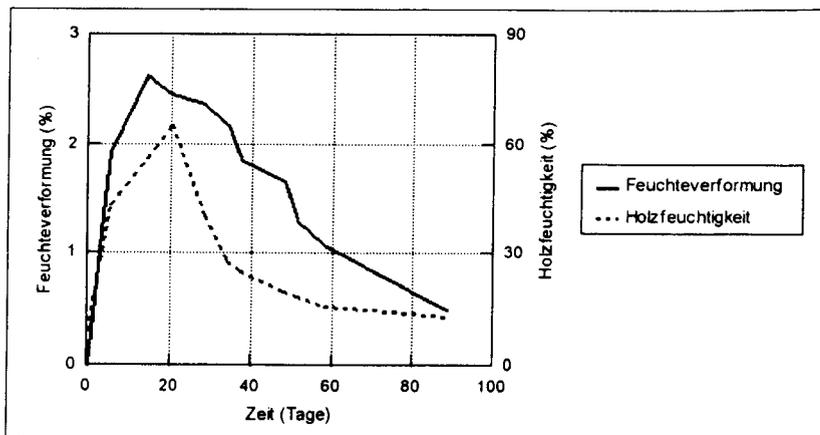


Bild 4. Der zeitliche Verlauf der transversalen Feuchteverformung und der Materialfeuchtigkeit der nichtarmierten Kantholzplatte zwischen Lufttrocknung und Wasserlagerung

Bei der Annahme, daß die transversale Dehnung der armierten Platten diejenige der jeweiligen Buchenholzstange nicht überschreitet, ergibt sich für die, mit Buchenholz armierten Platten eine mittlere transversale Quellung zwischen Lufttrocknung und Wasserlagerung von $0,45 \pm 0,14$ %, was einem Dimensionsstabilisierungseffekt von 83 ± 5 % entspricht.

5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Aufgrund der vorgenommenen Untersuchungen kann man folgende Schlüsse ziehen:

- Die maximal aufgenommene Spannung nimmt mit abnehmendem Bewehrungsmaß exponential zu.
- Das Bewehrungsmaß von $\geq 0,4$ % erwies sich für den Feuchtigkeitsbereich zwischen Lufttrocknung und Wasserlagerung, mit Berücksichtigung der feuchteabhängigen Zugfestigkeit des Buchenholzes, als minimal zulässig.
- Die Beziehung zwischen Spannung und Materialfeuchte scheint von der Art der Bindung zwischen Holz und Wasser abhängig zu sein.
- Bei der Annahme, Daß die axiale Verformung der Armierungsstange der transversalen Feuchteverformung der Kantholzplatte gleich ist, ergibt sich für den Bereich zwischen Lufttrocknung und Wasserlagerung ein Dimensionsstabilisierungseffekt von etwa 83 %.
- Aus technologischer Sicht (gute Bearbeitbarkeit) als auch in Hinsicht auf die Ökologie (einfache Entsorgung) zeigt sich die Bewehrung mit Holz als vielversprechend.

6 LITERATUR

1. KUFNER, M., 1978: Elastizitätsmodul und Zugfestigkeit verschiedener Rohdichte in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt. Holz als Roh- und Werkstoff 36: 435—439.
2. NORMENAUSSCHUß HOLZ. Juli 1985. DIN 50014: Klimate und ihre technische Anwendung. Normklimate.
3. NORMENAUSSCHUß HOLZ. November 1977. DIN 52 183: Prüfung von Holz. Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes.
4. NORMENAUSSCHUß HOLZ. November 1979. DIN 68 364: Kennwerte von Holzarten. Festigkeit, Elastizität, Resistenz.

PRIEČNE VYSTUŽENIE DOSIEK Z OMIETANÉHO REZIVA. VLHKOSTNÉ NAMÁHANIE

R. POPPER—E. GEHRI—G. EBERLE

Dosky zo vzduchosuchého, nezlepeného smrekového omietaného reziva boli predpäté a následne vystužené vlepenými bukovými tyčami. Zisťovalo sa vlhkostné namáhanie dosiek medzi fázami prirodzeného sušenia a skladovania vo vode bez vonkajšieho namáhania. Na základe vykonaných skúšok a s ohľadom na vlhkosť podmienenú ťahovú pevnosť bukového dreva vyplynula minimálne prípustná miera vystuženia $\geq 0,4\%$. Vzťah medzi napätím a vlhkosťou materiálu je zrejme závislý od druhu väzby medzi drevom a vodou. Priemerný efekt stabilizácie rozmerov dosiek zapríčinený vystužením bol približne 83%. Z technologického hľadiska (dobrá spracovateľnosť) a z hľadiska ekológie (ekologická likvidácia) sa zdajú byť dosky sľubné.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: dosky z omietaného reziva, vystuženie, vlhkostné namáhanie, rozmerová stálosť

LATERAL REINFORCEMENT OF LUMBER PANELS WITH WOODEN BARS. COMPULSIVE STRAIN DUE TO MOISTURE CONTENT

R. POPPER—E. GEHRI—G. EBERLE

The air-dried unglued spruce lumber panels were prestressed and subsequent reinforced with glued beech wood bars. The restraint of unloaded panels due to the water absorption and to the reinforcing degree was determined. According to the performed investigations the minimum reinforcing degree of $\geq 0.4\%$ can be accepted in the range between air-dried and water saturated panel and in regard to the humidity related tensile strength of the beech wood. The relation between the restraint and the moisture content seems to be dependent on the water/wood bond type. The mean dimensional stability of the panels due to the reinforcement are about 83%. From the technological point of view (good machinability) and in regard to the ecological quality (environmentally compatible waste disposal) seems this wood-based material to be very promising.

KEY WORDS: Lumber panels, reinforcement, restraint due to humidity, dimensional stability

ПОПЕРЕЧНОЕ УПРОЧНЕНИЕ (АРМИРОВАНИЕ) ДОСОК
ИЗ ОБРЕЗНЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ.
ВЛАЖНОСТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Р. ПОППЕР—Е. ГЕРИ—Г. ЭБЕРЛЕ

Плиты из воздушносухих неклееных еловых обрезных пиломатериалов были подвергнуты предварительному напряжению, после чего упрочнены (армированы) вклеиваемыми буковыми стержнями. Проводились определения влажностного напряжения досок между фазами естественной сушки и складирования в воде без внешней нагрузки. Из проведенных испытаний и с учетом обусловленной влажностью прочности на растяжение буковой древесины вытекает минимально допустимая мера армирования $\geq 0,4\%$. Соотношение между напряжением и влажностью материала очевидно зависит от вида связей между древесиной и водой. Средний эффект стабилизации размеров досок, обусловленный армированием, составлял приблизительно 83%. С технологического (хорошая обрабатываемость) и экологического (экологическая ликвидация) аспектов такие доски кажутся многообещающими.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: доски из обрезных пиломатериалов, упрочнение (армирование), влажностное напряжение, размероустойчивость

Dipl. Ing. RUDOLF POPPER
Prof. ERNST GEHRI
GERHILD EBERLE
Eidgenössische Technische Hochschule
Professur für Holztechnologie
ETH-Hönggerberg
8093 ZÜRICH
Schweiz