

BRETTSCHICHTHOLZ NACH DIN 1052-1/A1 AUS MASCHINELL SORTIERTEN BRETTERN

F. Colling* und B. Radovic**

1 Einführung

Die gültige DIN 1052 Teil 1 bis 3, Ausgabe 1988, bezieht sich hinsichtlich der erforderlichen Qualität des Holzes derzeit noch auf die alte DIN 4074, Ausgabe Dezember 1958, und berücksichtigt demnach nur visuell sortiertes Holz mit den Güteklassen GK I, GK II und GK III.

Die derzeit gültige DIN 4074, Ausgabe September 1989, ermöglicht neben der visuellen auch eine maschinelle Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit, was als ein wesentlicher Fortschritt hinsichtlich des Holzeinsatzes im Bauwesen zu betrachten ist.

Bei der maschinellen Sortierung des Holzes werden die festigkeitsrelevanten Merkmale ohne »Unsicherheitsfaktor Mensch« objektiv erfaßt. Dadurch wird die Sortierung des Holzes vor allem bei dem heutigen hohen Holzdurchsatz deutlich sicherer. Bei der maschinellen Holzsortierung können auch Sortierparameter wie Rohdichte und Elastizitätsmodul bestimmt werden, die nach [1] und [2] eine gute Korrelation zur Festigkeit aufweisen, visuell aber nicht erfaßt werden können. Dadurch ist eine Ausnutzung des Holzes mit hoher Festigkeit, d.h. Sortierung des Holzes in deutlich höhere Festigkeitsklassen, als dies bis jetzt der Fall war, möglich geworden.

Um maschinell sortiertes Holz zu tragenden Zwecken einsetzen zu können, mußte die DIN 1052 entsprechend ergänzt werden. Dies erfolgte durch die Erarbeitung der Änderung 1 zu DIN 1052 (zur Zeit noch Entwurf, mit der endgültigen Ausgabe bzw. baurechtlichen Einführung ist in Bälde zu rechnen), in welcher neben diesem Hauptgrund auch die Sicherung der Festigkeit von Keilzinkenverbindungen an Lamellen höherer Festigkeitsklassen geregelt wurde. Außerdem wurden im Rahmen der Anpassung der DIN 1052 an die neue DIN 4074 die »Güteklassen« in

»Sortierklassen« umbenannt. Für die Brettschichtholzklassen wurde ebenfalls eine neue Bezeichnung gewählt.

Im Rahmen der Anpassung der DIN 1052 an die neue DIN 4074 wird bei Vollholz zwischen den in **Tabelle 1** angegebenen Sortierklassen unterschieden.

Tabelle 1: Sortierklassen nach DIN 4074

visuell sortiertes Holz			maschinell sortiertes Holz			
S 7 (früher GK III)	S 10 (früher GK II)	S 13 (früher GK I)	MS 7	MS 10	MS 13	MS 17

Bei Brettschichtholz stehen künftig die in **Tabelle 2** angegebenen Klassen zur Verfügung (vgl. auch Abschnitt 5.1).

Tabelle 2: Brettschichtholzklassen nach DIN 1052-1/A1

	BS 11	BS 14	BS 16	BS 18
Zugehörige Sortierklasse der Bretter	S 10/ MS 10	S 13	MS 13	MS 17

Dabei darf die maximale Dicke der Lamellen bei Brettschichtholz, das keinen extremen klimatischen Wechselbeanspruchungen ausgesetzt ist, 42 mm (bis jetzt 40 mm) betragen.

Für die Herstellung von Brettschichtholz darf künftig auch Yellow Cedar verwendet werden. Diese Holzart ist sehr resistent und bietet sich für die Verwendung im Außenbereich an.

Im Rahmen dieser Veröffentlichung sollen die Hintergründe und Auswirkungen der in DIN 1052-1/A1 enthaltenen Änderungen im Zusammenhang mit der Brettschichtholzbauweise erläutert werden.

2 Maschinelle Sortierverfahren

Die nachfolgend aufgeführten Verfahren zur maschinellen Sortierung des Holzes nach der Tragfähigkeit sind entweder im Einsatz oder werden zur Zeit erforscht.

2.1 Biegeverfahren

Bei diesem Verfahren wird mit Hilfe einer Biegeprüfvorrichtung kontinuierlich über die Länge der Biege-E-Modul bestimmt, indem bei vorgegebenen Querschnittsabmessungen entweder die unter einer definierten Kraft F auftretende Durchbiegung δ oder die zur Erzielung einer bestimmten Durchbiegung erforderliche Kraft F gemessen wird. Auf Grund der relativ guten Korrelation zwischen dem Biege-E-Modul und der Biegefestigkeit kann dann die Festigkeit des Holzes abgeschätzt werden.



Bild 1: Systemskizze des Biegeverfahrens

2.2 Durchstrahlungsverfahren

Hier handelt es sich um ein Verfahren, mit dem die Dichte des Holzes und damit auch seine Ästigkeit im Durchstrahlungsverfahren mit Röntgenstrahlen erfaßt werden kann.

Das zu prüfende Holz wird im Bereich der Röntgeneinrichtung berührungslos zwischen einer Röntgenröhre (Strahlenquelle) und einem Detektor, der wie eine Zeilenkamera arbeitet, durchgeführt.

Ein Teil der weichen Gamma-Strahlen wird vom Holz absorbiert, und zwar umso mehr, je höher die Rohdichte des Holzes ist. Der restliche Teil der Strahlen gelangt zum Detektor, wo in Abhängigkeit von der Strahlenintensität mit Hilfe der Bildanalyse der Röntgenbilder die Rohdichte festgestellt wird.

* Prof. Dr.-Ing. François Colling ist an der Fachhochschule Augsburg für das Lehrgebiet Holzbau und Baustatik verantwortlich

** Baudirektor Dipl.-Ing. Borimir Radovic ist Leiter des Referates 14 – Holz der FMPA Baden-Württemberg (Otto Graf Institut) in Stuttgart

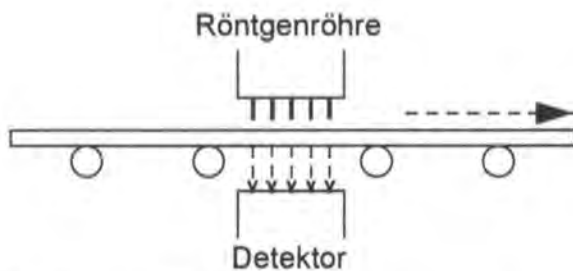


Bild 2: Systemskizze des Durchstrahlungsverfahrens

Im Bereich der Äste ist die Rohdichte rd. 2- bis 2,5-fach größer als die des astfreien Holzes, so daß die Gamma-Strahlung durch die Äste signifikant mehr als durch das astfreie Holz geschwächt wird. Dadurch wird bei anschließender Grauwert-Bildverarbeitung eine Größen- und Lagebestimmung der Äste ermöglicht.

2.3 Ultraschallverfahren

Bei diesem Verfahren wird der mittlere dynamische E-Modul über die Geschwindigkeit parallel zu den Holzfasern ermittelt. Dabei wird die Laufzeit einer Schallwelle in Längsrichtung des zu beurteilenden Bauholzes gemessen.

Da bei diesem Verfahren nur der mittlere E-Modul bestimmt wird, werden die örtlichen Schwachstellen wie z. B. Äste nicht ausreichend erfaßt. Diese Stellen müssen zusätzlich entweder visuell oder nach einem anderen Verfahren (z.B. Verwendung eines Scanners) bestimmt werden.

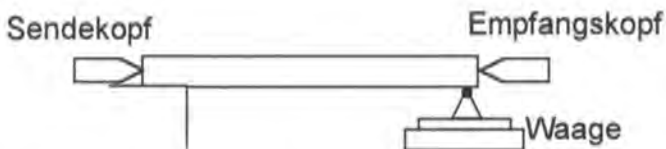


Bild 3: Systemskizze des Ultraschallverfahrens

3 Auswirkungen auf die Tragfähigkeit von Brettschichtholz

Brettschichtholz wird vorwiegend in biegebeanspruchten Konstruktionen eingesetzt, so daß nachfolgend das Hauptaugenmerk auf die Faktoren gerichtet wird, welche die Biegefestigkeit von Brettschichtholzträgern beeinflussen. Die gemachten Aussagen gelten jedoch qualitativ auch für Brettschichtholz unter Zugbeanspruchung.

3.1 Festigkeitsbestimmende Einflußfaktoren

Einen Überblick über die im In- und Ausland durchgeführten Untersuchungen und die dabei gewonnenen Erkenntnisse geben [3], [4] und [6]. Die wichtigsten Erkenntnisse sind nachfolgend zusammengefaßt.

Zahlreiche Untersuchungen haben bestätigt, daß die Tragfähigkeit von Brettschichtholz von zwei Einflußfaktoren bestimmt wird:

- der Holzqualität (-festigkeit), und
- der Keilzinkenqualität (-festigkeit).

3.1.1 Faktor Holzqualität

Die Holzqualität, sprich Festigkeit, wird nach [8] im wesentlichen von

Das Ultraschallverfahren bietet sich besonders bei den Hölzern mit großen Holzquerschnitten (Kantholz) an, bei welchen das Biegeverfahren an Schwierigkeiten stößt.

2.4 Längsschwingungsverfahren

Diese Methode basiert auf der Bestimmung des dynamischen E-Moduls aus Schwingungszeit, Rohdichte und Länge eines durch einen einmaligen Stoß auf das Holzende in Längsschwingungen versetzten Holzes.

Für die Berechnung des E-Moduls aus der Eigenfrequenz einer Längsschwingung wird lediglich die Länge des Körpers und seine Rohdichte benötigt.

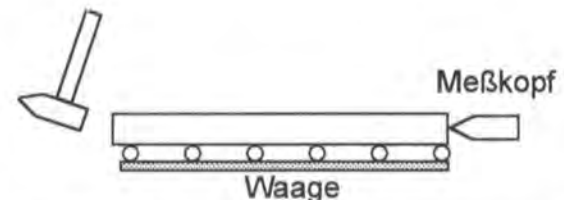


Bild 4: Systemskizze des Längsschwingungsverfahrens

Da auch bei dieser Methode nur der mittlere E-Modul erfaßt wird, müssen die örtlichen Schwachstellen ähnlich wie beim Ultraschallverfahren entweder visuell oder nach einem optischen Verfahren bestimmt werden.

Auch dieses Verfahren kann vorteilhaft bei Hölzern mit großen Holzquerschnitten eingesetzt werden.

- der Ästigkeit,
- der Rohdichte und in besonderem Maße
- vom Elastizitätsmodul

des Holzes bestimmt. Andere Faktoren treten demgegenüber in den Hintergrund, und dies nicht nur, weil ihr Einfluß geringer ist, sondern auch weil diese Faktoren im Zuge einer Holzsortierung nur sehr schwer zu bestimmen sind.

3.1.2 Faktor Keilzinkenqualität

Die Festigkeit von Keilzinkenverbindungen wird nach [5] und [9] im wesentlichen bestimmt von

- der Rohdichte und
- dem Elastizitätsmodul der Bretter,
- dem Keilzinkenprofil, sowie
- von produktionsabhängigen Faktoren.

3.1.3 Ausgewogenheit der Einflußfaktoren

Systematische Simulationsrechnungen mit einem Rechenmodell auf der Basis der Methode der Finiten Elemente (vgl. [3]) zeigten, daß Brettschichtholz sehr stark von der »Ausgewogenheit« der Faktoren Holzqualität und Keilzinkenqualität abhängig ist: So macht es wenig Sinn, z.B. durch eine Auswahl von astfreien

Brettern die Holzfestigkeit drastisch zu erhöhen, wenn man gleichzeitig schlechte Keilzinkenverbindungen produziert.

Diese Erkenntnis hat dazu geführt, daß in DIN 1052-1/A1 nicht nur Mindestanforderungen hinsichtlich der Sortierklasse der Lamellen gestellt werden, sondern auch an die Festigkeit der Keilzinkenverbindungen (vgl. Abschnitt 4.2).

3.1.4 Decklamellen im Zugbereich

Bereits sehr früh wurde erkannt, daß der innere Bereich eines Brettschichtholzträgers für die Tragfähigkeit dieses Trägers ohne große Bedeutung ist. Dies wurde durch zahlreiche Untersuchungen bestätigt.

Weiterhin zeigten Versuche, daß der Druckzone eines Brettschichtholzträgers eine geringere Bedeutung zukommt als der Zugzone: Die Lamellen in der Druckzone dürfen eine geringere Qualität (Festigkeit) aufweisen als die Lamellen in der Zugzone, ohne daß dabei die Tragfähigkeit der Brettschichtholzträger beeinträchtigt wird.

3.2 Forschungsergebnisse

Wie aus Bild 5 ersichtlich ist, bilden die Rohdichte und der Elastizitätsmodul der Bretter einen gemeinsamen Ansatzpunkt zur »Steuerung« der beiden Einflußfaktoren Holzfestigkeit und Keilzinkenfestigkeit. Diese können jedoch auf visuellem Wege nicht bestimmt werden, so daß hierzu spezielle Geräte/Maschinen erforderlich sind (siehe oben).

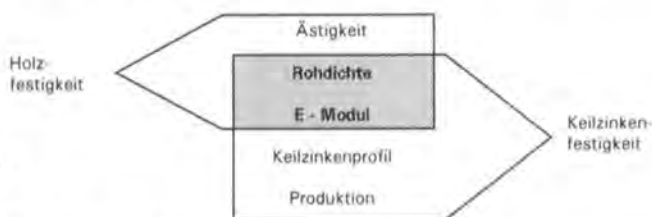


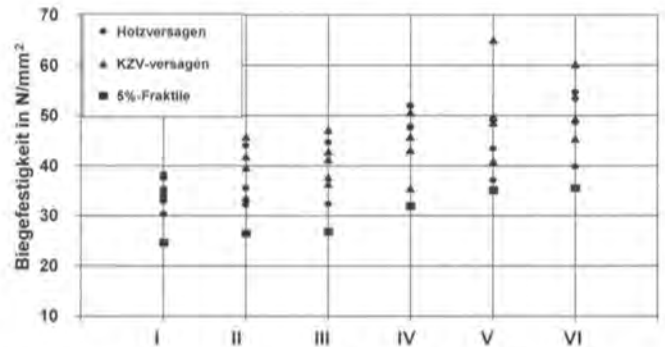
Bild 5: Wesentliche Einflussfaktoren

Mit dem Ziel, das Potential einer maschinellen Holzsortierung abzuschätzen, wurden am Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen der Universität Karlsruhe systematische Untersuchungen durchgeführt. Diese sind in [3], [4], [5] und [7] ausführlich beschrieben, so daß hier nur auf die wesentlichen Ergebnisse eingegangen werden soll.

3.2.1 Versuche mit Brettschichtholzträgern

Insgesamt wurden sechs Versuchsreihen mit je sieben Trägern durchgeführt, wobei an die Bretter unterschiedliche Anforderungen bzgl. ihrer Holzeigenschaften gestellt wurden. Diese Anforderungen wurden dabei aus rein wissenschaftlichen Gesichtspunkten festgelegt und sind nicht mit etwaigen Anforderungen an MS 13- oder MS 17-Lamellen gleichzustellen.

Die Ergebnisse der Versuchsreihen sind mit den zugehörigen Anforderungen in Bild 6 dargestellt. Aus diesen Versuchen lassen sich u.a. folgende Schlußfolgerungen ziehen:



KAR	≥ 0,35	≥ 0,2	< 0,2	–	–	< 0,2
ρ [kg/m³]	–	–	–	≥ 500	–	–
E [N/mm²]	–	–	–	–	≥ 15000	≥ 15000
	visuell sortiert			maschinell sortiert		

Bild 6: Ergebnisse von Biegeversuchen mit Brettschichtholzträgern

- Die Verschärfung der visuellen Sortierung bewirkt nur bedingt eine Erhöhung der Tragfähigkeit (Reihe I → Reihe III). Durch die einseitige Verbesserung des Faktors *Holzqualität* orientiert sich das Endprodukt Brettschichtholz zunehmend am anderen Faktor, was sich auch in dem häufigeren Auftreten eines Keilzinkenversagens widerspiegelt. Die visuelle Holzsortierung stößt somit auf ihre Grenzen und scheidet als alleinige Maßnahme zur Tragfähigkeitserhöhung von Brettschichtholzträgern aus.
- Die Verwendung von Brettern mit hoher Rohdichte und hohem E-Modul bewirkt einen sprunghaften Anstieg der Festigkeitswerte (Reihe IV bis VI). Dies kann damit erklärt werden, daß die Rohdichte und der E-Modul sowohl die Holzfestigkeit als auch die Keilzinkenfestigkeit beeinflussen, was sich günstig auf die Ausgewogenheit dieser beiden Faktoren auswirkt.
- Vergleicht man die charakteristischen Festigkeitswerte von Brettschichtholz mit visuell sortierten Brettern mit solchen aus maschinell sortierten Brettern, so ist zu erkennen, daß mit einer maschinellen Holzsortierung durchaus ein Steigerungspotential von 30 % und mehr vorhanden ist.

3.2.2 Versuche mit Keilzinkenverbindungen

Mit Keilzinkenverbindungen wurden 3 Versuchsreihen mit insgesamt 360 Zug- und Biegeversuchen (2 Keilzinkenprofile aus je 2 Firmen, jeweils 30 Proben) durchgeführt, wobei an die Holzeigenschaften der miteinander verbundenen Bretter erneut bestimmte Anforderungen gestellt wurden.

Die Ergebnisse der Biegeversuche sind in Bild 7 dargestellt. Aus diesen Versuchen lassen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen:

- Reihe A und B besitzen in etwa gleiche mittlere Festigkeiten. Dies war auch nicht anders zu erwarten, da das Brettmaterial in beiden Fällen vergleichbare mittlere Eigenschaften aufwies.
- Die 5 %-Fraktile der Reihe B ist jedoch im Vergleich zur Reihe A deutlich höher, was mit der geringeren Streubreite des E-Moduls erklärt werden kann.
- Bei Reihe C liegen sowohl die Mittelwerte als auch die 5 %-Fraktile deutlich über denen der Reihen A und B, was mit dem hohen E-Modul der Bretter erklärt werden kann.
- Die durch die maschinelle Holzsortierung erreichte Festigkeitssteigerung kann somit im Bereich der charakteristischen Biegefestigkeit (5 %-Fraktile) durchaus 40 % betragen (vgl. Reihe C mit Reihe A).

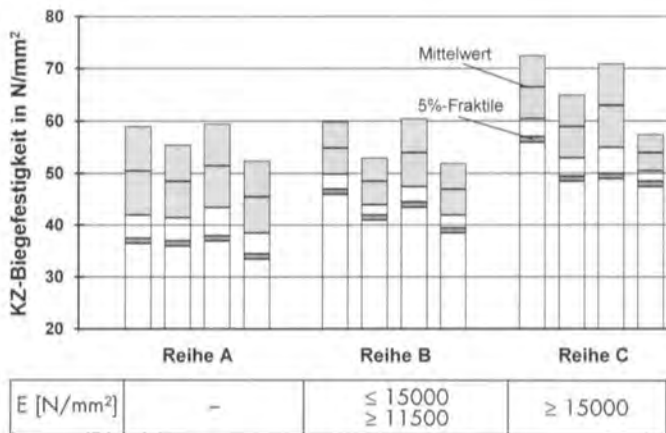


Bild 7: Ergebnisse von Biegeversuchen mit Keilzinkenverbindungen

4 Anforderungen an Brettschichtholz mit maschinell sortierten Brettern

4.1 Prüfung und Registrierung von Sortiermaschinen

4.1.1 Registrierverfahren

Nach DIN 4074 T3 muß jede in Deutschland eingesetzte Sortiermaschine registriert sein. Das hierzu erforderliche Verfahren der Prüfung und Registrierung von Sortiermaschinen ist nachfolgend kurz beschrieben.

Der Antrag auf Registrierung einer Sortiermaschine muß vom Hersteller bei der Deutschen Gesellschaft für Warenkennzeichnung (künftig DIN-CERTCO) gestellt werden. Der Antrag wird von dort an den in der Norm festgelegten Beratungsausschuß weitergeleitet. Parallel dazu wird dem Beratungsausschuß ein Arbeitsplan einer für die Prüfung von Sortiermaschinen anerkannten Prüfstelle vorgelegt. In dem Arbeitsplan müssen alle vom Hersteller gewünschten Daten wie z.B. Holzart, Holzmaße, Holzoberfläche, Holzfeuchte, Holztemperatur, Anzahl der Sortierklassen, Umgebungsbedingungen berücksichtigt werden. Die Anzahl der Proben muß ausreichend sein, um über alle möglichen Einflußfaktoren eine klare Aussage treffen zu können.

Nach abgeschlossener Prüfung wird von der Prüfstelle ein Prüfzeugnis erstellt und Vorschläge zur Festlegung der Sortiergrenzwerte gemacht. Dabei ist Beweis zu führen, daß die Meßfolge der Sortiermaschine geeignet ist, den »schwächsten Querschnitt« unabhängig von seiner Lage im Holz zuverlässig zu erkennen. Anschließend entscheidet der Beratungsausschuß über die Anerkennung der Sortiermaschine. Bei einer positiven Entscheidung erteilt die DIN-CERTCO dem Antragsteller die Genehmigung zum Führen des DIN-Prüf- und Überwachungszeichens in Verbindung mit einer Registriernummer.

4.1.2 Derzeitiger Stand der Registrierungen

Eurogrecomat

Diese Maschine zur Sortierung von Fichten-Brettlamellen ist in Deutschland schon registriert und erfaßt die Sortiermerkmale Ästigkeit, Rohdichte und E-Modul. Dabei wird die Ästigkeit und Rohdichte mit Hilfe des Durchstrahlungsverfahrens ermittelt, während der E-Modul aus einer Biegeverformung bei einer Stützweite von 70 cm berechnet wird. Zur Erreichung hoher Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit auch bei hohen Durchlaufgeschwindigkeiten werden unmittelbar vor dem Aufbringen

3.3 Schlußfolgerungen

Die beschriebenen Untersuchungen zeigen eindeutig, daß eine maschinelle Holzsortierung auf der Basis der Rohdichte und/oder des Elastizitätsmoduls beide Einflußparameter *Holzqualität* und *Keilzinkenverbindung* »steuern« kann. Insbesondere im Hinblick auf die Herstellung qualitativ hochwertigen Brettschichtholzes ist dies eine unabdingbare Voraussetzung, die mit einer rein visuellen Sortierung nicht zu erfüllen ist.

der Kraft die Vorkrümmungen des Brettes gemessen und damit die Führungsrollen, die Kraft- und Durchbiegungsmessung angepaßt. Dadurch genügt ein Durchlauf des Brettes, wobei Geschwindigkeiten bis 120 m/min erreicht werden, praktisch ohne Einfluß auf das Sortierergebnis. Die bei der Durchbiegung des Brettes über 70 cm nicht prüfbar Anfangs- und Endstücke werden über Ästigkeit und Rohdichte im Vergleich mit den Eigenschaften im geprüften Bereich beurteilt und klassifiziert.

Zur Zeit ist die Anwendung auf Brettdicken von 18 bis 55 mm beschränkt, wobei eine Erweiterung bis 80 mm bei gleichzeitiger Vergrößerung der Stützweite auf 100 cm vorgesehen ist (Breiten von 80 – 280 mm). In Deutschland ist diese Maschine bei zwei Herstellern von Brettschichtholzbauteilen im praktischen Einsatz.



Bild 8: Eurogrecomat

(ARGE Holz)

Dimter-Gerät

Dieses Gerät beruht auf der Erfassung der Sortierparameter Ästigkeit, Rohdichte und mittlerer dynamischer E-Modul. Hier wird die Ästigkeit durch Scannen der vier Seiten erfaßt und entsprechend ausgewertet. Die Rohdichteermittlung erfolgt über Wägung, indem das Holz auf Kraftmeßdosens aufgelegt wird, und Erfassung der Holzabmessungen durch Scanner.

Die E-Modul-Bestimmung wird nach dem Längsschwingungsverfahren durchgeführt. Durch einen einmaligen Stoß auf das Brett- bzw. Balkenende wird eine Längsschwingung erzeugt. Mit einem speziellen Gerät (GRINDO-SONIC) wird die Schwingungszeit ermittelt und über die Länge und Rohdichte der mitt-

lere E-Modul berechnet. Da bei der Ermittlung des E-Moduls lediglich Länge und Rohdichte eingehen, können mit diesem Verfahren praktisch alle Querschnitte untersucht werden.

Die Ermittlung der Rohdichte und der Ästigkeit wird durch die Abmessungen ebenfalls nicht beeinträchtigt, so daß hier ein Verfahren vorliegen wird, das bezüglich der Holzabmessungen keinen Einschränkungen unterworfen sein wird, sobald ein entsprechender Nachweis vorliegt.

Die erforderlichen Prüfungen hinsichtlich einer Registrierung laufen zur Zeit.

4.2 Überwachung der Herstellung von Keilzinkenverbindungen für Brettschichtholz-Lamellen

Die Festigkeit eines Brettschichtholzträgers hängt sehr stark von der Festigkeit der Keilzinkenverbindung der im Zugbereich befindlichen Lamellen ab. Die Festigkeit der Keilzinkenverbindungen selbst wird, wie in Abschnitt 3.2 (Bild 5) bereits beschrieben, von einer ganzen Reihe von Faktoren beeinflußt.

Während bei der Herstellung von Brettschichtholz der Festigkeitsklasse BS 11 (früher GK II) schon die einwandfreie Herstellung der Keilzinkenverbindungen in der Regel als ausreichend angesehen wird, müssen die Keilzinkenverbindungen der Lamellen von Brettschichtholz der Festigkeitsklassen BS 14, BS 16 und BS 18 bestimmte Mindestanforderungen erfüllen. Diese sind in der **Tabelle 3** angegeben.

Tabelle 3: Mindestwerte für die charakteristische Biegefestigkeit $f_{m,k}$ von Keilzinkenverbindungen

Sortierklasse der Lamellen	Mindestwert für $f_{m,k}$ ¹⁾ N/mm ²
S 13	35
MS 13	40
MS 17	45

¹⁾ $f_{m,k}$ 5 %-Fraktile der Biegefestigkeit

Um diese relativ hohen Festigkeiten laufend zu gewährleisten, wird in DIN 1052-1/A1 eine Überwachung der Herstellung von Keilzinkenverbindungen bei den Lamellen aus Brettern der Sortierklasse S 13, MS 13 und MS 17 vorgeschrieben, die aus einer Eigen- und einer Fremdüberwachung besteht.

5 Bemessung von Brettschichtholz nach DIN 1052-1/A1

5.1 Brettschichtholz-Klassen

In DIN 1052 T1 A1 sind insgesamt 4 Brettschichtholz-Klassen angegeben, wobei eine neue Bezeichnung eingeführt wurde (vgl. **Tabelle 4**). Die Bezeichnung BS steht dabei für Brettschichtholz und der angehängte Zahlenwert steht für die zugehörige zulässige Biegespannung σ_B . Die Klassen BS 11 und BS 14 entsprechen dabei den »alten« Güteklassen II und I. Träger dieser Klassen können wie bisher auch aus visuell sortierten Brettern hergestellt werden.

Bei der Eigenüberwachung müssen je Arbeitsschicht und Sortierklasse mindestens zwei Probekörper geprüft werden. Die Prüfung ist innerhalb von 72 Stunden nach der Herstellung bei einem Auflagerabstand von 15 x Lamellendicke (Gesamtlänge der Proben 17 x Lamellendicke) vorzunehmen, wobei die Belastung in den Drittelpunkten der Länge erfolgen soll. Die aufgebrauchte Last muß auf 1% genau gemessen werden, was die Verwendung von sehr präzisen Prüfeinrichtungen voraussetzt. Der Bruch soll innerhalb von (60 ± 15) s erfolgen.

Die Berechtigung zum Einsatz von Lamellen aus Brettern einer bestimmten Sortierklasse ist gegeben, wenn von 100 Proben in Folge nicht mehr als fünf Proben den erforderlichen charakteristischen Wert unterschreiten und keine der Proben den charakteristischen Wert um mehr als 10 % unterschreitet.

Die Fremdüberwachung muß durch eine hierfür vom Deutschen Institut für Bautechnik, Berlin, anerkannten Überwachungsstelle vorgenommen werden. Es sind mindestens zwei Überwachungen pro Jahr durchzuführen. Dabei sind die Eigenüberwachung zu begutachten und mindestens 20 Probekörper je Sortierklasse nach Zufallsgesichtspunkten zur Prüfung zu entnehmen. Die Prüfung ist unter gleichen Bedingungen wie bei der Eigenüberwachung in einer dafür anerkannten Prüfstelle vorzunehmen. Die Prüfung gilt als bestanden, wenn von 20 Proben nicht mehr als eine Probe den jeweiligen charakteristischen Wert unterschreitet und keine Probe den charakteristischen Wert um mehr als 10 % unterschreitet. Der Hersteller muß über die einwandfreie Produktion der Keilzinkenverbindungen ein Zertifikat einer dafür anerkannten Zertifizierungsstelle besitzen.

4.3 Kennzeichnung

Brettschichtholz muß mit der Brettschichtholzklasse, dem Herstellungsdatum und dem Zeichen des Herstellwerkes gekennzeichnet sein.

Bei der maschinell sortierten Klasse BS 11 sollte zusätzlich noch die Sortierklasse der Bretter (MS 10) angegeben werden, um den Unterschied zum Brettschichtholz der Klasse BS 11 aus visuell sortiertem Holz deutlich zu machen.

Bei geraden unsymmetrisch aufgebauten Trägern muß ein Hinweis hinsichtlich der korrekten Lage im eingebauten Zustand vorhanden sein (oben/unten).

Neu aufgenommen wurden die Klassen BS 16 und BS 18, die nur unter Verwendung maschinell sortierter Bretter hergestellt werden können.

5.2 Aufbau

Bei Biegeträgern muß – wie bisher auch – nicht der gesamte Querschnitt eines Brettschichtholzträgers aus den in Tabelle 4 angegebenen Lamellenklassen aufgebaut sein, sondern im inneren, weniger beanspruchten Trägerbereich dürfen Lamellen der

nächst niedrigeren Lamellenklasse verwendet werden. In diesem Fall spricht man von kombiniertem Brettschichtholz. Dabei sind die Lamellen jeder Sortierklasse über einen Bereich von mindestens 1/6 der Trägerhöhe anzuordnen, wobei jedoch mindestens 2 Lamellen je Sortierklasse erforderlich sind.

Weiterhin dürfen die Trägerquerschnitte unsymmetrisch aufgebaut sein, wobei die Lamellen im Druckbereich der nächst niedrigeren Sortierklasse angehören dürfen. Im Zugbereich sind in jedem Fall die in Tabelle 4 angegebenen Lamellenklassen anzuordnen.

Die auf der Grundlage dieser Regelungen möglichen »Standardquerschnitte« sind in Bild 9 dargestellt. Da Lamellen der Sortierklasse S 7 nicht im zugbeanspruchten Bereich angeordnet werden dürfen (zul $\sigma_{ZII} = 0$), wurde auf eine Darstellung kombinierter Brettschichtholzträger unter Verwendung von S 7-Lamellen verzichtet.

Weitere Querschnittsaufbauten sind erlaubt, hier wird jedoch auf Abschnitt 5.6 verwiesen.

5.3 Zulässige Spannungen und Verformungskennwerte

In Tabelle 4 sind die Rechenwerte der Materialeigenschaften der vier Brettschichtholz-Klassen angegeben. Diese Rechenwerte gelten für alle drei in Bild 9 angegebenen Querschnittstypen. Lediglich beim Biege-E-Modul wird der hinsichtlich des Tragverhal-

Tabelle 4: Materialeigenschaften von Brettschichtholz in N/mm² bzw. MN/m²

Art der Beanspruchung	Brettschichtholz			
	BS 11	BS 14	BS 16	BS 18
	Sortierklasse der Lamellen			
	S 10/ MS 10	S 13	MS 13	MS 17
Biegung zul σ_B	11	14	16	18
Zug II zul σ_{ZII}	8,5	10,5	11	13
Zug \perp zul $\sigma_{Z\perp}$	0,2	0,2	0,2	0,2
Druck II zul σ_{DII}	8,5	11	11,5	13
Druck \perp zul $\sigma_{D\perp}$	2,5 3,0 ¹⁾	2,5 3,0 ¹⁾	2,5 3,0 ¹⁾	2,5 3,0 ¹⁾
Abscheren zul τ_a	0,9	0,9	1,0	1,0
Schub aus Q zul τ_Q	1,2	1,2	1,3	1,5
Torsion zul τ_T	1,6	1,6	1,6	1,6
Biegung E_{II}	11000	11000 ²⁾	12000 ²⁾	13000 ²⁾
Zug/Druck II E_{II}	11000	12000	13000	14000
Zug/Druck \perp E_{\perp}	350	400	400	450
Schubmodul G	550	600	650	700

¹⁾ Bei Anwendung dieser Werte ist mit höheren Eindrückungen zu rechnen.
²⁾ Wenn bei Biegeträgern die Lamellen in der Zug- und Druckzone die o.a. Lamellenklassen verwendet werden (Querschnittstyp 2 nach Bild 9), darf ein um 1000 MN/m² erhöhter E-Modul in Rechnung gestellt werden.

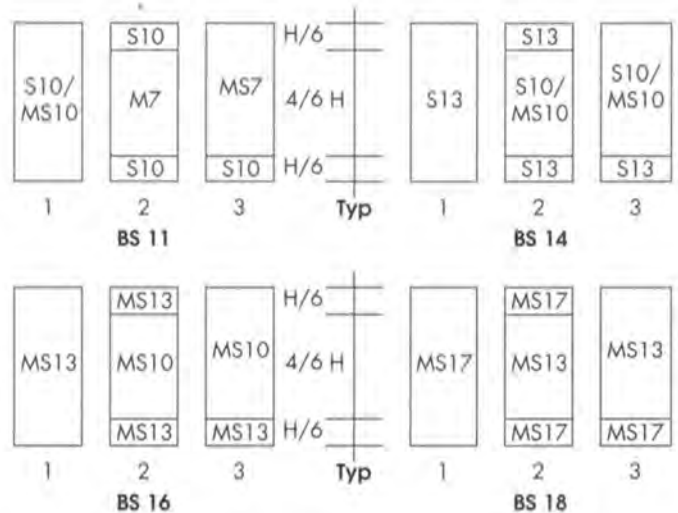


Bild 9: Querschnittsaufbauten
 Typ 1 homogenes Brettschichtholz
 Typ 2 kombiniertes Brettschichtholz, symmetrisch
 Typ 3 kombiniertes Brettschichtholz, unsymmetrisch

tens günstigere Aufbau der Querschnittstypen 1 und 2 mit einem höheren Wert »belohnt« (siehe Fußnote 2).

5.4 Diskussion

Ein Vergleich der Tabelle 4 mit den bisherigen Regelungen der DIN 1052 läßt erwarten, daß die Aufnahme der Brettschichtholzklassen BS 16 und insbesondere BS 18 mit maschinell sortierten Brettern zu einigen Veränderungen in der Brettschichtholz-Landschaft führen wird.

Hohe Leistungsfähigkeit

So läßt sich im Vergleich zur bisher höchsten Brettschichtholz-Klasse (GK I bzw. BS 14) die aufnehmbare Momentenbelastung um mehr als 25 % steigern. Dies könnte der Brettschichtholzbaulose den Zutritt zu Bereichen verschaffen, die bislang den konkurrierenden Werkstoffen vorbehalten waren.

Selbst bei gekrümmten Satteldachträgern kann Brettschichtholz aus maschinell sortierten Brettern vorteilhaft eingesetzt werden, sofern nicht der Nachweis der Querkzugspannung maßgebend wird.

Filigrane Konstruktionen

Die erhöhten zulässigen Zugspannungen ermöglichen die Konstruktion filigraner (Raum-)Fachwerke, die insbesondere bei der Überbrückung großer Spannweiten zum Einsatz kommen.

Geringe Durchbiegungen

Das Haupteinsatzgebiet von Brettschichtholz sind jedoch Biegeträger jeglicher Art, und hier wird nicht selten der Durchbiegungsnachweis maßgebend. In diesen Fällen kann die Materialfestigkeit gar nicht ausgenutzt werden, weil die Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit größere Querschnitte erfordert. Auch in solchen Fällen wird die Verwendung Brettschichtholzklassen BS 16 und BS 18 Vorteile bringen, weil mit einem höheren E-Modul gerechnet werden darf.

Große Sicherheit bei Verbindungen

Die Verwendung von Holz hoher Rohdichte (die mit dem E-Modul sehr eng verknüpft ist) wirkt sich auch günstig auf das Tragverhalten von Verbindungen aus, da mit steigender Rohdichte auch die Lochleibungsfestigkeit des Holzes zunimmt. Dieser Einfluß wird im Rahmen des Eurocode 5 bei der Bemessung rechnerisch erfaßt werden, in DIN 1052-2/A1 konnte dies jedoch noch nicht berücksichtigt werden. Es ist aber zu hoffen, daß diese Erkenntnis bei der nächsten Überarbeitung/Änderung der DIN 1052 Eingang finden wird.

Große Wirtschaftlichkeit

Bisher durchgeführte Vergleichsrechnungen zeigen, daß mit dem Einsatz von BS 18-Brettschichtholz Materialeinsparungen von 10 bis 25 % möglich sind, je nachdem, welcher Nachweis maßgebend wird: Wird der Durchbiegungsnachweis maßgebend, so sind geringere Materialeinsparungen zu erwarten, als wenn der Biegespannungsnachweis maßgebend wird.

Da nach bisher vorliegenden Erfahrungen der Mehrpreis von maschinell sortierten Brettern im Vergleich zu visuell sortierten Brettern nur bei etwa 5 bis 7 % liegt, wird deutlich, daß der Einsatz von BS 16- und BS 18-Trägern auch wirtschaftlich interessant ist.

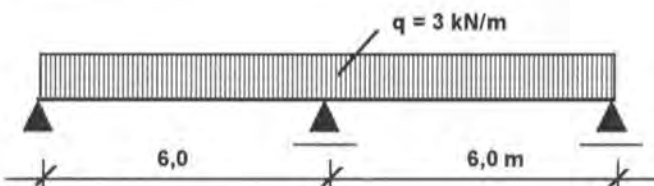
5.5 Bemessung

Unter Verwendung der in Bild 9 angegebenen Querschnittstypen ändert sich an der bisherigen Bemessungspraxis nichts, was anhand des nachfolgenden Beispiels demonstriert werden soll.

Beispiel

Gegeben sei eine »schwere« Holz balkendecke, die als Zweifeldträger ausgeführt wird (vgl. Skizze). Die Belastung infolge Eigengewicht und Nutzlast betrage 4 kN/m^2 , was bei einem geplanten Balkenabstand von $0,75 \text{ m}$ die angegebene Streckenlast von 3 kN/m ergibt.

Wegen der Durchlaufwirkung (Wechsel des Momenten-Vorzeichens) kommt der symmetrisch aufgebaute Querschnittstyp 2 zum Einsatz.



Variante 1: BS 14 $b/h = 10/24 \text{ cm}$
 $A = 240 \text{ cm}^2$, $W = 960 \text{ cm}^3$, $I = 11520 \text{ cm}^4$

$$\max M = \frac{q\ell^2}{8} = 13,5 \text{ kNm}$$

$$\max Q = 0,625 \cdot q\ell = 11,25 \text{ kN}$$

$$\sigma_B = \frac{13,5}{960} \cdot 1000 = 14,1 \text{ N/mm}^2 = \text{zul } \sigma_B = 14 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_Q = 1,5 \frac{11,25}{240} \cdot 10 = 0,70 \text{ N/mm}^2 < \text{zul } \tau_Q = 1,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\max f = \frac{0,0054 q\ell^4}{EI} = \frac{0,0054 \cdot 3 \cdot 6000^4}{12000 \cdot 11520} \cdot 10^{-4} = 15,2 \text{ mm} < \ell/300 = 20 \text{ mm}$$

Variante 2: BS 18 $b/h = 8/24 \text{ cm}$
 $A = 192 \text{ cm}^2$, $W = 768 \text{ cm}^3$, $I = 9216 \text{ cm}^4$

$$\sigma_B = \frac{13,5}{768} \cdot 1000 = 17,6 \text{ N/mm}^2 < \text{zul } \sigma_B = 18 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_Q = 1,5 \frac{11,25}{192} \cdot 10 = 0,88 \text{ N/mm}^2 < \text{zul } \tau_Q = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\max f = \frac{0,0054 q\ell^4}{EI} = \frac{0,0054 \cdot 3 \cdot 6000^4}{14000 \cdot 9216} \cdot 10^{-4} = 16,3 \text{ mm} < \ell/300 = 20 \text{ mm}$$

In diesem Beispiel ergibt sich eine Materialersparnis von 20 % ($\Delta 8 \text{ cm}/10 \text{ cm}$), die bei entsprechend hoher Stückzahl durchaus von wirtschaftlicher Bedeutung sein kann.

5.6 Brettschichtholz als Verbundträger

Im Zuge einer visuellen Sortierung kann – wie bereits erwähnt – der E-Modul des Holzes nicht gemessen werden, so daß ein Brettschichtholzträger aus visuell sortierten Brettern trotz der unterschiedlichen Brett-E-Moduln als quasi-homogen angesehen werden kann. Der Nachweis der Biegespannung wird daher auch in ausreichender Näherung mit der theoretischen dreiecksförmigen Spannungsverteilung geführt (vgl. Bild 10a). Das gleiche gilt für homogen aufgebautes Brettschichtholz (Querschnittstyp 1).

Im Zuge der maschinellen Holzsortierung jedoch werden gezielt Bretter mit hohem E-Modul in höhere Sortierklassen eingeteilt. Bei kombiniert aufgebauten Brettschichtholzträgern mit maschinell sortierten Brettern besitzen die einzelnen Trägerbereiche planmäßig einen unterschiedlichen E-Modul. Somit verändert sich auch die Spannungsverteilung über den Querschnitt, so daß die Annahme der theoretischen Biegespannung ($\sigma = \frac{M}{I} \cdot z$) eigentlich keine Gültigkeit mehr besitzt (vgl. Bild 10b).



a) homogenes BSH

b) kombiniertes BSH

Bild 10: Biegespannungsverteilung bei Brettschichtholzträgern

Das Tragverhalten eines kombiniert aufgebauten Brettschichtholzträgers entspricht somit dem eines Verbundträgers, der aus verschiedenen Materialien zusammengesetzt ist.

Da aber die Berechnung von Verbundträgern unter Berücksichtigung der unterschiedlichen E-Moduln einen kaum vertretbaren Aufwand darstellt, wurde vereinbart, daß für die in Bild 9 zusammengestellten Querschnittstypen näherungsweise ein homogener Aufbau angenommen werden kann.

Wird jedoch von diesen Querschnittstypen abgewichen – was in DIN 1052-1/A1 ausdrücklich erlaubt wird –, so ist diese Vereinfachung nicht mehr hinnehmbar. Dies gilt z.B. dann,

6 Zusammenfassung

Die Änderung 1 zur DIN 1052 Teil 1 enthält im wesentlichen die Anpassung an DIN 4074, d.h. die Aufnahme von maschinell sortiertem Holz.

Die neuen Bestimmungen werden sich insbesondere auf die Brettschichtholzbauweise positiv auswirken, weil die neu geschaffenen Brettschichtholzklassen neue Möglichkeiten sowohl hinsichtlich Leistungsfähigkeit als auch Wirtschaftlichkeit eröffnen.

Im Rahmen dieser Veröffentlichung werden die wesentlichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der maschinellen Holzsortierung beschrieben.

Die Herstellung von hochwertigem Brettschichtholz stellt hohe Anforderungen an das Material und die Leistungsfähigkeit der Geräte und Betriebe. Die in DIN 1052-1/A1 gestellten Anforderungen werden beschrieben und erläutert.

Abschließend werden die Änderungen, die sich auf die Bemesslung auswirken, beschrieben und diskutiert.

7 Literatur

- DIN 1052-1/A1: Holzbauwerke Teil 1: Berechnung und Ausführung, Änderung 1
- [1] Kolb, H.; Gruber, R. 1981: Radiometrisches Verfahren für die Holzsortierung. Holz als Roh- und Werkstoff 39(1981): 367–377
 - [2] Glos, P. 1986: Ermittlung des nationalen und internationalen Standes der maschinellen Holzsortierung.: Forschungsbericht, Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V., München
 - [3] Colling, F. 1990: Tragfähigkeit von Biegeträgern aus Brettschichtholz in Abhängigkeit von den festigkeitsrelevanten Einflußgrößen. Dissertation der Universität Karlsruhe
 - [4] Colling, F. 1990: Biegefestigkeit von Brettschichtholzträgern in Abhängigkeit von den festigkeitsrelevanten Einflußgrößen. Holz als Roh- und Werkstoff 48: 269–273; 321–326; 391–395
 - [5] Colling, F.; Ehlbeck, J. 1992: Tragfähigkeit von Keilzinkenverbindungen im Holzleimbau. bauen mit holz 7/94: 586–593

wenn mehr als zwei Lamellen-Sortierklassen verwendet werden. Für solche Träger fordert DIN 1052-1/A1 einen genaueren Spannungs- und Durchbiegungsnachweis unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Elastizitätsmoduln der verwendeten Lamellen-Klassen.

Durch die Schaffung von Verbundträgern und neuen Brettschichtholzklassen stellt sich bei einigen Nachweisen die Frage, ob die »alten« Regelungen der DIN 1052 das Tragverhalten dieser »neuen« Träger noch richtig erfassen. Diese Frage soll im Rahmen einer getrennten Veröffentlichung anhand einiger Beispiele diskutiert werden.

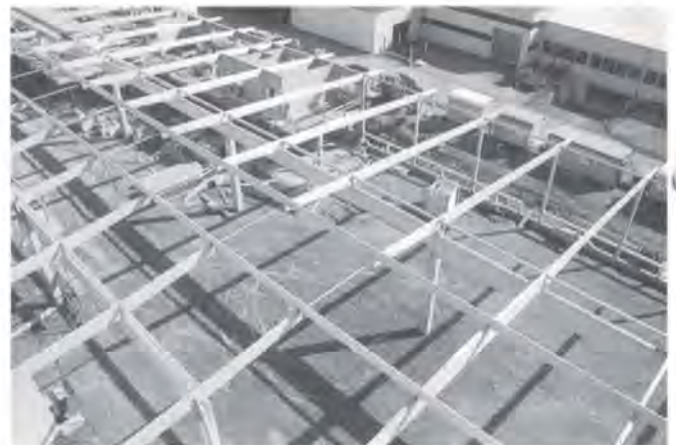


Bild 11: Das erste Projekt mit BS 18 (siehe auch »bmh« 2/95)
(Werkfoto Burgbacher)

In Bild 11 ist das erste Objekt dargestellt, das bereits mit der hochwertigen Brettschichtholzklasse BS 18 errichtet wurde.

- [6] Colling, F. 1995: Brettschichtholz unter Biegebeanspruchung. In Informationsdienst Holz: Holzbauwerke nach Eurocode 5 – Grundlagen, Entwicklungen, Ergänzungen (STEP 3)
- [7] Ehlbeck, J.; Colling, F. 1992: Biegefestigkeit von Brettschichtholz in Abhängigkeit von den Eigenschaften der Brettlamellen im Hinblick auf Normungsvorschläge. Forschungsbericht des Lehrstuhls für Ingenieurohnbau und Baukonstruktionen der Universität Karlsruhe
- [8] Heimeshoff, B.; Glos, P. 1980: Zugfestigkeit und Biege-Modul von Fichten-Brett lamellen. Holz als Roh- und Werkstoff 38: 51–59
- [9] Radovic, B.; Rohlfing, H. 1993: Über die Festigkeit von Keilzinkenverbindungen mit unterschiedlichem Verschwächungsgrad. bauen mit holz 3/1993: 196–201
- [10] Glos, P.; Heimeshoff, B. 1982: Möglichkeiten und Grenzen der Festigkeitsortierung von Brett lamellen. In: Ingenieurohnbau in Forschung und Praxis. Karlsruhe: Bruder-verlag

Herausgeber:

Arbeitsgemeinschaft Holz e.V., Füllenbachstraße 6, 40474 Düsseldorf, Telefon 02 11/4 78 18-0, Fax 02 11/45 23 14

HOLZBAU-STATIK-AKTUELL ist eine Zusammenstellung von Beiträgen aus der Fachzeitschrift »bauen mit holz«, Bruderverlag, Albert Bruder GmbH, Karlsruhe