



*Dr. Heinrich Kreuzinger
Univ.-Prof. Dr.-Ing.
TU München
München, Deutschland*

Evaluierung von Hallentragwerken - Die Schlussfolgerungen

**Evaluation of load-bearing structures
in non-residential buildings –
the conclusions**

**Evaluazioni delle strutture portanti di
padiglioni – Le conclusioni**

Dokument in Deutsch

Gemeinsame Vorbemerkung der Autoren

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Heinrich Kreuzinger
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter

Die Schadensereignisse des Jahres 2006 und die nachfolgenden Untersuchungen haben eine Vielzahl neuer Erkenntnisse gebracht - aber auch eine Reihe neuer Fragen aufgeworfen. Die Fachöffentlichkeit ist daher an einer umfassenden Information interessiert, die offenen Fragen sollen auf möglichst breiter Basis diskutiert werden. Die Verfasser wurden daher von verschiedenen Seiten und Veranstaltern gebeten, über ihre Erkenntnisse zu berichten.

Wir bitten daher um Verständnis, dass zur Sicherstellung einer gleichlautenden Information der unterschiedlichen Teilnehmerkreise gleichartige Veröffentlichungen und Vorträge erfolgen (z. B. an den Karlsruher Holzbautagen 2006 und an dieser Veranstaltung).

Wir haben festgestellt, dass Schäden vor allem bei Bauwerken aufgetreten sind, bei denen schon in der Phase der Planung und Herstellung nicht alles den Vorschriften und Spielregeln entsprach. Meist war auch nicht nur ein Grund die Ursache für einen Schaden sondern es gab mehrere Gründe. Die Schlussfolgerung nach der Bestandsaufnahme kann deshalb nur lauten:

Qualität sichern !

Alle am Bau Beteiligten müssen ihre Arbeit sorgfältig und gewissenhaft ausführen. Jeder muss an seiner Stelle Verantwortung tragen. Die oft beobachtete Verweigerung Verantwortung zu übernehmen ist hier nicht nur fahrlässig, sondern kann auch zu schwerwiegenden Folgen führen.

An der Entstehung eines Baues mitzuwirken ist mehr als ein Job, es ist ein Beruf, der begeistern kann.

Evaluierung von Hallentragwerken - Die Schlussfolgerungen

1 Einleitung

In den ersten Monaten des Jahres 2006 hat es in weiten Teilen Bayerns und den angrenzenden Ländern ergiebige Schneefälle gegeben.

Für leichte Dachkonstruktionen ergaben sich dadurch hohe Einwirkungen, die teilweise auch über den rechnerischen Annahmen lagen. Es folgten Schäden und auch Einstürze von Dächern, vorwiegend von Dächern aus Holzkonstruktionen. Dies auch deswegen, weil sehr viele Dachkonstruktionen Holzkonstruktionen sind. Die Dachkonstruktion ist eine der Konstruktionsarten, für die Holz sich aus wirtschaftlichen und architektonischen Gründen besonders anbietet.

Um den Ursachen der Schäden auf die Spur zu kommen und sie zu verstehen, werden die Schritte im Werdegang eines Ingenieurbauwerks angegeben:

Bauherr: Wunsch nach einem Bauwerk für eine Aufgabe

Architekt und Tragwerksplaner:

Planerische Darstellung der Ideen

Berechnung und Konstruktion

Behörde: Genehmigung

Baufirma: Ausführung

Der Tragwerksplaner bedient sich bei seiner Teilaufgabe seiner Erfahrung und der Spielregeln der Normen. In den Normen, z.B.: DIN 1055, Teil 100, ist das Bemessungskonzept festgelegt. Abbildung 1 zeigt dies für den Holzbau. Nach dem Teilsicherheitskonzept werden die Einwirkungswerte mit einem Teilsicherheitsbeiwert beaufschlagt und die Widerstandswerte durch einen Teilsicherheitsbeiwert geteilt. Zusätzlich berücksichtigt der Beiwert k_{mod} die Lasteinwirkungsdauer und die Umgebung. Für die Einwirkung, die Last, sowie das Material sind also Sicherheiten berücksichtigt.

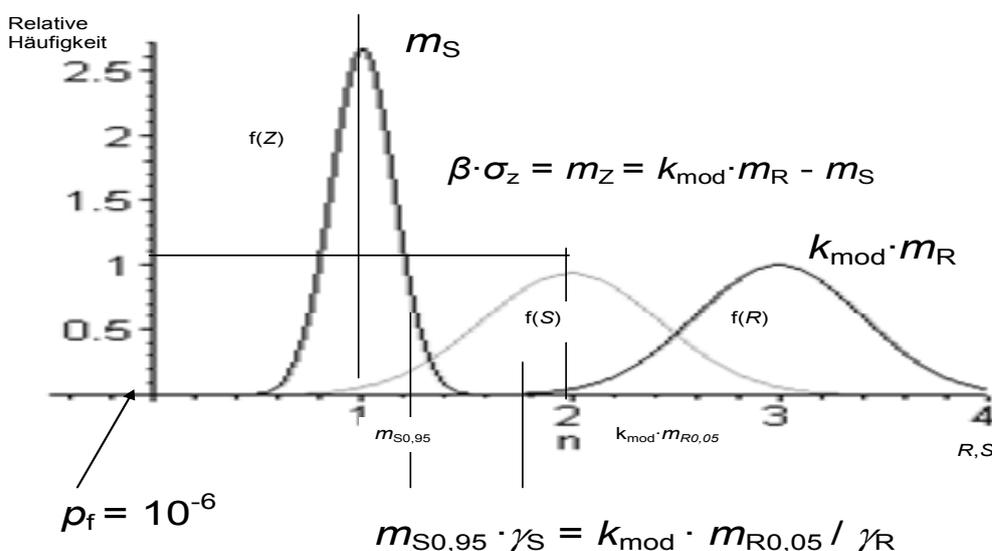


Abbildung 1: Bemessungskonzept mit Teilsicherheitsbeiwerten

Fehler in der Berechnung, wie falsche Systemannahmen oder gar Rechenfehler, Fehler bei der Ausführung und Schädigung durch mangelnde oder fehlende Pflege und Wartung sind im Sicherheitskonzept nicht, bzw. nur sehr untergeordnet, eingebaut.

Dieser Sachverhalt zwingt zu einer Kontrolle aller einzelnen Schritte von der Planung bis zur Ausführung. Diese durchgehende Kontrolle muss im unabhängigen Vieraugenprinzip erfolgen. Dies geschieht durch Prüfeningenieure bei der Berechnung und Konstruktion und bei der Herstellung von Baustoffen und Bauwerksteilen durch Überwachung. Die Überwachung der plangerechten Ausführung obliegt der Bauleitung.

Die aufgetretenen Schneelasten alleine, selbst wenn sie die rechnerisch angenommenen bis zum Teilsicherheitsbeiwert Einwirkung überschreiten, können also nicht Ursache sondern allenfalls Auslöser der Schäden und Einstürze sein. Es müssen also noch andere Gründe vorhanden sein.

2 Schnee Anfang 2006

Im Januar, Februar und März dieses Jahres 2006 hat es in Bereichen von Bayern ergiebige Schneefälle gegeben. Die ständig niedrigen Temperaturen haben ein zwischenzeitliches Abtauen verhindert, so dass sich erhebliche Schneemengen auf den Dächern ansammelten. Wegen der stark unterschiedlichen Raumgewichte des Schnees kann von der Schneehöhe nicht direkt auf die Schneelast geschlossen werden.

In der jetzt gültigen Norm für Schneelasten, DIN 1055, Teil 5, wird von einer Bodenschneelast ausgegangen, die dann mit einem Beiwert auf verschiedene Dachformen umgerechnet werden kann. Angaben dazu finden sich auch in /8/.

Tabelle 1: Schneelastwert

Bad Reichenhall H = 470 m	Zone	s_0 am Boden in kN/m^2	s_k am Dach in kN/m^2
DIN 1055, 1936			mindestens 0,75
DIN 1055, 1975	III IV		1,175 1,935
DIN 1055-5, 2005	III	2,18	1,75
Deggendorf H = 320 m			
DIN 1055, 1936			mindestens 0,75
DIN 1055, 1975	III		0,80
DIN 1055, 2005	II	0,95	0,76
Füssen H = 800 m			
DIN 1055, 1936			mindestens 0,75
DIN 1055, 1975	III		2,55
DIN 1055, 2005	III	4,76	3,81

Die Tabelle zeigt den auf einem Flachdach rechnerischen Schneelastwert nach den verschiedenen Fassungen der DIN 1055 für drei verschiedenen Orte: Bad Reichenhall, Deggendorf und Füssen.

In einigen Bereichen, besonders im bayerischen Wald, wurden die rechnerischen Schneelasten im genannten Zeitraum deutlich überschritten. Um noch größere Schäden zu vermeiden, wurden viele Dächer abgeräumt. Die Messung der Schneelast ist aufwendig, Schnee einer definierten Dachfläche muss gewogen werden. Wünschenswert wären Anzeigegeräte, die die maßgebende Schneelast am Dach in der Verwaltungszentrale anzeigen! Schneehöhen können beispielsweise mit GIS-Unterstützung gemessen werden. Besonders hohe Schnee- und Eislasten gab es in der Vergangenheit schon öfter, aber vielleicht nicht in einem so großen Gebiet gleichzeitig!



Abbildung 2: Tutzingener Hütte

3 Schäden und Ursachen

3.1 Allgemeines

Wenn die Ursachen von Schäden erkannt werden, ist die Schlussfolgerung, solche Ursachen bei der Sanierung oder bei neuen Bauwerken zu vermeiden. Deswegen ist Ursachenerkennung gleich Schlussfolgerung. Nachfolgend werden Ursachengruppen angegeben.

3.2 Festigkeiten

Die hohen Schneelasten waren oft Auslösung für die Schäden, aber nicht immer Ursache. Ursachen waren meist Mängel, die durch die hohe aber nicht zu hohe Belastung aufgedeckt wurden. Die aufgetretenen Schneelasten können, soweit sie den rechnerisch angesetzten Wert nicht überschritten haben, auch als Probelastung angesehen werden.

Zur Ursachensuche wird DIN 1052:2004 herangezogen. Tabelle 2 (F.9) zeigt charakteristische Festigkeitswerte für Brettschichtholz.

Tabelle 2: **Tabelle F.9** – Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für homogenes und kombiniertes Brettschichtholz der Festigkeitsklassen GL24 bis GL36

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Festigkeitsklasse ^a	GL24h	GL24c	GL28h	GL28c	GL32h	GL32c	GL36h	GL36c
Festigkeitskennwerte in N/mm ²									
2	Biegung $f_{m,k}^{b, c}$	24	24	28	28	32	32	36	36
3	Zug parallel $f_{t,0,k}$	16,5	14	19,5	16,5	22,5	19,5	26	22,5
4	Zug rechtwinklig $f_{t,90,k}$	0,5							
5	Druck parallel $f_{c,0,k}$	24	21	26,5	24	29	26,5	31	29
6	Druck rechtwinklig $f_{c,90,k}$	2,7	2,4	3,0	2,7	3,3	3,0	3,6	3,3
7	Schub und Torsion $f_{v,k}^d$	3,5					geändert: 2,5		

Zeile 4 und Zeile 5 zeigen die für die meisten Schäden ursächlich maßgebenden Festigkeitswerte:

$f_{t,90,k}$ Zug rechtwinklig zur Faser
 $f_{v,k}$ Schub

Zu beiden Beanspruchungen gehört ein sprödes Versagen.

Der ebenfalls niedrige Wert für Druck rechtwinklig zur Faser hat bei Überschreitung durch Beanspruchung eher große Verformungen als ein Versagen zur Folge. Bei Konstruktionen bei denen die Rollschubfestigkeit maßgebend ist, sind Schäden nicht bekannt. Deshalb sind von der Festigkeit her die beiden Beanspruchungen Zug rechtwinklig zur Faser und Schub von Bedeutung.

Im Stahlbetonbau werden rechnerische Zugspannungen und damit auch Schubspannungen im Beton einer Bewehrung zugeordnet. Dies ist bei Holzkonstruktionen nur bedingt möglich! Mit eingeklebten Stahlstäben, Schrauben und aufgeklebten Holzwerkstoffplatten kann eine Art Bewehrung eines Querschnittes ausgeführt werden. Die planmäßigen Lastspannungen werden durch entsprechende Regeln begrenzt oder durch Verstärkungsmaßnahmen aufgenommen. Schwieriger sind die Bestimmung und die Aufnahme von Spannungen aus Zwangbeanspruchung. Abbildung 3 zeigt Eigenspannungen, die durch Trocknen eines Trägers mit Rechteckquerschnitt entstehen können.

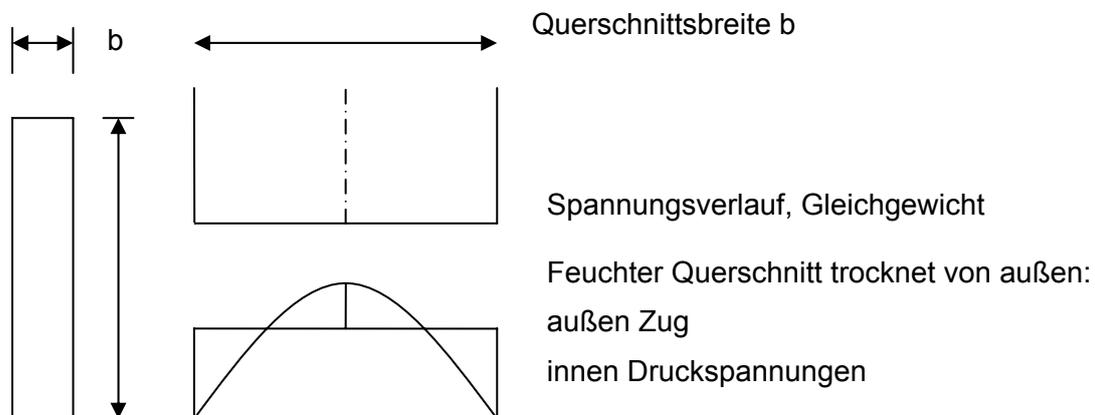


Abbildung 3: Spannungen rechtwinklig zur Faser infolge Zwang

Beispiel: Ein Rechteckquerschnitt mit der Höhe $h = 1,5 \text{ m}$ hat eine Feuchte von 12% und trocknet von außen her auf 8 % herunter. Es entsteht eine Dehnung ε und damit ein Verformungsunterschied Δh in der Größenordnung von

$$\varepsilon = 0,24 \cdot \frac{12 - 8}{100} = 0,0096 \quad \Delta h = 0,0096 \cdot 1500 = 14,4 \text{ mm}.$$

Der Dehnungsunterschied zwischen innen und außen muss durch Spannungen ausgeglichen werden. Erreichen diese Spannungen die Festigkeit, entstehen Risse.

Bei einer Rissbildung von außen her wird die zur Aufnahme der Schubspannung aus Querkraft notwendige Querschnittsbreite b vermindert.

Bei der Angabe der charakteristischen Festigkeit $f_{v,k}$ wird bereits berücksichtigt, dass der Querschnitt Risse aufweist. Derzeit wird davon ausgegangen, dass die Risse bis zu einem Drittel der Querschnittsbreite, also von jeder Seite her ein Sechstel der Querschnittsbreite haben dürfen. Entstehen, wie beim gekrümmten Träger, Zugspannungen $\sigma_{t,90}$ rechtwinklig zur Faser, so sind nur Risse mit Tiefen kleiner einem Achtel der Querschnittsbreite hinnehmbar.

Abbildung 4 zeigt diese Risse.

Schubspannungen entstehen durch Querkraftbeanspruchung, Zugspannungen $\sigma_{t,90}$ rechtwinklig zur Faser entstehen durch:

- Umlenkkräfte bei gekrümmten Trägern
- Angehängte Lasten
- Geometrische Unstetigkeiten bei Durchbrüchen und Auflagerausklinkungen
- Behinderung der Verformungen aus Schwinden bzw. Quellen
- Verformungen aus Nebentraggliedern.

Risse in Brettschichtholzträgern mit Rechteckquerschnitt bei Schubbeanspruchung und vor allem bei Querzugspannungen sind oft Ursache von Schäden. In der DIN 1052:2004 sind bei Nachweisen für Zugspannungen rechtwinklig zur Faserrichtung auch mit Schubspannungen aus Querkraft die Grenzbedingungen strenger als in der DIN 1052:1988.

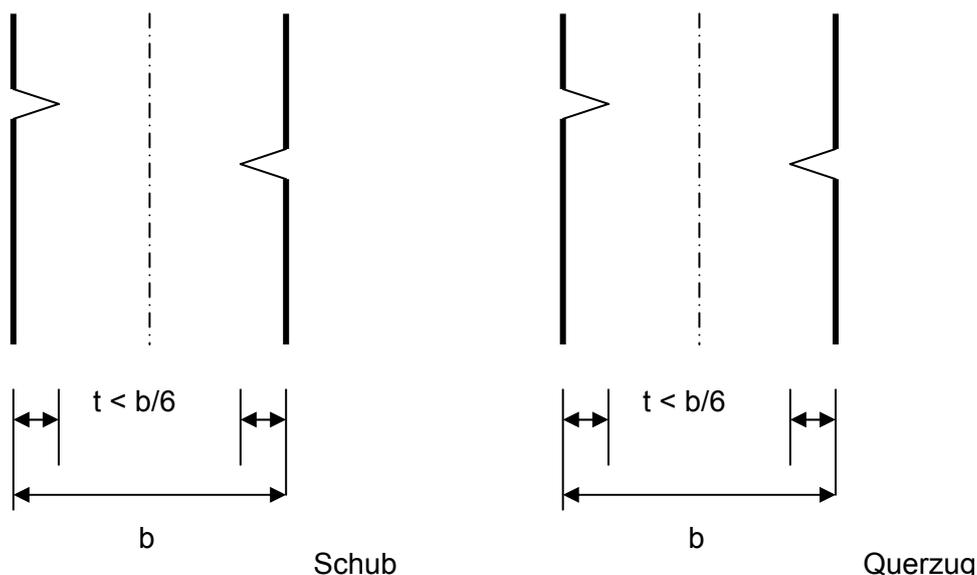


Abbildung 4: Hinnehmbare Risstiefen

Abbildung 5 zeigt einen gekrümmten Träger mit Rissen infolge der Querkzugspannungen aus den Umlenkkräften der Biegespannungen.



Abbildung 5: Gekrümmter Träger mit Riss

Schubspannung aus Querkraft und gleichzeitig Biegespannung aus Querbiegung führte zum Versagen des Brettschichtholzträgers der Turnhalle in Dachau /5/. (Abbildung 6)

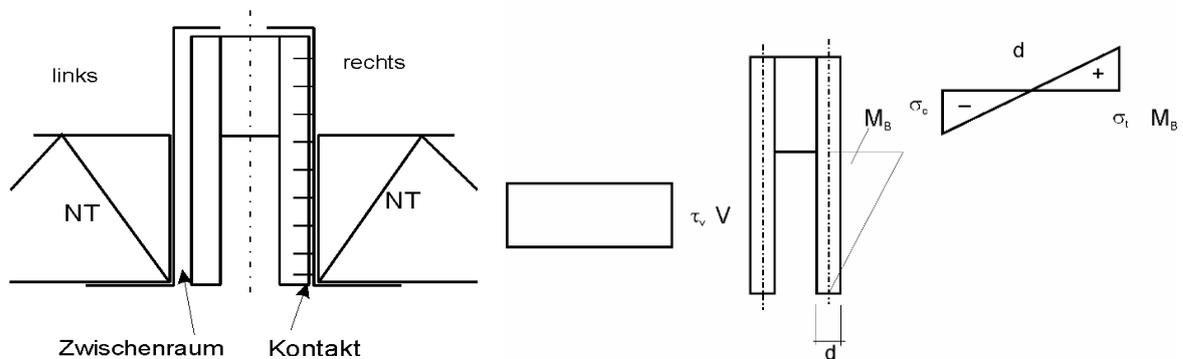


Abbildung 6: Querbiegung und Schub

Bei neuen Konstruktionen ist zu überlegen, ob in Trägerbereichen mit planmäßigen Querkzugspannungen unabhängig von deren Größe eine Verstärkung ausgeführt wird. Dies trifft bei gekrümmten Trägern, bei Ausklinkungen und Durchbrüchen zu. Ist in Trägerbereichen, beispielsweise bei konstanter Querkraft, die Schubspannung voll ausgenutzt, ist ebenfalls eine Verstärkung überlegenswert. Wobei zu beachten ist, dass Schubbewehrung mittels eingeklebter oder eingeschraubter Stahlstangen erst zur Tragwirkung kommt, wenn Schubrisse eingetreten sind.

Im Zusammenhang mit Schub- und Querkzugspannungen wurde das Holzversagen „Ring-schäle“ beobachtet!

3.3 Kleber, Verwendung, Nutzungsklassen

Als Kleber stehen für flächige Verklebungen von Holzteilen Verfügung:

- Kaseinleim
- Harnstoffharzkleber
- Melaminharzkleber
- Resorcinharzkleber

Die Verwendung wird in den Normen geregelt.

DIN 1052:1969

In Abschnitt 11.5 sind Leimverbindungen geregelt. Die Leime müssen die Prüfung nach DIN 68141 bestehen. Die Verwendung der verschiedenen Kleber zeigt folgende Tabelle.

Tabelle 3: Einsatzgebiet Kleber

	Bauteile überdacht, nicht der Nässe ausgesetzt	Bauteile kurzzeitig der Nässe oder Feuchtigkeit ausgesetzt	Bauteile der Nässe, feuchtwarm oder tropisch ausgesetzt
Kasein-Leime	+		
Kunsthharzleime	+		
Harnstoff- Formaldehyd	+	+	
Resorcinformaldehyd	+	+	+

DIN 1052:1988

Im Abschnitt 12.4 Leime steht:

Leime für tragende Bauteile müssen die Prüfung nach DIN 68 141 bestanden haben.

Für Bauteile, die im Gebrauchszustand unmittelbar der Witterung oder in Gebäuden Klimabedingungen ausgesetzt sind, bei denen eine Gleichgewichtsfeuchte von 20% oder langfristig oder häufig wiederkehrend eine Temperatur im Bauteil von 50°C überschritten werden kann, dürfen nur Kunsthharzleime verwendet werden, die auf ihre Beständigkeit gegen alle Klimaeinflüsse geprüft sind (z.B. Resorcin- oder Melaminharzleim).

DIN 1052:2004

Im Abschnitt 14 wird angegeben:

Der Klebstoff darf als geeignet angesehen werden, wenn es sich bei dem Klebstoff um ein geregeltes Bauprodukt nach DIN EN 301:1992-08 und DIN 68141 handelt.

In den Erläuterungen zur DIN 1052:2004 /9/ ist in Tabelle 4 (14/1) der Anwendungsbereich für verschiedene Klebstoffe angegeben.

Bei richtiger Verwendung bestehen gegen Verklebungen mit Harnstoffharzleim keinerlei Bedenken. Es wird aber überlegt, Harnstoffharzleim in Zukunft für tragende Zwecke nicht mehr zu verwenden. Durch eine Nutzungsänderung einer Halle könnte beispielsweise der Anwendungsbereich nicht mehr eingehalten sein. Die Zuordnung der Bauwerke erfolgt über die Nutzungsklassen, die in DIN 1052:2004, 7.1.1(1) festgelegt sind. In der Anmerkung steht: "In Ausnahmefällen können auch überdachte Bauteile in die Nutzungsklasse 3 einzustufen sein".

In /10, A4/ ist ein Diagramm angegeben, das bei 20 Grad Temperatur den Zusammenhang zwischen relativer Luftfeuchte und Holzfeuchte zeigt. In dieses Diagramm (Abbildung 7) ist eingetragen:

die Definition der Nutzungsklassen nach DIN 1052:2004, Abschnitt 7.7.7(1)

und die Holzfeuchten nach DIN 1052:1988, Abschnitt 4.2.1

Werden die Bandbreiten von +3% bzw. +6% noch berücksichtigt, so überlappen sich die Bereiche.

In EN 386:2001 wird für Brettschichtholz in den Abschnitten 3.5 bis 3.7 eine mittlere Ausgleichsfeuchte für Nadelhölzer angegeben, die in den Nutzungsklassen nicht überschritten wird:

Nutzungsklasse	1	2	3
Ausgleichsfeuchte:	12%	20%	>20%

Tabelle 4 (14/1): Anwendungsbereich und Farbe von Klebstoffen

Klebstoff	Abkürzung nach DIN 4076-5	Typ nach DIN EN 301	Anwendung in NKL	Farbe der Klebfuge
Harnstoffharz	KUF	II	1	sehr hell
Melaminharz	KMF	I	1 bis 3	hell bis kakao-braun
Resorcinharz	KRF	I	1 bis 3	rötlich-braun
Einkomponenten-Polyurethan ³⁾	PUR ¹⁾	I	1 bis 3	hell
Epoxidharz ²⁾ ³⁾	KEP	I	1 bis 3	hell
¹⁾ In DIN 4076-5 nicht enthalten ²⁾ Für Sanierungen ³⁾ Anwendbarkeit bei Temperaturen über 50° C nicht gewährleistet				

Harnstoffharzklebefugen müssen nicht immer sehr hell sein.

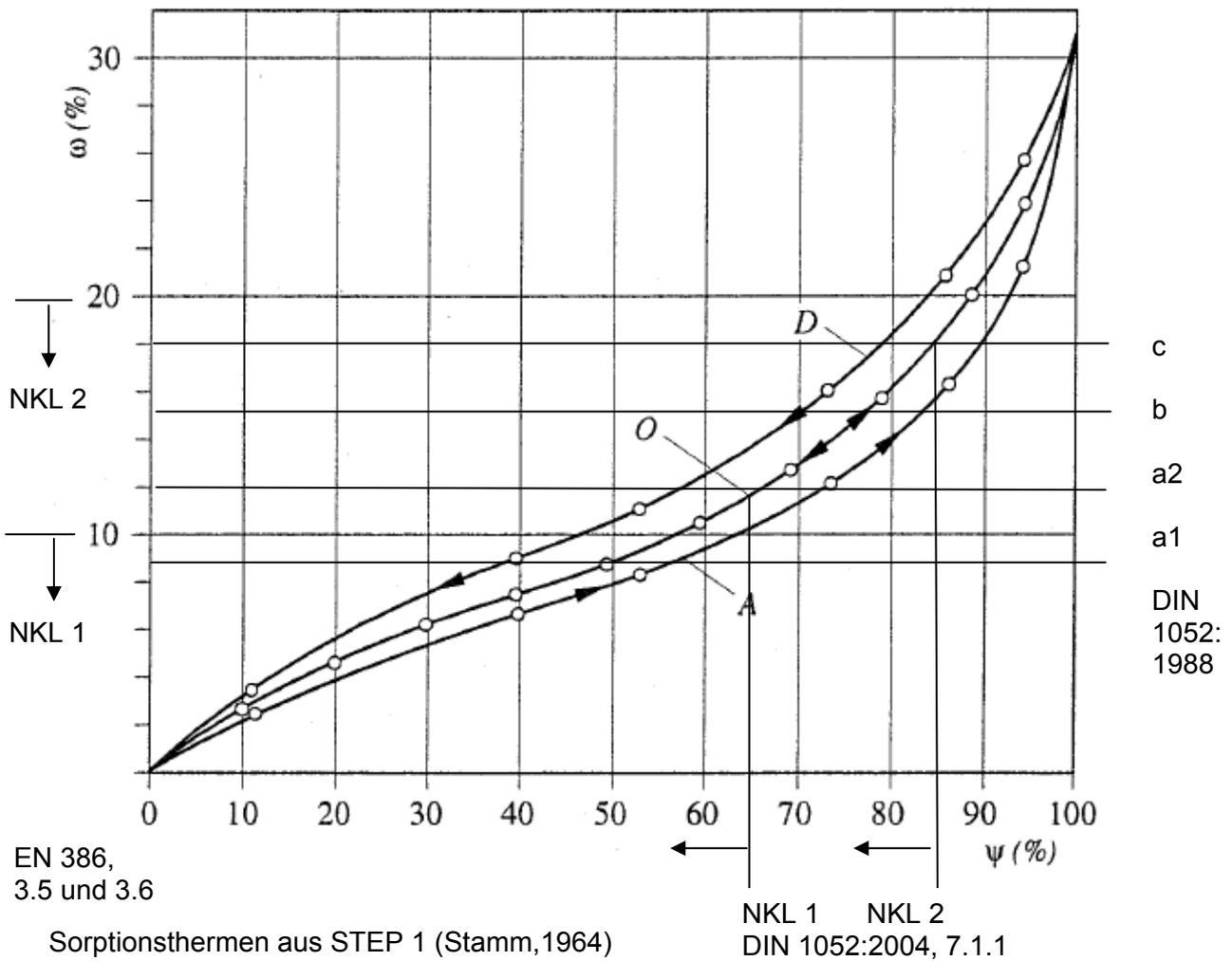
In /9/ zu Ziffer E7.1.1 sind Beispiele für Nutzungsklassen angegeben. Zur Nutzungsklasse 3 heißt es auch: "Typische Beispiele für Bauteile in der Nutzungsklasse 3 sind nicht überdachte Balkone und ungeschützte Bauteile in hölzernen Aussichtstürmen. Auch Dachkonstruktionen bei offenen Eissporthallen sollten wegen der Kondenswasserbildung an den kalten Bauteilen der Nutzungsklasse 3 zugewiesen werden."

Abbildung 8 zeigt eine Konstruktionen mit nicht dem Kleber entsprechender Anwendung.

In Abbildung 7 sind auch eingetragen:
 NKL und Feuchten nach EN386, DIN 1052:1988 und DIN 1052:2004

DIN 1052:1988

- | | | |
|----|---|-----------|
| a1 | allseitig geschlossenes Bauwerk mit Heizung | 9% +-3% |
| a2 | allseitig geschlossenes Bauwerk ohne Heizung | 12% +- 3% |
| b | überdecktes, offenes Bauwerk | 15% +- 3% |
| c | Konstruktion der Witterung allseitig ausgesetzt | 18% +- 6% |



Sorptionsthermen aus STEP 1 (Stamm, 1964)

Abbildung 7: Feuchtebereiche

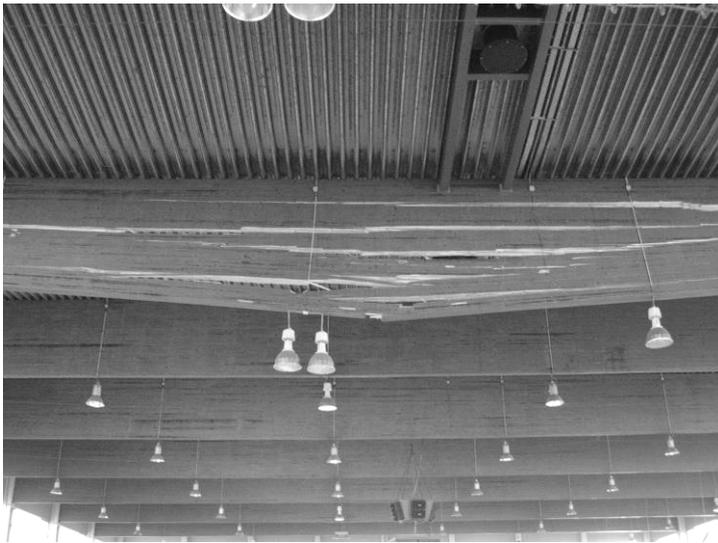


Abbildung 8: Eissporthalle, Brettschichtholz mit Harnstoffharkleber

3.4 Rissverpressung, Verstärkungen

Nach Beseitigung der Schadensursache sind Reparaturen oder Verstärkungsmaßnahmen möglich.

Tiefere Risse als in Abbildung 4 angegeben sollten verpresst werden. Dazu gibt es auch unterschiedliche Meinungen. In /11/ wird davon abgeraten. Dies bezieht sich aber wohl auf klaffende Risse bei Vollholz. In /2/ sind Angaben über das Vorgehen beim Rissverpressen und Angaben über Firmen zu finden.

Spannungen, besonders Schubspannungen und Zugspannungen, die der Konstruktion nicht mehr zugemutet werden sollen, können Verstärkungen wie aufgeklebte Holzwerkstoffplatten oder eingeklebte oder eingedrehte Stahlstangen zugeordnet werden. Wobei aufgeklebte Holzwerkstoffplatten die Konstruktion auch vor Klimaschwankungen schützen.

Die Holzfeuchte beim Verpressen sollte möglichst der mittleren zu erwartenden Ausgleichsfeuchte entsprechen. Durch konstruktive Maßnahmen oder durch baukonstruktive und haustechnische Maßnahmen sollte dafür gesorgt werden, Feuchteschwankungen so weit als möglich zu reduzieren.

4 Bauwerksüberprüfung

Leitfäden und Empfehlungen geben Möglichkeiten zur Überprüfung von Holzkonstruktionen an.

Die Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. hat einen „Leitfaden zu einer ersten Begutachtung von Hallentragwerken aus Holz“ herausgegeben. Darin sind folgende Kapitel genannt:

- Unterlagen zum Tragwerk sichten
- Nutzung des Gebäudes bestimmen
- Bauliche Veränderungen festhalten
- Geometrie des Bauwerks überprüfen
- Handnahe Inaugenscheinnahme
- Risse feststellen
- Bauphysikalische Randbedingungen

Nach Feststellung der Sachverhalte ist eine Beurteilung mit gegebenenfalls einem Sanierungsvorschlag notwendig. Dies ist der schwierige Teil. Helfen kann wiederum nur Erfahrung.

Ergänzend können weitere Untersuchungen sein:

Ultraschallprüfungen /6/, /Sando7/.

Bohrwiderstandsmessung

Mit Ultraschallprüfungen können aus der Körperschallausbreitung im Material Schlussfolgerungen über den Zustand im Inneren eines Holzquerschnittes erhalten werden. Die Qualität einer Klebefuge kann aber derzeit damit noch nicht angegeben werden.

Auch die Bohrwiderstandsmessung liefert keine Aussage über die Qualität der Klebefuge. Eine etwas gröbere Methode Einblick in das Innere eines Querschnitts zu bekommen stellt die Bohrkernentnahme mit einem Zuwachsbohrer dar.

Mit einer Probelastung können die Verformung gemessen und die Übereinstimmung mit der Berechnung und das reversible elastische Verhalten überprüft werden. Ebenfalls Auskunft über die Systemeigenschaften kann eine Schwingungsmessung liefern.

5 Bohrkern

Mit einem Kernbohrer können Bohrkern aus Holz entnommen werden. Wird dabei eine Klebefuge mitgenommen, so kann über eine Scherprüfung die Qualität der Klebefuge bestimmt werden.

Angaben über die Scherprüfung der Leimfugen gibt EN 392, einen Anhalt für die Auswertung EN 386. Beide Normen beziehen sich auf die Qualitätsprüfung von Brettschichtholz bei der Herstellung.

Für die Beurteilung von Brettschichtholz in bestehenden Konstruktionen wird aber die Scherprüfung ebenfalls herangezogen. Besonders wichtig dabei sind die erreichten Scherfestigkeiten, die auch in Abhängigkeit des Faserbruchanteils nach Tabelle 2 der EN 386:2001 beurteilt werden. Bei geringem Faserbruchanteil versagt mehr die Klebefuge, deswegen wird ein höherer Festigkeitswert gefordert.

6 Leitfäden, Empfehlungen

Neben dem genannten Leitfaden der Studiengemeinschaft Holzbau wird überlegt, ob von Behördenseite eine Bauwerksüberwachung, ähnlich der bei Brücken vorgeschriebenen DIN 1076, zu empfehlen ist.

Eine Überprüfung aller Eishallen ist vorgesehen. Vom Bayerischen Staatsministerium des Innern wird gefordert, dass

„...alle Eislaufhallen in Bayern mit einer Tragwerkskonstruktion insbesondere aus Holz und Stahl noch vor diesem Winter (2006/2007) zu überprüfen sind, weil die Standsicherheit gefährdet sein kann.“

Der Leitfaden kann auch genutzt werden für die Planung von Neubauten um zu überprüfen ob die geplante Konstruktion schadensanfällig ist oder nicht.

7 Zusammenfassung

Die Schlussfolgerung aus den aufgetretenen Schäden an Holzkonstruktionen kann nur lauten:

Wir müssen solche Schäden in Zukunft vermeiden!

Dazu müssen bestehende Bauwerke untersucht und beurteilt und gegebenenfalls ertüchtigt werden und Neubauten sind so zu planen und auszuführen, dass keine Schäden auftreten. Alle Beteiligten müssen verantwortlich arbeiten. Das beginnt bei der Ausbildung der am Bau Beteiligten und endet bei der Wartung der Gebäude. Dazu einige Schlagworte:

Gute Ausbildung und Weiterbildung

Lehre, Studium, Tagungen

Sorgfältige Planung und Ausführung

Zeit nehmen, Termindruck ist keine Entschuldigung

Gebührenordnung einfordern – halber Preis = halbe Arbeit

Kontrolle, Prüfingenieure

Rückrufaktionen wie beispielsweise im Automobilbau sind im Bauwesen schwierig.

Für Ingenieurkonstruktionen muss selbstverständlich gelten:

Vieraugenprinzip Alle für die Tragsicherheit wichtigen Unterlagen müssen unabhängig geprüft werden.

Regelgerechte Ausführung

Die Konstruktion muss den jeweils gültigen Normen, Zulassungen und Zustimmungen im Einzelfall entsprechen, die ausgeführte Konstruktion muss mit den Unterlagen übereinstimmen.

Spätere Einwirkungs- und Konstruktionsänderungen sind zu untersuchen.

Die Konstruktion sollte robust sein. Neben der Robustheit gegen Klimaeinflüsse kann auch das statische System selber robust ausgelegt werden. Hochgradig statisch unbestimmte Systeme können den Ausfall einer Komponente überstehen. Statisch bestimmte Systeme sollten so ausgebildet werden, dass bei Ausfall einer Komponente nicht das gesamte System, sondern nur ein Teil versagt.

Was die Materialeigenschaften und die zerstörungsfreie Bauwerksprüfung anbelangt besteht auf jeden Fall noch Forschungsbedarf. Ein einfaches Gerät, das Eigenschaften wie Festigkeiten, Steifigkeiten, Alterung anzeigt, wäre wünschenswert.

Leider hat es schon immer Schäden und Einstürze von Holzkonstruktionen gegeben, aber nicht in dieser Häufung!

Zu den Schneelasten eine Bemerkung:

Die in den Normen angegebenen Schneelasten sind ausreichend, wenn der Nutzer eines Daches den rechnerischen Wert kennt und eine Möglichkeit hat, bei ergiebigem Schneefall die gerade vorhandene Schneelast zu messen. Schnee ist ein Lastfall, der nicht plötzlich kommt. In besonderen Fällen kann eine Räumung veranlasst werden. Im Sinne des Bestandschutzes kann bei bestehenden Gebäuden die Schneelast nach der Norm DIN 1055:1975 zugrunde gelegt werden, allerdings mit der Auflage, dass bei Erreichen der rechnerisch angesetzten Schneelast geräumt wird.

Völlig anders ist die Situation beim Lastfall Wind: wenn ein unerwartet starker Sturm angekündigt wird, kann sich der Bauherr nicht vor sein Gebäude stellen und es schützen!

8 Literatur

- [1] Mönck, W. 1987: Bauen und Sanieren mit Holz. Deutsche Verlagsanstalt Stuttgart
- [2] Radovic, B. 1992: Entwicklung und Stand eines Verfahrens zur Sanierung von Fugen im Brettschichtholz. Bauen mit Holz 9/92
- [3] Mönck, W. 1995: Schäden an Holzkonstruktionen: Verlag für Bauwesen Berlin
- [4] Colling, F. 2000: Lernen aus Schäden im Holzbau. DGfH Innovations- und Service GmbH München, Bruderverlag Karlsruhe, Fraunhofer IRB Verlag Stuttgart
- [5] Kreuzinger, H., Preuss, K.: 2001 Doppelträger aus Holz. Bauen mit Holz 8/2001
- [6] Hasenstab, A. 2005: Zerstörungsfreie Holzprüfung. Mikado 11/2005
- [7] Fritzen, K. 2006: Zur Problematik der Eissporthallen. Bauen mit Holz 3/2006
- [8] Kaspar, P. 2006: Veränderliche Schneehöhen. Bauen mit Holz 4/2006
- [9] Blaß, H. J., Ehlbeck, J. Kreuzinger, H. Steck, G. 2004. Erläuterungen zu DIN 1052:2004-08. Deutsche Gesellschaft für Holzforschung DGfH
- [10] Holzbauwerke STEP1, Bemessung und Baustoffe, A4, Informationsdienst Holz
- [11] Holzbauwerke STEP2, Bauteile Konstruktionen Details, D3, Informationsdienst Holz

Adressen

Firmen, die Lehrgänge der MPA Universität Stuttgart „Otto-Graf-Institut“ zur Sanierung von Quersugrissen in BS-Bauteilen mittels Verpressung absolviert haben:
www.brettschichtholz.de

Ultraschallprüfung Sandoz

www.cbs-cbt.com

Normen

DIN 1052:1988 Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung
DIN 1052:2004 Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken
DIN 1055-5:2005 Einwirkung auf Tragwerke – Teil 5: Schnee- und Eislasten
DIN 1055-5:1975 Einwirkung auf Tragwerke – Teil 5: Schnee- und Eislasten
EN 386:2002 Brettschichtholz, Leistungsanforderung und Mindestanforderungen an die Herstellung