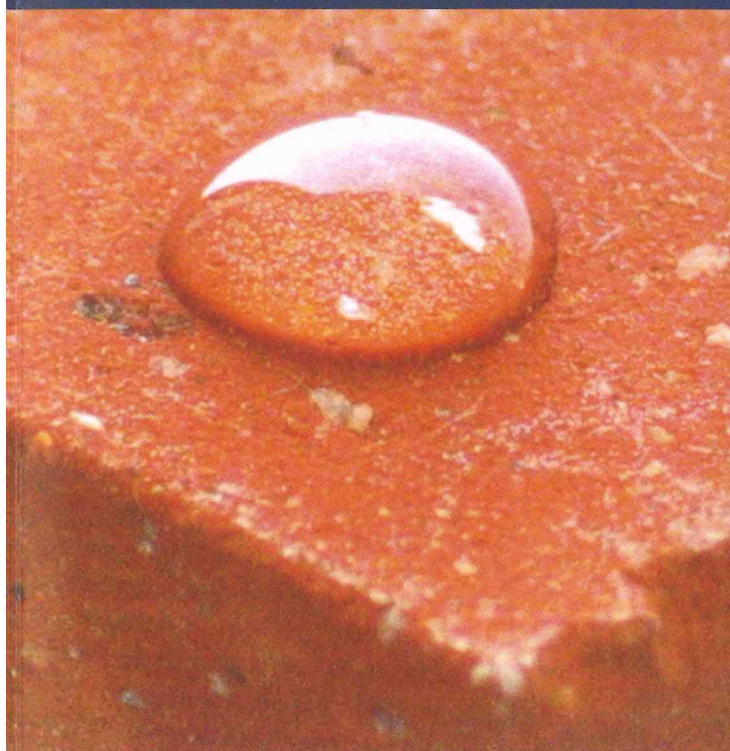


BAUWESEN

DIN

FORUM

ALTBAUSANIERUNG 1



Helmuth Venzmer (Hrsg.)

Feuchteschutz

18. Hanseatische Sanierungstage
vom 8. bis 10. November 2007
im Ostseebad Heringsdorf/Usedom

Fraunhofer IRB  Verlag

BuFAS

Beuth

DIN

Altbausanierung 1

Helmuth Venzmer (Hrsg.)

Feuchteschutz

18. Hanseatische Sanierungstage
vom 8. bis 10. November 2007
im Ostseebad Heringsdorf/Usedom

Vorträge

1. Auflage 2007

BuFAS Fraunhofer IRB  Verlag

Beuth Verlag GmbH · Berlin · Wien · Zürich

Sanierung von Rissen an Brettschichtholzträgern

K. Lißner

Dresden

W. Rug

Eberswalde/Wittenberge

Zusammenfassung

Risse in Brettschichtholz entstehen aus Beanspruchungen senkrecht zur Faser des Holzes, wenn die Querzugfestigkeit des Holzes überschritten wird. Querzugbeanspruchungen können durch quer zur Holzfasern auftretende Kräfte oder durch klimatisch bedingte Querzugspannungen verursacht werden. Risse im Holzquerschnitt vermindern die Tragfähigkeit des Querschnittes. Zur Wiederherstellung der Tragfähigkeit müssen Risse in Brettschichtholz dauerhaft saniert werden.

1 Brettschichtholz ein seit über 100 Jahren bewährter Holzwerkstoff

Brettschichtholz besteht aus mindestens drei miteinander verklebten Brettlagen. Je nach Pressentechnologie können unterschiedlich große und lange Querschnitte hergestellt werden. Brettschichtholz wird seit über 100 Jahren industriell hergestellt (s. [1] und [2]) und hat durch seine technische Entwicklung den Holzbau in dieser Zeit revolutioniert.



Bild 1: Olympiahalle Hamar/Norwegen, Zweigenk-Fachwerkrahmen aus Brettschichtholz mit maximaler Spannweite von 96 m, Hallenlänge 260 m (Foto: Arge Holz Düsseldorf)

Für tragende Holzbauwerke größerer Spannweite wird heute fast ausschließlich Brettschichtholz verwendet. In Abhängigkeit von der gewählten Tragwerksart sind Spannweiten bis 100 m und darüber realisierbar (s. Bild 1). Mit räumlichen Strukturen (z. B. Stabnetzwerk-kuppeln) auch Spannweiten bis 250 m.

In leistungsfähigen Brettschichtbetrieben können Einzelbauteile mit Querschnittshöhen bis 3,0 m und Längen bis 60 m ohne weiteres hergestellt werden.

Durch das Übereinanderkleben von Brettlagen entsteht ein Vergütungseffekt, da vor dem Verkleben wuchsbedingte Fehlstellen, wie z. B. große Äste ausgekappt werden. Gleichzeitig lässt sich die Güte des Brettschichtholzes durch die Verwendung visuell sortierter oder maschinell sortierter Brettlagen gezielt beeinflussen. Bevorzugte Holzart für die Brettlagen ist Fichtenholz. Auf Anforderung können auch dauerhaftere Holzarten wie Kiefer, Lärche oder Douglasie verwendet werden. In Zukunft wird man auch hochtragfähiges Brettschichtholz aus Laubholz herstellen.

Die Brettdicke ist abhängig von der in Abschnitt 7.1.1 der DIN 1052: 2004 festgelegten Nutzungsklasse. Bei Verwendung von Bauteilen in den Nutzungsklassen 1 und 2 nach DIN 1052:2004 darf nach DIN EN 386:2001 die Brettdicke maximal 45 mm betragen. Bei Anwendung der Bauteile in Nutzungsklasse 3 nach DIN 1052:2004 darf die Brettdicke maximal 35 mm betragen.

Die maximale Holzfeuchte der Brettlagen ist in DIN EN 386:2001 je nach Vorbehandlung des Holzes vor dem Verkleben festgelegt. Im Allgemeinen werden die Brettlagen auf eine Holzfeuchte von 8 bis 15% vorgetrocknet. Brettschichtholz gilt deshalb als „trockenes Bauholz“.

2 Ursachen von Rissen an Brettschichtholzquerschnitten

Risse im Holz haben zwei Ursachen:

- klimabedingte Risse aus der Wirkung wechselnder Klimabeanspruchungen
- beanspruchungsbedingte Risse aus der Wirkung von Kräften im Bauteil,

Klimabedingte Risse

Holz hat aufgrund von Wassereinlagerungen in seiner Zellstruktur ein ausgeprägtes hygroskopisches Verhalten.

Unterhalb des Fasersättigungspunktes führt die Hygroskopizität zu einem Gleichgewichtsfeuchtezustand, der von dem umgebenden Klima bestimmt wird. Verändert sich das Klima, so wird der Feuchtezustand dem äußeren Klima angepasst.

Das Bild 2 zeigt die Gesetzmäßigkeit für die Holzart Fichte.

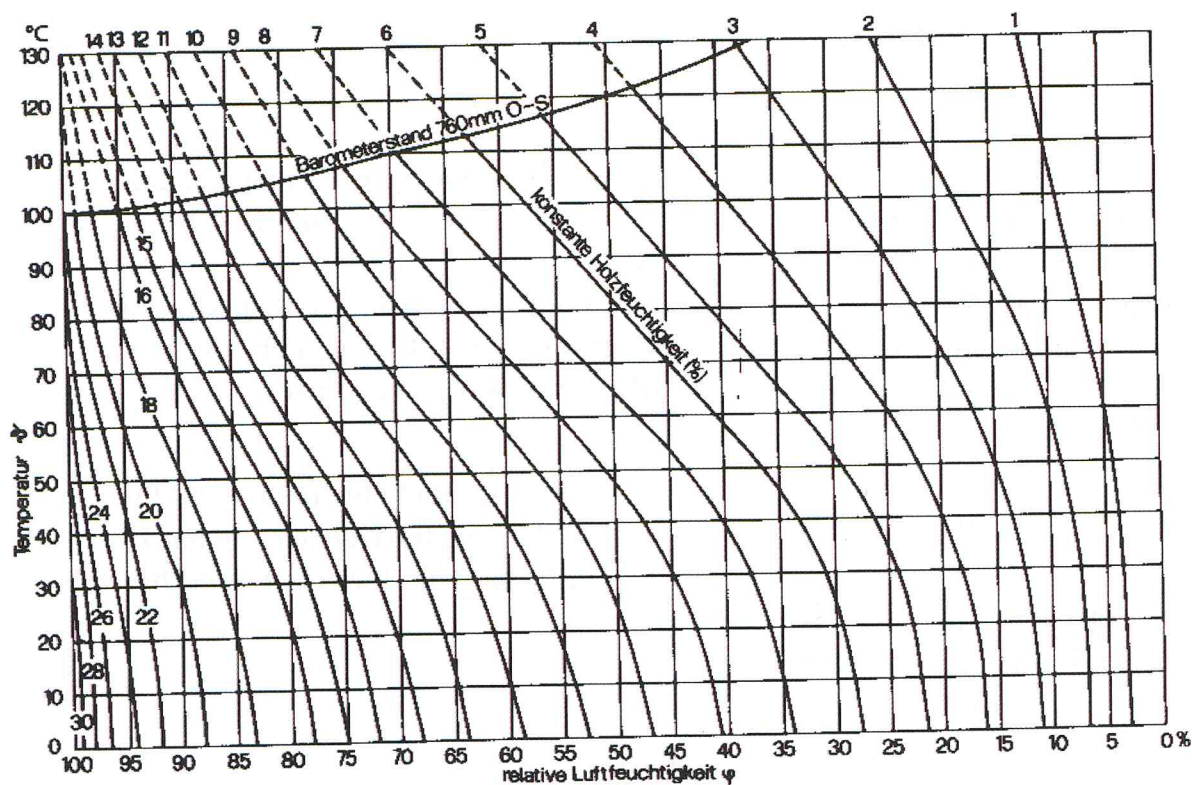


Bild 2: Hygroskopische Isothermen (Fichtenholz- aus [5])

Im Neuentwurf zu DIN 1052 sind Nutzungsklassen angegeben, die über die Lufttemperatur und die Luftfeuchtigkeit definiert sind.

Nutzungsklasse 1: Sie ist gekennzeichnet durch eine Holzfeuchte, die einer Temperatur von 20°C und einer relativen Luftfeuchte der umgebenden Luft entspricht, die nur für einige Wochen pro Jahr einen Wert von 65 % übersteigt.

Aus dem Diagramm Bild 2 ergibt sich hieraus eine Ausgleichsfeuchte von etwa 12 %. [13] Dieser Wert entspricht dem oberen Grenzwert ($9 + 3 = 12$ %) für beheizte Räume.

Kommt es im Zusammenhang mit den sich verändernden Klimabedingungen zu einer Erhöhung der Ausgleichsfeuchte, so quillt das Holz, bei Verminderung der Gleichgewichtsfeuchte schwindet das Holz.

Schwinden und Quellen des Holzes sind in den drei Hauptrichtungen (längs, radial und tangential) sehr unterschiedlich. Bezogen auf das Schwinden in Faserlängsrichtung ist die Verformung infolge Quellen und Schwinden bei Nadelholz in radialer Richtung 15 Mal und in tangentialer Faserrichtung 30 Mal größer (s. Bild 3).

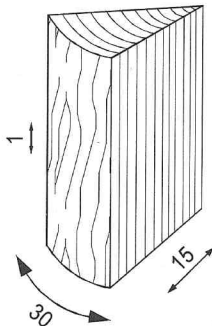


Bild 3: Verhältniswerte Quell- und Schwindverhalten (Nadelholz)

Die Tabelle 1 zeigt die Rechenwerte für das Quell- und Schwindmaß nach den Regelungen in DIN 1052:2004, die je nach Holzwerkstoff sehr unterschiedlich sind.

Tabelle 1: Rechenwerte für das Quell- und Schwindmaß rechtwinklig zur Faserichtung des Holzes für ausgewählte Bauhölzer bei unbehindertem Quellen und Schwinden nach DIN 1052:2004, Tabelle F.4

Baustoff	Schwind- und Quellmaß in % für Änderung der Holzfeuchte um 1% unterhalb des Fasersättigungsbereiches
Fichte, Kiefer, Tanne, Lärche, Douglasie, Western Hemlock, Afzelie, Southern Pine, Eiche	0,24
Buche	0,30
Teak, Yellow Cedar	0,20
Azobe (Bongossi), Ipe	0,36

Trotz der Verklebung verhält sich Brettschichtholz aus Nadelholz im Quell- und Schwindverhalten wie Nadelvollholz.

Bei Brettschichtkonstruktionen kann es, wie auch bei Vollholzkonstruktionen, zu klimabedingten Spannungen im Querschnitt des Bauteiles kommen. Die Spannungen entstehen vor allem dann, wenn die Klimaverhältnisse unter Nutzungsbedingungen zum Schwinden des Holzes führen.

Mit den Schwindverformungen sind Zwängungsspannungen im Holz verbunden, die zu Trocknungsrisen führen. Die Neigung zur Rissbildung ist dabei um so größer, je schneller das Holz heruntertrocknet. Durch das Trocknen des Holzes entstehen Querkzugbeanspruchungen. Diese entstehen durch die unterschiedliche Feuchteverteilung im Holzquerschnitt, die durch ein Feuchtegefälle von außen nach innen geprägt ist. Die Schwindverformungen an der Außenseite werden durch die noch feuchten inneren Schichten behindert und es kommt zu Querkzugbeanspruchungen mit Rissbildungen. Die dabei entstehenden Querkzugbeanspruchungen können durchaus im Bereich der Bruchfestigkeit bei Beanspruchung auf Querkzug liegen.

Bild 4 zeigt die Trocknung eines Brettschichtholzquerschnittes ($b/h/\ell = 150/450/600$ mm, Brettlagendicke 30 mm) mit versiegelten Stirnflächen bei einer Ausgangsfeuchte von ca. 12 bis 13%. Dieser wird 14 Tage bei einer Temperatur von 32°C und einer relativen Luftfeuchte von 15 bis 20% gelagert. Bei diesem Klima würde sich nach einer bestimmten Zeit innerhalb des Querschnitts eine Holzfeuchte von 3,5 bis 4,0% einstellen. Schon der Trocknungsverlauf nach 14 Tagen zeigt eine Herabsetzung der Holzfeuchte am Querschnittsrand. Die dadurch entstehenden Querkzugspannungen erreichen Werte im Bereich der Bruchfestigkeit des Holzes. Es kommt zur Rissbildung im Holz oder in der Klebefuge. Trocknet zum Beispiel ein Brettschichtträger einer Sporthalle von einer Holzfeuchte bei Lieferung von 12% nutzungsbedingt (z. B. in der gut beheizten Halle oder durch intensive Sonneneinstrahlung über Oberlichter) auf 6% zurück, so schwindet der Binder um folgende Maße:

Querschnitt des satteldachförmigen Binders in Trägermitte: $b/h = 180/2200$ mm
 Holzfeuchte bei Einbau: 12%, Holzfeuchte unter Nutzungsbedingungen: 7,5%, Rechenwert für das Schwind- und Quellmaß nach DIN 1052:2004, neu Tabelle F.4 pro 1% Feuchteänderung:

$$\alpha_u = \frac{0,24\%}{1\%}$$

$$\Delta h = \frac{\alpha_u}{100} \cdot (u_0 - u_{\text{Gl}}) \cdot h = \frac{0,24}{100} \cdot (12 - 7,5) \cdot 2200 = 23,76\text{mm}$$

$$\Delta b = \frac{\alpha_u}{100} \cdot (u_0 - u_{\text{Gl}}) \cdot b = \frac{0,24}{100} \cdot (12 - 7,5) \cdot 180 = 1,9\text{mm}$$

Über die Trägerhöhe verteilt entstehen bei diesem Schwindmaß Risse. Bei wiederhol-

ter Klimabeanspruchung nimmt die Risstiefe über die Querschnittsbreite zu und es entstehen weitere Risse.

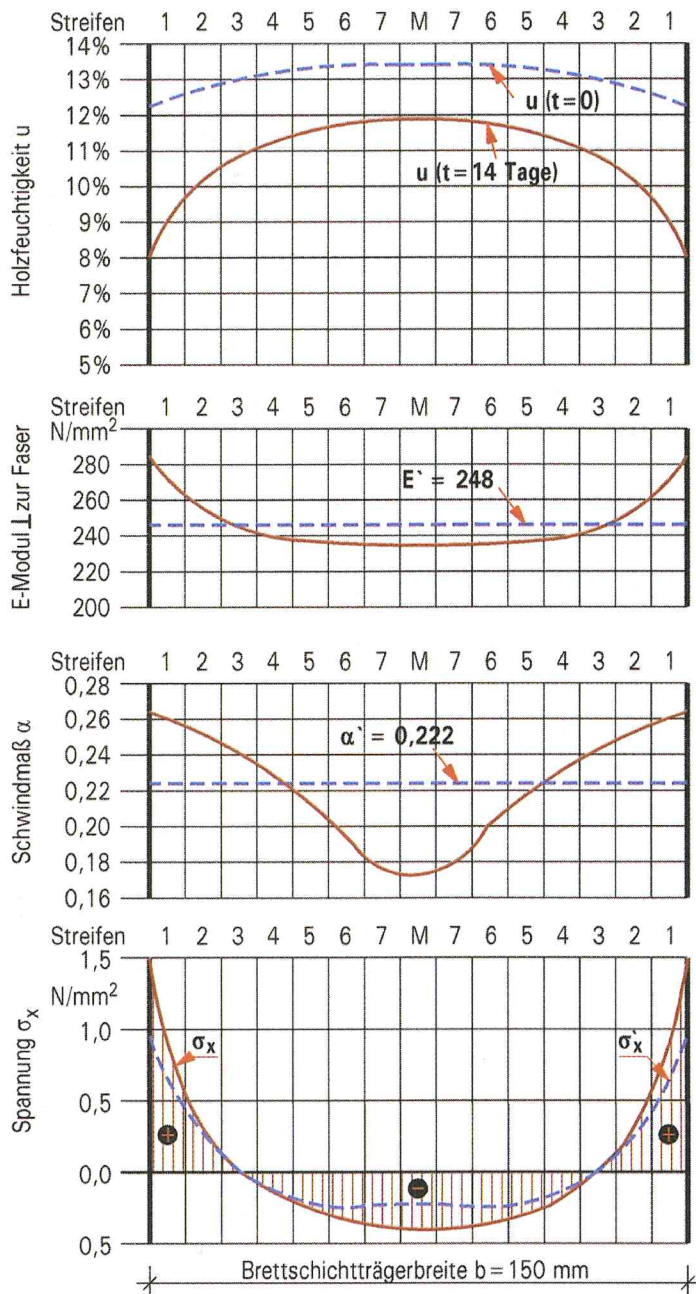


Bild 4: Trocknungsverlauf eines BSH-Querschnittes nach 14 Tagen nach Budianto, Ehlbeck u. a. 1977 [4]

- a: Holzfeuchteverteilung über die Querschnittsbreite
- b: Elastizitätsmodul senkrecht zur Faser
- c: Verteilung Schwindmaß über Querschnittsbreite
- d: Verteilung der Querkzugbeanspruchung nach dem Elastizitätsmodul bzw. nach dem Schwindmaß)

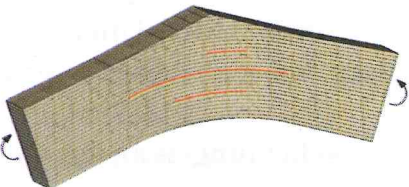
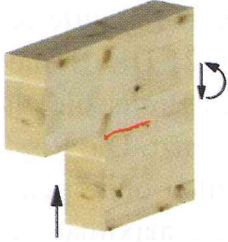
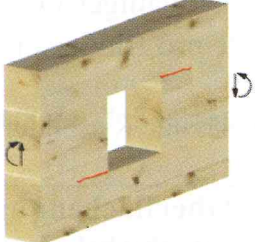
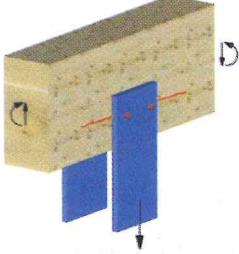
Geht man davon aus, dass die Schwindverformung der äußeren Schichten durch die inneren Schichten des Holzquerschnittes behindert wird, ergibt sich in grober Näherung für einen Wert von $E_{90, \text{mean}} = 420 \text{ N/mm}^2$ (Brettschichtholz- Festigkeitsklasse GL28h, nach DIN 1052:2004, neu Tabelle F.9) eine trocknungsbedingte Spannung in der Größenordnung von:

$$\sigma_{t,90} = \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\Delta h}{h_{ap}}\right) \cdot E_{90,mean}$$

$$\sigma_{t,90} = \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{23,76}{2200}\right) \cdot 420 \approx 3,0 \frac{N}{mm^2}$$

Setzt man nicht 2/3 an, sondern wie in DIN 1052:1988/1996, Teil1, Abschnitt 4.2.5 festgelegt 0,5, so erhält man für die Beanspruchung einen Wert von $\sigma_{t,90} = 2,3 \text{ N/mm}^2$. Diese Werte liegen sehr viel höher als die Werte für die charakteristische Querkzugfestigkeit von Brettschichholz ($f_{t,90,k} \approx 0,5 \text{ bis } 1,5 \text{ N/mm}^2$)! Beanspruchungsbedingte Risse (s. Tabelle 2)

Tabelle 2: Querkzugbeanspruchung bei Brettschichholzkonstruktionen

Brettschichholz- Konstruktion	Querkzugbeanspruchung/- gefährdung
Satteldachträger mit geradem oder gekrümmtem Untergurt	
Ausgeklinkter Träger	
Durchbrüche im Träger	
quer zur Faser angehängte Lasten	

Ein unbestreitbarer Vorteil von Brettschichholz ist, dass aufgrund der äußerst flexiblen Fertigungstechnologie eine große Vielfalt verschiedener Tragwerks- und Querschnittsformen herstellbar ist. So lassen sich nicht nur Träger mit parallelem Rand, sondern auch

Träger mit schrägen oder gekrümmten Rändern herstellen. Es entstehen recht elegante Pult- oder Satteldachträger, die häufig im Hallenbau Anwendung finden.

Aufgrund der Geometrie treten bei satteldachförmigen Brettschichtträgern mit veränderlicher Trägerhöhe und geradem oder gekrümmten Untergurt in Trägermitte Biegespannungen (Längsspannungen) und zusätzlich Querkzugspannungen auf, deren Verteilung nicht linear über die Trägerhöhe verläuft.

Wegen der leichten Bearbeitbarkeit von Holz lassen sich bei Brettschichtträgern mit großen Querschnitten sehr leicht Ausklinkungen oder Durchbrüche herstellen. Dadurch wird der innere Kräfteverlauf gestört und es kommt zu Querkzugbeanspruchungen an den Rändern. Eine Querkzugbeanspruchung entsteht planmäßig auch bei Queranschlüssen (s. Tabelle 2). Da die charakteristische Querkzugfestigkeit nur bei etwa 1/50 der charakteristischen Biegefestigkeit bzw. 1/40 der charakteristischen Zugfestigkeit liegt, überdies stark streut, von der Feuchte und dem Trägervolumen wesentlich beeinflusst wird, sollte eine derartige Beanspruchung möglichst vermieden werden. Kann eine solche Beanspruchung aus statisch- konstruktiven Gründen nicht vermieden werden, so sind u. U. besondere Vorkehrungen, wie zum Beispiel Verstärkungen zu treffen.

3 Risserscheinungen an Brettschichtholz

Maßgebend für die Beurteilung einer zulässigen Rissbildung sind die Veröffentlichungen. [6], [12] Die Breite von Schwindrissen ist je nach gewünschter Oberflächenqualität des Brettschichtholzes bei Auslese- und Sicht- Qualität auf maximal 3 bzw. 4 mm begrenzt. Die Risstiefe ist unabhängig von der Oberflächenqualität festgelegt. Bei Bauteilen ohne planmäßige Querkzugbeanspruchung darf pro Querschnittsseite die Risstiefe maximal 1/6 der Querschnittsbreite betragen. Bei Brettschichtholzbauteilen mit planmäßiger Querkzugbeanspruchung sind Risse mit einer Tiefe bis 1/8 der Bauteilbreite pro Binderseite zulässig (s. auch Tabelle 3).

Tabelle 3: Zulässige Rissbildung bei Schwindrissen im Brettschichtholz nach [6] u. [12]

Gewünschte Oberflächenqualität von Brettschichtholz	Rissbreite [mm]	Risstiefe	Anzahl der Risse
Industrie- Qualität	Ohne Begrenzung	$< 1/6 \cdot b^{1)}$ $< 1/8 \cdot b^{2)}$	Ohne Begrenzung
Sicht- Qualität	< 4	$< 1/6 \cdot b^{1)}$ $< 1/8 \cdot b^{2)}$	Ohne Begrenzung
Auslese- Qualität	< 3	$< 1/6 \cdot b^{1)}$ $< 1/8 \cdot b^{2)}$	Ohne Begrenzung

¹⁾ bei Bauteilen ohne planmäßige Querkzugbeanspruchung bis zu 1/6 der Bauteilbreite von jeder Seite
²⁾ bei Bauteilen mit planmäßiger Querkzugbeanspruchung bis zu 1/8 der Bauteilbreite von jeder Seite

Alle über die maximal zulässigen Risstiefen hinausgehenden Risse sind als unzulässig zu betrachten.

Beispiel 1:

An den 6 Sporthallenbindern einer 25,75 m weit spannenden Dachkonstruktion wurden zahlreiche Risse festgestellt.

Zum einen wurden Risse festgestellt, die relativ dünn waren, aber in einigen Fällen über die gesamte Binderbreite durchgehen und sich über eine große Länge ($> 2,0$ m) erstreckten. Es handelte sich hierbei um Risse in der Klebefuge. Risse in den Klebefugen wurden festgestellt an allen Bindern. Die Breite der zweiten Rissgruppe war zumeist größer (3 bis 10 mm). Sie traten gehäuft im Bereich des Firstes auf. Die Länge lag zwischen 200 mm bis 1,5 m, teilweise auch darüber. Risse mit der größten Rissbreite gingen in vielen Fällen über die gesamte Trägerbreite durch. Jeder Binder war durch mindestens einen solchen Riss geschädigt.

Die Bilder 5 und 6 zeigen eine Zusammenfassung aller Risse an allen Bindern mit unzulässiger Risstiefe. Die Risse konzentrieren sich vor allem im querzugbeanspruchten Bereich der Satteldachbinder mit gekrümmten Untergurt.

Da die Tragfähigkeit der Binder nicht mehr gegeben war, musste die Halle sofort gesperrt werden.

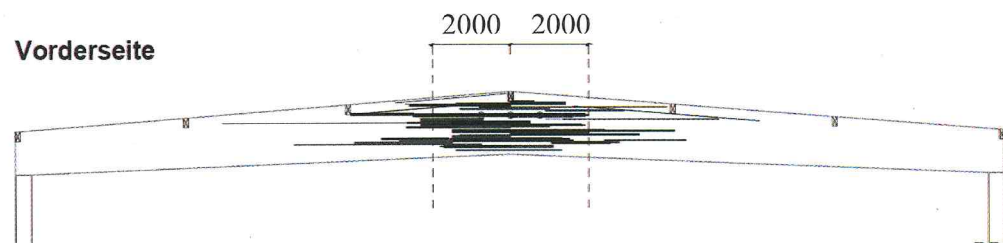


Bild 5: Zusammenfassung aller Risse, die tiefer als $1/8$ der Trägerbreite sind (Bindervorderseite)

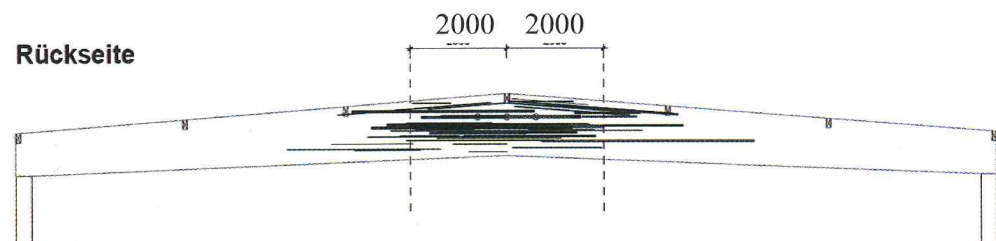


Bild 6: Zusammenfassung aller Risse, die tiefer als $1/8$ der Trägerbreite sind (Binderrückseite)

Beispiel 2:

An der Binderkonstruktion einer Sporthalle wurden zahlreiche Risse festgestellt. Es handelte sich hierbei ausschließlich um Risse in der Klebefuge. Risse in den Klebefugen waren feststellbar an allen Bindern, sowohl an den Vorder- und Rückseiten. Sie hatten eine Rissbreite zwischen 1,0 und 5 mm und eine Risstiefe von 20 bis 140 mm. An zwei Bindern wurden Risstiefen gemessen, die größer als die halbe Trägerbreite waren und an einem Binder gingen die Klebefugenrisse auch über die gesamte Querschnittsbreite durch. Die Bilder 7 und 8 zeigen eine Zusammenfassung aller festgestellten Risse an allen Bindern. Auffällig ist auch hier, dass die Risse hauptsächlich im querzugbeanspruchten Bereich der Satteldachbinder mit gekrümmten Untergurt anzutreffen sind.

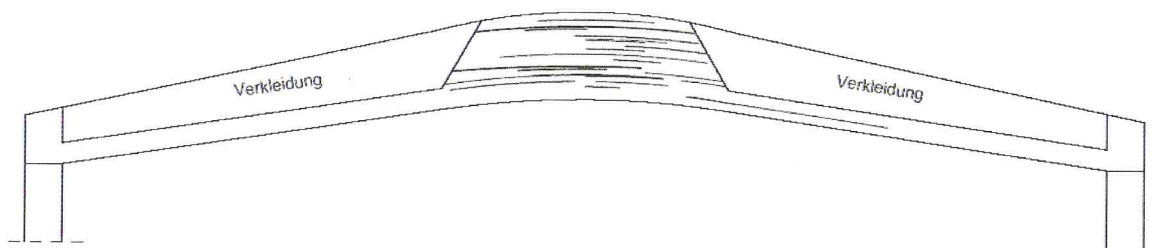
Vorderseite

Bild 7: Zusammenfassung aller Risse, die tiefer als $1/8$ der Trägerbreite sind (Bindervorderseite)

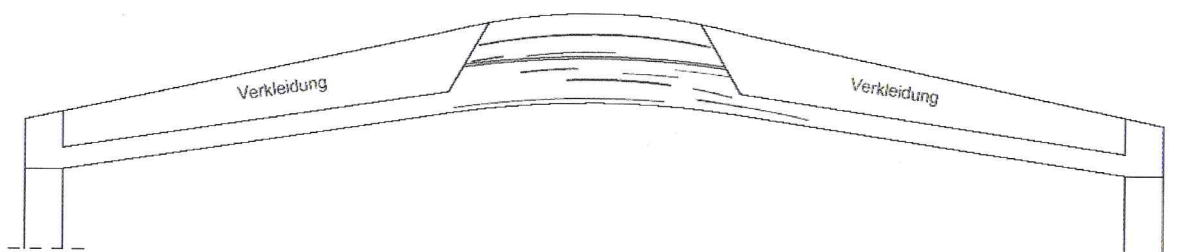
Rückseite

Bild 8: Zusammenfassung aller Risse, die tiefer als $1/8$ der Trägerbreite sind (Binderrückseite)

Da die Risse ausschließlich in den Klebefugen auftraten, ergab sich die Frage, ob die Klebefugen ordnungsgemäß verklebt waren oder ob Fehlverklebungen vorliegen. Zur Untersuchung dieser Frage wurden Proben von ungerissenen Klebefugen mittels Bohrkernen entnommen. Pro Binderseite wurden jeweils zwei Bohrproben entnommen. Diese wurden in einer Materialprüfanstalt hinsichtlich der Scherfestigkeit untersucht. Im Ergebnis konnte festgestellt werden, dass der anzusetzende Mindestwert für

die Scherfestigkeit von Klebeverbindungen bei Nadelholz ($\min f_v = 4,0 \text{ N/mm}^2$) bei allen Proben überschritten wird (s. Bild 9).

Bei keiner Probe trat ein Bruch in der Klebefuge auf!

Die Anforderungen an den erforderlichen Faserbruchanteil wurden bei zwei Proben nicht erfüllt. Diese Proben wurden zusätzlich einer genaueren Untersuchung mittels Mikroskop unterzogen. Die Untersuchung zeigte für diese Proben einen nur mikroskopisch sichtbaren Faserbruchanteil (s. Bild 10 am Beispiel der Probe 4-R1).

Das Ergebnis der Untersuchungen erbrachte den Nachweis, dass Fehlverklebungen nicht vorliegen.

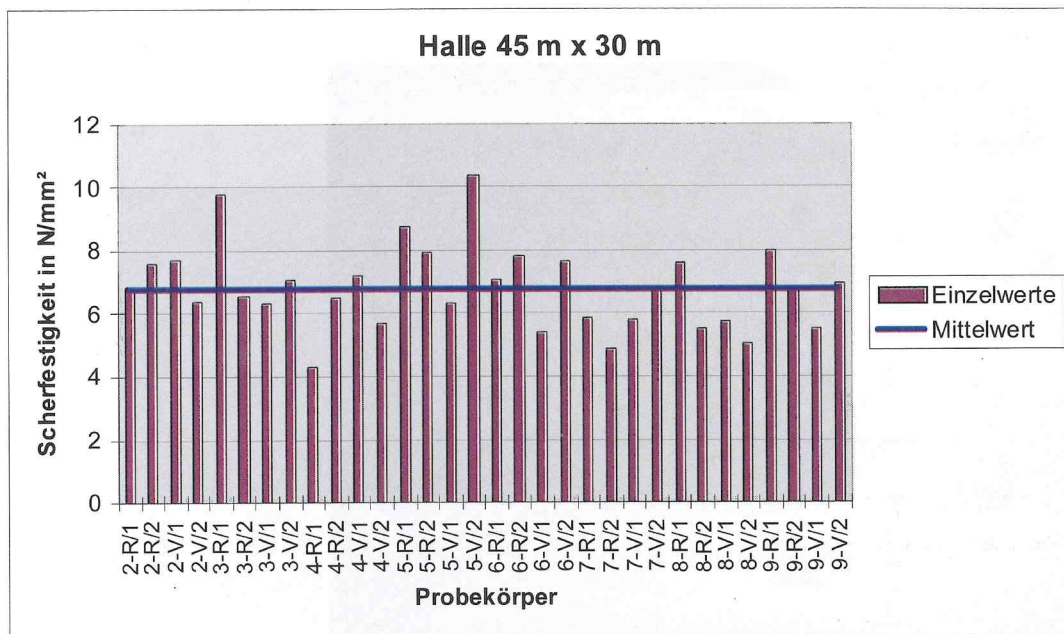


Bild 9: Ergebnis der Untersuchungen zur Scherfestigkeit ungerissener Klebefugen (Statistische Werte: $f_{v,mean} = 6,8 \text{ N/mm}^2$ $f_{v,k} = 4,64 \text{ N/mm}^2$)



Bild 10: Probe 4-R1; Betrachtung der Klebfuge im Bohrkern senkrecht zur Bruchfläche; Holzbruch.

Beispiel 3:

In einer Fabrikhalle herrscht produktionsbedingt ein Klima, bei dem das bei einer weitgespannten Fachwerkkonstruktion verwendete Brett-schichtholz auf eine Feuchte von 4,5 bis 5,5% heruntertrocknet.

Die an der Konstruktion gemessenen Rissbreiten lagen in Summe in der Größenordnung der gemessenen Querschnittsänderungen, die für die Querschnittshöhe ca. 8,7 mm betrug.

Da die Schwindverformungen des Holzes insbesondere an den Knotenpunkten des Fachwerkträgers durch eine hohe Anzahl von Stabdübel behindert wurden, kam es an den betreffenden Stellen zu Zwängungsspannungen und infolgedessen zu einer deutlichen Rissbildung (s. Bild 11).

Dies wirkte sich tragfähigkeitsmindernd aus, da bei einigen Stabdübeln das Vorholz in Beanspruchungsrichtung aufgerissen war und der Dübel an dieser Stelle keine Beanspruchung mehr aufnehmen konnte.



Bild 11: Tragfähigkeitsmindernde Rissbildung im Bereich von Stabdübelverbindungen eines Zugstoßes (Stabkraft: ${}_{\text{vorh}}N_{t,d} = 1230 \text{ kN}$)

4 Sanierungsverfahren zur Wiederherstellung der Trag- und Funktionsfähigkeit sowie des baulichen Holzschutzes

Risse im Brettschichtholz müssen durch eine für derartige Arbeiten qualifizierte Fachfirma geschlossen werden.

Die Fachfirma muss im Besitz eines Eignungsnachweises für das Kleben tragender Holzbauteile nach DIN 1052:2004, Anhang A und für die Rissanierung über durch die Materialprüfanstalt der TH Stuttgart für diesen speziellen Zweck geschultes Personal verfügen.

Vor dem Verkleben der Risse werden diese sehr gründlich mittels Pressluft gereinigt. Für die Rissanierung haben sich in den letzten Jahren zwei grundlegende Verfahren in der Praxis bewährt [12]:

- Spachtelverfahren
- Abklebmethode

Bei beiden Verfahren wird nach dem Spachteln der Rissöffnung oder Abkleben der Risse mit durchsichtigem Klebeband der Klebstoff über Bohrlöcher in die Rissfugen eingepresst. Dazu werden alle 100 bis 150 mm ein Bohrloch in die verspachtelte Rissöffnung bzw. in das Klebeband gesetzt. Mittels Kartusche wird der Klebstoff in die Risse eingepresst und das Bohrloch durch einen Holzpfropfen verschlossen. Nach dem Aushärten des Klebstoffes wird die Oberfläche des Brettschichtholzquerschnittes sauber abgeschliffen.

Als Klebstoff für die Rissanierung haben sich Epoxidharzklebstoffe bewährt. Der zur Anwendung kommende Klebstoff muss für die Rissanierung geeignet und zugelassen sein.

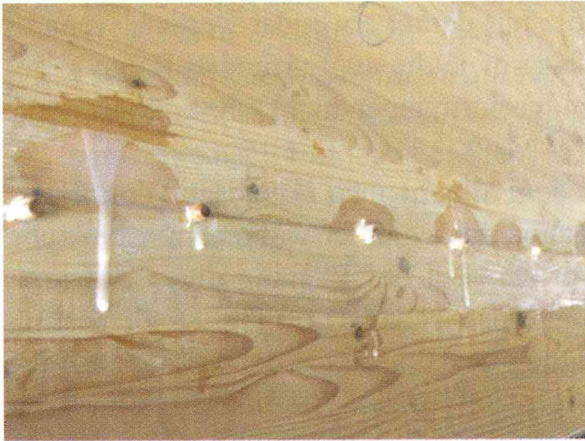


Bild 12: Rissanierung, der Klebstoff wurde nach dem Abkleben in Bohrungen (Abstand 100 bis 150 mm) in die Fuge eingepresst



Bild 13: Rissanierung, ausgetretener Klebstoff wurde mittels Schleifmaschine entfernt und die Holzoberfläche sauber abgeschliffen

5 Schlussfolgerungen

Risse beeinträchtigen die Tragfähigkeit von Brettschichtholzquerschnitten. Sie entstehen immer dann, wenn die Querkzugbeanspruchung höher liegt als die Querkzugfestigkeit. Ihr Auftreten ist als Mangel zu bewerten. Aufgrund von Klimaschwankungen können zusätzlich Querkzugbeanspruchungen mit Rissbildungen entstehen. Eine Vermeidung solcher Spannungen gelingt nur, wenn extreme Klimaschwankungen vermieden werden.

Deshalb fordert die DIN 1052:2004 in Abschnitt 6.2 für Holzkonstruktionen:

- (3) Zur Verminderung von Schwindrissen und Maßänderungen sind in den Nutzungsklassen 1 und 2 die Hölzer mit Einbaufeuchten von höchstens 20% einzubauen, für die Nutzungsklasse 3 sollte die Einbaufeuchte höchstens 25% betragen.
- (4) Ist die Holzfeuchte zum Zeitpunkt des vorgesehenen Einbaus wesentlich höher als die in der vorgesehenen Nutzungsklasse zu erwartenden Ausgleichsfeuchte im Gebrauchszustand, so darf dieses Holz nur dann verwendet werden, wenn es nachtrocknen kann und die Bauteile selbst sowie die angrenzenden Bauteile gegenüber den hierbei auftretenden Schwindverformungen nicht empfindlich sind.

Diese Regeln stehen im Zusammenhang mit dem allgemeinen Grundsatz, dass Holzkonstruktionen mit einer Holzfeuchte einzubauen sind, die der während der Nutzung zu erwartenden Gleichgewichtsfeuchte entspricht. Bei der Planung einer Holzkonstruktion sind deshalb die Nutzungsbedingungen so genau wie möglich zu bestimmen. Als Orientierung und zur Berücksichtigung des Einflusses der Feuchte auf die Festigkeits- und Steifigkeitswerte der Holzwerkstoffe gelten die im Abschnitt 7.1.1 der DIN 1052:2004 angegebenen Nutzungsklassen.

Klimaschwankungen sind insbesondere bei querkzugbeanspruchten großvolumigen Binderkonstruktionen bzw. bei anderen Bauteilen mit planmäßigen lastbedingten Querkzugbeanspruchungen (s. Beispiele in Tabelle 2) zu vermeiden, wenn diese Beanspruchung konstruktiv nicht verhindert werden kann. In den Erläuterungen zur DIN 1052:2004 heißt es deshalb im Punkt E 10.2.4 (4) ausdrücklich: „...Die Klimabeanspruchung der Bauteile mit querkzugbeanspruchten Bereichen ist für den Nutzungszeitraum möglichst präzise zu definieren. Eine Feuchtezunahme während Transport, Lagerung und Montage und eine anschließend zu scharfe Rücktrocknung bei Inbetriebnahme des Gebäudes ist zu vermeiden. Das dabei auftretende Holzfeuchtegefälle erzeugt Querkzugspannungen in den Außenbereichen der Bauteile, die Risse verursachen...“ (s. [8]).

Literatur

- [1] Rug, W: *100 Jahre Hetzerpatent- Eine Entwicklungsgeschichte der Brett-schichtbauweise*, In: Bautechnik (2006) H8, S. 533- 540

- [2] Rug, W.: 100 Jahre Holzbau- und Holzbauforschung, In: Bund Deutscher Zimmermeister (BDZ) Hrsg.: 100 Jahre Bund Deutscher Zimmermeister, 100 Jahre Verband, Holzbau, Holzbauforschung 1903 – 2003, Bruderverlag Karlsruhe, 2003
- [3] Lißner, K.; Felkel, A.; Hemmer, K.; Radovic', B.; Rug, W.; Steinmetz, D.: *Holzbau DIN 1052 Praxis-Handbuch*, Bund Deutscher Zimmermeister Hrsg., Beuth- Verlag + Weka Verlag, Berlin, Augsburg 2005
- [4] Budianto, T.; Ehlbeck, J, u. a.: *Karlsruher Forschungsarbeiten und Versuche im Ingenieurholzbau von 1972- 1977*, In: bauen mit holz (1977) H.5, S. 105- 220
- [5] Kollmann, F.: *Technologie des Holzes*, Berlin 1952
- [6] *BS-Holz-Merkblatt vom April 2001*; Herausgeber: Studiengemeinschaft Holzleimbau (www.brettschichtholz.de)
- [7] Radovic, Wiegand: Oberflächenqualität von Brettschichtholz; In: bauen mit holz (2005) Heft 7 und bauen mit holz (2005) Heft 8
- [8] Blaß, H. J.; Ehlbeck, J.; Kreuzinger, H.; Steck, G.: *Erläuterungen zu DIN 1052:2004-08*, München 2004
- [9] Langendorf, *Klimaeinflüsse auf Holz*, Fachbuchverlag Leipzig 1955
- [10] Larsen, H.: *Gekrümmte Brettschichtholzträger und Satteldachträger*, In: Holzbauwerke nach Eurocode 5, Step1, Düsseldorf 1995
- [11] Blaß, H. J.; Ehlbeck, J.: *Wiederherstellung der Tragfähigkeit von gerissenen Brettschichthörnern*, bauen mit holz (1992) H.2, S. 118- 121
- [12] Radovic, B.; Goth, H.: *Entwicklung und Stand eines Verfahrens zur Sanierung von Fugen im Brettschichtholz*, bauen mit holz (1992) H. 9, S. 732- 742, H. 10, S. 816- 818
- [13] Lißner, K.; Rug, W.; Steinmetz, D.: *DIN 1052:2004-Neue Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken- Teil 1: Material- und Werkstoffverhalten*, In: Bautechnik (2007) H. 8 (in Vorbereitung)