Deutsches Institut für Bautechnik
DIBt
Newsletter
01/2012

Ausgabe 1
8. Februar 2012

INHALT

Vorwort 1
Gerhard Breitschaft
Präsident des Deutschen Instituts für Bautechnik

Schäden an Hallentragwerken aus Holz 2

Hinweise zum Tragsicherheits- und Gebrauchstauglich keitsnachweis von Palettenregalen 19

Hinweis zur Entwurfsfassung der Richtlinie für Windenergieanlagen (1/2012) 20

Sitzung der internationalen fib-Arbeitsgruppe "Verankerungen in Beton und Mauerwerk" am 21./22.11.2011 im DIBt 21

Delegation aus der Mongolei zu Gast am 18.1.2012 im DIBt 22

Forschungsbericht EVA (Evaluationssystem für AgBB-Schema Daten) – Kurzbericht 23

Tagung
DAkkS/DIBt-Gemeinschaftstagung "Akkreditierung von notifizierten PÜZ-Stellen im Rahmen der EU-Bauproduktenverordnung am 21.3.2012 in Berlin 24

Liebe Leserinnen und Leser des neuen DIBt-Newsletters,

wir freuen uns, Sie als Leser unseres Newsletters begrüßen zu dürfen. In den letzten gedruckten Ausgaben der DIBt-Mitteilungen haben wir bereits angekündigt, dass diese inkl. der Sonderhefte "Bauregellisten A, B und Liste C" und "Verzeichnis der Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen" ab 2012 online und kostenlos erscheinen werden. Nun ist es soweit! - Neu ist, dass die einstigen Rubriken "Nicht Amtlicher Teil" und "Amtlicher Teil" nun als zwei eigenständige Online-Ausgaben erscheinen werden: als Newsletter und "Amtliche Mitteilungen". Während der DIBt-Newsletter Sie aktuell über Neuigkeiten aus den Arbeitsgebieten des DIBt, über Beschlüsse der Gremien der Bauministerkonferenz und der Europäischen Kommission sowie über neue Entwicklungen aus der Bauforschung informiert, werden die "Amtlichen Mitteilungen" weiterhin bautechnische Richtlinien, Vorschriften und Erlasse enthalten.

Gerhard Breitschaft, Präsident des DIBt

# Schäden an Hallentragwerken aus Holz – Ursachen und Konsequenzen

Matthias Frese[1] (Korrespondenzautor)
Matthias.Frese@kit.edu
Tel. +49/721/608-47948
Fax +49/721/608-44080

Hans Joachim Blaß[1]
Blass@kit.edu

[1]Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Holzbau und Baukonstruktionen
Reinhard-Baumeister-Platz 1
D-76131 Karlsruhe

## Kurzfassung

Es wird über eine Schadensanalyse an Hallentragwerken aus Holz berichtet. 550 Schäden und ihre begleitenden Umstände wurden erfasst und ausgewertet. Die Charakteristika der geschädigten Konstruktionen, Art der Schäden und holzbauspezifische Ursachen werden in ihren anteiligen Zusammensetzungen dargestellt. Risse in Faserrichtung sind die häufigsten Schäden; mit Abstand folgen Fäule und Zug- bzw. Schubbrüche. Zahlenmäßige Beziehungen zwischen Schäden und Ursachen zeigen, dass vor allem Konstruktionen, in denen Querzugspannungen wirken, und solche, die Klimawechseln bzw. zu hohen Lasten ausgesetzt sind, durch Schäden auffällig wurden. Die Ursachen von Schäden liegen weit überwiegend im konstruktiven Bereich. Um künftige Schäden zu vermeiden, muss dem Entwurf, der Berechnung und Detaillierung mehr Zeit gewidmet werden.

## 1 Einleitung

Anfang des Jahres 2006 kam es in Deutschland und auch in den Nachbarländern zu einer Reihe von Einstürzen teilweise Jahrzehnte alter Dachtragwerke aus Holz. Obwohl das Versagen der Konstruktionen in den meisten Fällen unter Einwirkung von Schnee eintrat, kann man nicht davon ausgehen, dass eine außergewöhnlich hohe Schneelast als einzige Ursache anzusehen ist. Etliche Schadensfälle der jüngeren Vergangenheit zeigen, dass in der Regel eine Kombination mehrerer Ursachen in Betracht zu ziehen ist, um das Versagen eines Tragwerks zu erklären.
Bislang gibt es für Deutschland keine ganzheitliche statistische und systematische Betrachtung von Schadensfällen an Hallentragwerken aus Holz, aus der sich Konsequenzen für die Planung von Holztragwerken und für den bauaufsichtlichen Handlungsbedarf ableiten lassen. Schadensfälle, die z. B. in der Fachliteratur diskutiert werden, sind zumeist Einzelbetrachtungen, aus denen solche Konsequenzen nicht zuverlässig entwickelt werden können. Aus diesen Gründen wurde im Jahr 2006 das Forschungsprojekt „Schadensanalyse von Hallentragwerken aus Holz“ initiiert. Dessen erstes Ziel war es, Grundlagen für eine ganzheitliche Betrachtung zu schaffen. Dies umfasste den Aufbau einer Datenbank, in der Datensätze über Schadensfälle gespeichert wurden, und die Entwicklung einer Systematik zur Klassifikation, Beschreibung und Auswertung der Daten. Das zweite Ziel und Hauptziel war es, Gründe für Schäden an Holztragwerken und entsprechende Konsequenzen benennen zu können.
Das Deutsche Institut für Bautechnik förderte das Projekt. Die Ergebnisse sind in einem online frei zugänglichen Forschungsbericht [1] umfassend dargestellt. Über Schadensfälle bei Hallentragwerken aus Holz, insbesondere im skandinavischen Raum, berichtet die Forschungsarbeit [2]. Im Vergleich mit [1] liegt dieser Arbeit eine Datenklassifikation zugrunde, die auf einem niedrigeren Detaillierungsgrad aufbaut. Andererseits enthält sie individuelle Analysen von fast 130 Schadensfällen an Holztragwerken.

## 2 Datenerfassung

### 2.1 Herkunft der Daten

Die Daten über die Schadensfälle stammen aus Sachverständigengutachten, einem umfassenden Datenbestand der Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. und aus Sammlungen der Technischen Universitäten München und Graz. Einige wenige Schadensfälle sind der Literatur entnommen oder wurden den

Verfassern direkt mitgeteilt. Das Datenmaterial war daher sehr uneinheitlich und wies große qualitative Unterschiede auf. Die Mehrheit der ausgewerteten Schadensbeschreibungen betrifft Hallentragwerke aus Holz mit Standort Deutschland.

### 2.2 Datenklassifikation

Bauwerke, vor allem ihre Tragwerke, bestehen in der Regel aus wiederkehrenden Einzelbauteilen. Diese wiederum werden mit ebenfalls wiederkehrenden Konstruktionsprinzipien zum Tragwerk zusammengefügt. Bauwerke einer bestimmten Gruppe, hier Hallentragwerke aus Holz, sind daher sehr gut vergleichbar. Das vereinfacht die Datenerfassung und die gemeinsame Betrachtung der Tragwerkscharakteristika, der Schäden und ihrer Fehlerquellen.
Es wurde ein System entwickelt, mit dem ein Schadensfall schnell und zuverlässig in einem Datenspeicher erfasst werden kann. Die Merkmale eines Schadensfalls sind nach thematischen Gesichtspunkten fünf Gruppen zugeordnet: Bauwerks-, Bauteil-, Baustoff- und Schadensmerkmale sowie Fehlerquellen. Bild 1 zeigt die Systematik mit einer Auswahl an wichtigen Merkmalen und den zugehörigen bzw. beispielhaften Merkmalsausprägungen. Abgesehen von quantitativen bzw. metrischen Merkmalen wie z. B. der *Höhe über NN* werden die qualitativen Merkmale wie z. B. *Kreis* oder *Beheizung* mit einem festgelegten Vokabular, bestehend aus Schlagwörtern, erfasst. Die vollständige Systematik in [1] enthält über 60 qualitative und quantitative Merkmale sowie eine Vielzahl an Schlagwörtern, um einen Schadensfall prägnant zu beschreiben.
Die nachstehenden Erläuterungen der Merkmale und Schlagwörter folgen der Ordnung in Bild 1. Die Bauwerksmerkmale sollen ein Bild der geschädigten Hallentragwerke vermitteln. Damit sollen Fragen beantwortet werden wie: Woher stammen die Schadensdaten, wo in Deutschland befinden sich die Bauwerke und wie war die geografische Höhe des Standorts? Im Gegensatz dazu gehen Bauteil- und Baustoffmerkmale ins Detail und stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit einem Schaden. Sie geben Auskunft über Tragsysteme, beschädigte Bauteile und das verwendete Material. Bild 2 verdeutlicht vier Schlagwörter für das Merkmal *betroffenes Bauteil*.
Schadensparameter beschreiben das ursprüngliche Schadensbild, auch im Hinblick auf die Konsequenzen für die Bauteil- oder Tragwerksstandsicherheit. Gemäß ihrer Bezeichnung treten Initialschäden zuerst auf. Sie grenzen sich dadurch von Sekundärschäden ab, die z. B. durch einen Schaden an einem anderen Bauteil ausgelöst werden. Nicht jeder Initialschaden stellt notwendigerweise eine Form des Versagens dar, jedoch umgekehrt; die Initialschäden *bedenkliche Verformung*, *Durchfeuchtung*, *Fäule*, *Bläue- oder Schimmelpilze*, *Korrosion* oder kleinere *Risse in Faserrichtung* (Bild 3, links) führen in der Regel nicht zum Versagen eines Bauteils oder Tragwerks. Der *Zugbruch* schließt im Sinne dieser Arbeit den Biegebruch ein, weil ein Biegeversagen in der Regel durch ein lokales Zugversagen ausgelöst wird. *Risse in Faserrichtung* (vgl. Bilder 3, 8 - 9), *Schub*- und *Zugbrüche* haben eine besondere Bedeutung.

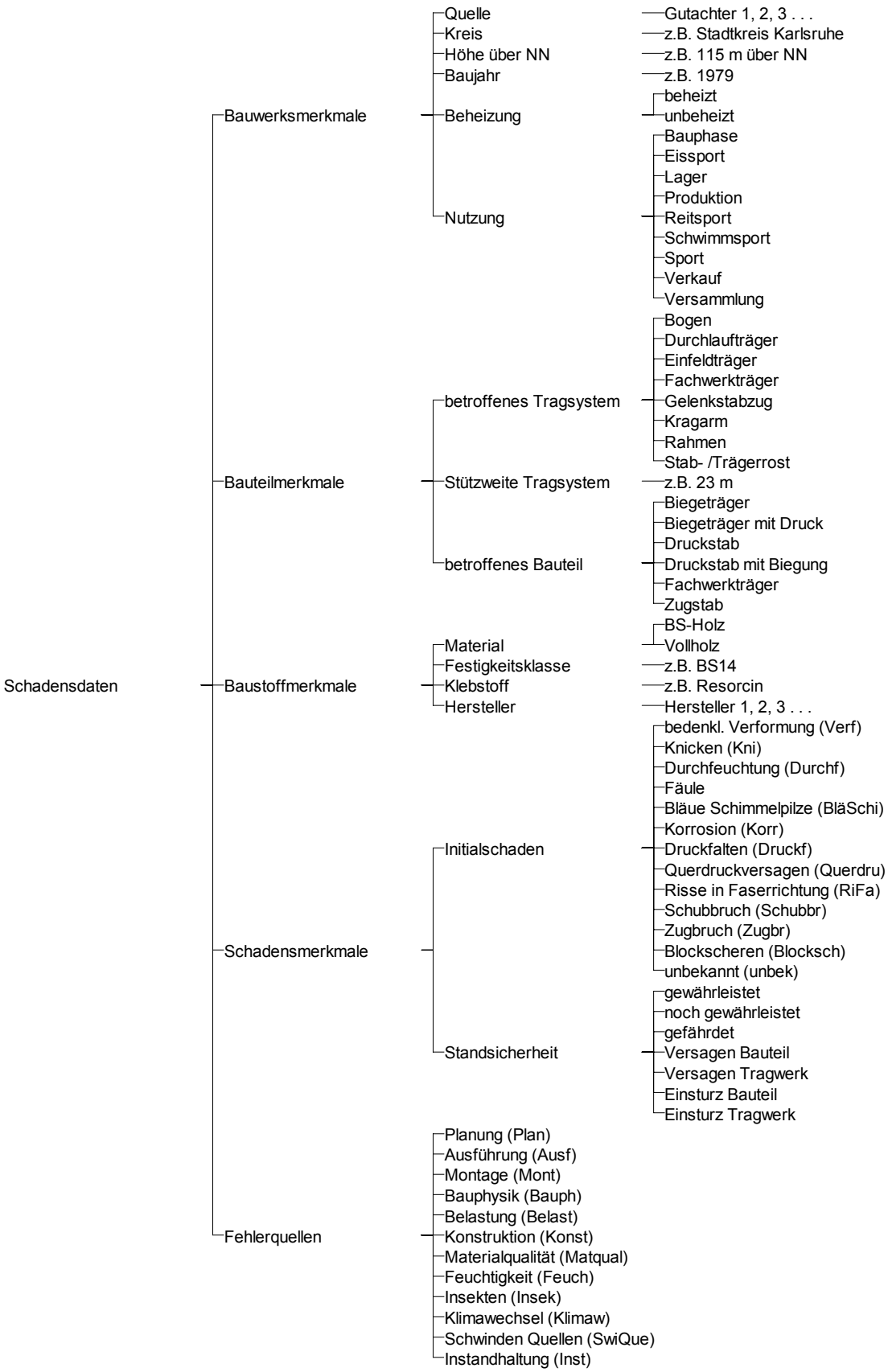



Bild 1 Gliederung der Schadensdaten: Auswahl an Schlagwörtern und an quantitativen Merkmalen, Abkürzungen in Klammern für Tabelle 11

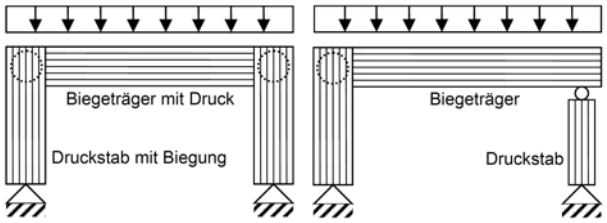



Bild 2 Klassifikationen von betroffenen Bauteilen nach Schnittkräften

Durch sie werden Festigkeitswerte von Voll- und BS-Holz im verbauten Zustand, also in Bauteilgröße, unter Beweis gestellt. Diese von Labormethoden unabhängige Perspektive zeigt Stärken und Schwächen des Materials vor dem Hintergrund von z. B. Klimawechseln, Belastungshistorie und Bauteilgröße auf.
Die Merkmalsausprägungen der *Standsicherheit* sind Einschätzungen der Experten in ihren Sachverständigengutachten. Sie beziehen sich auf beschädigte einzelne Bauteile oder ganze Tragwerke. *Gewährleistet* steht für eine ausreichende Standsicherheit; *noch gewährleistet* heißt, dass in näherer Zukunft kleinere Sanierungsarbeiten empfohlen oder notwendig sind; *gefährdet* sind Bauteile oder Tragwerke, bei denen ein gravierender Initialschaden vorliegt, der die Standsicherheit unter das erforderliche Maß absinken lässt, was dann größere Instandsetzungsarbeiten erforderlich macht. Die Schlagwörter *Versagen Bauteil* oder *Versagen Tragwerk* stehen für den offensichtlichen Verlust der Standsicherheit, aber nicht für einen Einsturz. Das Bauteil oder Tragwerk kann seine Funktion nicht länger erfüllen (vgl. Bild 3, rechts und Bild 8). Um dem subjektiven Sicherheitsbedürfnis gerecht zu werden, müssen z. B. Abstützungs- oder Sicherungsmaßnahmen am Bauteil oder Tragwerk alsbald durchgeführt werden. *Einsturz Tragwerk* steht für den vollständigen Verlust eines Bauwerks, *Einsturz Bauteil* für einen Teilverlust. Eine Instandsetzung ist dann mit entsprechend großem Aufwand verbunden. Die Merkmalsausprägungen zur Standsicherheit unterliegen einer Rangfolge, die durch das Spektrum zwischen standsicher und Einsturz gekennzeichnet ist.

Bild 3 Risse in Faserrichtung: (links) unbedenkliche Schwindrisse, z. B. in statisch unbeanspruchten Bereichen; (rechts) Versagen von Satteldachbindern mit geneigtem Untergurt aufgrund von durchgehenden Rissen, sofortige Abstützung notwendig

Die Merkmalsausprägungen der Fehlerquellen entsprechen 12 Kategorien, denen die unterschiedlichen Ursachen für Initialschäden zugeordnet werden können. Beispiele für Ursachen enthält Tabelle 1. Hinsichtlich der vollständigen Differenzierung innerhalb der Kategorien wird auf [1] verwiesen.

Tabelle 1 Kategorien der Fehlerquellen

| Schlagwort | Ursachen |
|---|---|
| Planung | Verstöße gegen Vorschriften/allgemein anerkannte Regeln der Technik; Nichtbeachtung von Ingenieurwissen, z.B. in der Fachliteratur; Fehler in der statischen Berechnung |
| Ausführung | Verwendung von frischem Holz; fehlende Entwässerung aufgrund von falsch installierten Abläufen; falsche Anzahl oder falscher Durchmesser der Verbindungsmittel; Nichtbeachtung von Vorschriften hinsichtlich der Bauausführung; ungünstige Veränderungen des Tragsystems, der Querschnittsmaße oder der Festigkeitsklasse |
| Montage | Transportschäden; unzureichender Bauteilschutz gegen Witterungseinflüsse; fehlende Stützmaßnahmen während der Bauphase |
| Bauphysik | Wärmestrahlung (Eissporthallen); Sonneneinstrahlung; Bauteile, die Innen- und Außenklima ausgesetzt sind (z. B. Giebelbinder) |
| Belastung | Überlastung hinsichtlich ständiger Lasten, Nutz-, Schnee- und Windlasten sowie Wasseransammlung (auf Flachdächern) |
| Konstruktion | Ausgeklinkte Träger; Dübelkreise in Rahmenecken; Träger mit Durchbrüchen; mangelhafter baulicher Holzschutz; Zugspannungen quer zur Faser bei Queranschlüssen; Schwindbehinderung (z. B. eingeschlitzte Stahlbleche); biegebeanspruchte gekrümmte oder geknickte Bauteile; ungewollte Einspannungen; hinsichtlich Berechnung und Ausführung schwer beherrschbare Konstruktionen |
| Materialqualität | Mangelhafte Qualität von Holz, Keilzinken oder Klebefugen hinsichtlich der erforderlichen Eigenschaften; Vorschädigungen |
| Feuchtigkeit | Hohe Holzfeuchte aufgrund von Dachundichtigkeiten oder Sprinkleranlagen in Reithallen |
| Klimawechsel | Zyklische Holzfeuchte-Änderungen bei BS-Holz aufgrund von Klimawechseln mit der Folge von wechselnden Feuchtegefällen im Querschnitt |
| Schwinden oder Quellen | Langfristige Ab- oder Zunahme der Holzfeuchte mit der Folge von Schwinden oder Quellen |
| Instandhaltung | Versäumnisse bei der Inspektion, Wartung und Instandsetzung |

Die Fehlerquelle *Planung* betrifft die technische Planung einer Konstruktion, eines Bauteils bzw. Tragwerks. Charakteristisch für die Fehlerquelle *Bauphysik* ist allgemein ein ungünstiger Wärmetransport. Die Fehlerquelle *Konstruktion* umfasst konstruktive Eigenarten, die bei einem Schadensfall zu den unmittelbaren begleitenden Umständen zählen. *Bauphysik* und *Konstruktion* werden, obwohl sie ihren Ursprung bereits in der technischen Planung haben, wegen ihrer großen Bedeutung als eigene Fehlerquellen aufgeführt. *Ausführung* steht im Zusammenhang mit der Durchführung der Arbeiten auf der Baustelle und kennzeichnet ungünstige Abweichungen von der Planung. *Montage* betrifft Mängel bei der Montage von Bauteilen und Tragsystemen. *Belastung* bezieht sich auf jede Art von Überlastung. *Feuchtigkeit* meint Feuchtigkeitszutritt, der stets äußere Ursachen hat, und betrifft damit nicht schädliche Feuchtigkeit aufgrund von z. B. Wärmestrahlung (in Eissporthallen) oder mangelndem baulichen Holzschutz. *Klimawechsel*, siehe [3] und [4], sind die Ursache für daraus resultierende Eigenspannungen in BS-Holz-Querschnitten. *Schwinden oder Quellen* betrifft die Volumenänderung eines ganzen Querschnitts. *Schwinden oder Quellen* wird nur gemeinsam mit der Fehlerquelle *Konstruktion* genannt, wenn konstruktive Eigenarten das Schwinden behindern (Wo nichts schwindet, führt auch eine Behinderung nicht zum Schaden).
Für einige Fehlerquellen lassen sich Verantwortliche benennen: *Planung*, *Bauphysik* und *Konstruktion* betreffen die gesamte Planungsphase eines Bauwerks und damit die Planer, *Ausführung* und *Montage* den Bauunternehmer. *Materialqualität* steht fast ausnahmslos im Zusammenhang mit Herstellern von BS-Holz und *Instandhaltung* mit Eigentümern oder Verfügungsberechtigten.

## 3 Darstellung der Bauwerke und ihrer Schäden

### 3.1 Allgemeines

Die Datenbank enthält 550 Datensätze. Jeder Satz beschreibt im Kern einen einzigen Initialschaden und die Bauwerks-, Bauteil- und Baustoffmerkmale sowie die dem Initialschaden zugeordneten Fehlerquellen. Mehrfachzuordnungen sind bei den Fehlerquellen die Regel. Da in manchen Bauwerken zwei und mehr Initialschäden vorhanden sind, verteilen sich die 550 Schäden auf insgesamt 428 Bauwerke. In 33 Fällen war die Zuweisung einer eindeutigen Merkmalsausprägung zu einem Initialschaden nicht möglich. In solchen Fällen wird ein Initialschaden als *unbekannt* bezeichnet. Aufgrund von fehlenden Angaben in den Schadensbeschreibungen konnten nicht für alle Merkmale bzw. Fehlerquellen entsprechende Ausprägungen festgelegt werden. Die Gesamtzahlen in den folgenden Tabellen und Häufigkeitsdiagrammen sind daher unterschiedlich.

### 3.2 Bauwerksmerkmale

Die Standorte der Bauwerke liegen hauptsächlich in den alten Bundesländern (Bild 4). Daten zu Schadensfällen in den neuen Bundesländern waren für dieses Forschungsprojekt praktisch nicht verfügbar. Hauptgrund dafür ist die Teilung Deutschlands bis 1989, durch die der Informationsaustausch zwischen Sachverständigen bis zur Wiedervereinigung und auch noch lange danach sehr eingeschränkt war. Es dürfen daher keine Rückschlüsse dahingehend gezogen werden, dass Hallentragwerke aus Holz in den neuen Bundesländern keine vergleichbaren Schäden aufweisen. Die meisten Schäden, die in der Datenbank gespeichert sind, stammen aus den vier Bundesländern mit den höchsten Bevölkerungszahlen: Baden-Württemberg, Bayern, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen. Hinsichtlich der Schneelast wurde die Geländehöhe der Bauwerke erfasst (Bild 5). Sie reicht von 1 m im Norddeutschen Tiefland bis 1145 m über NN im Mittelgebirgs-, Alpenvorland bzw. in den Alpen. Das Baujahr der Bauwerke umfasst einen Zeitraum von 1912 bis 2006 und beträgt im Mittel 1979 (Bild 6). 80 % der Hallentragwerke haben eine geschlossene Gebäudehülle. Die Verteilung der Nutzungsklassen (NKL) zeigt, dass die NKL 1 überwiegt (Tabelle 2). Die Mehrzahl der Hallen war beheizt. Hinsichtlich der Nutzung finden sich unter den geschädigten Hallen häufig Sporthallen und solche, die der Lagerung, Produktion oder Versammlung dienen.

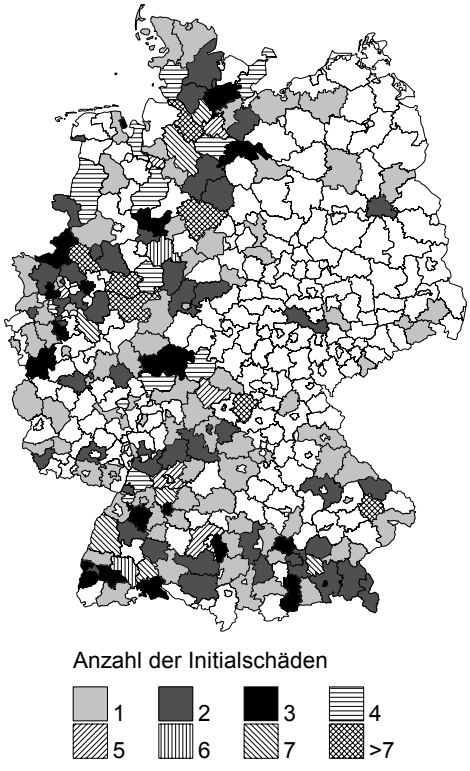



Bild 4 Verteilung der Initialschäden in einer Deutschlandkarte mit Kreisgrenzen

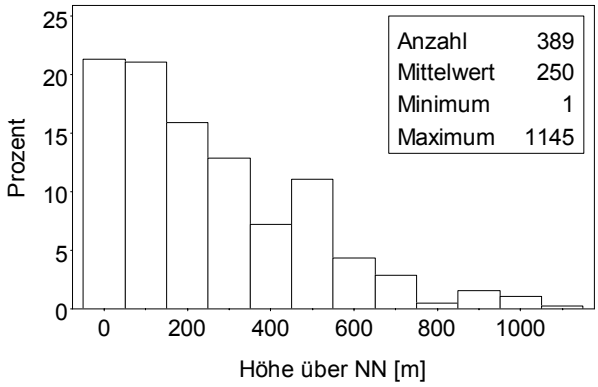



Bild 5 Häufigkeitsverteilung der Geländehöhe über dem Meeresspiegel

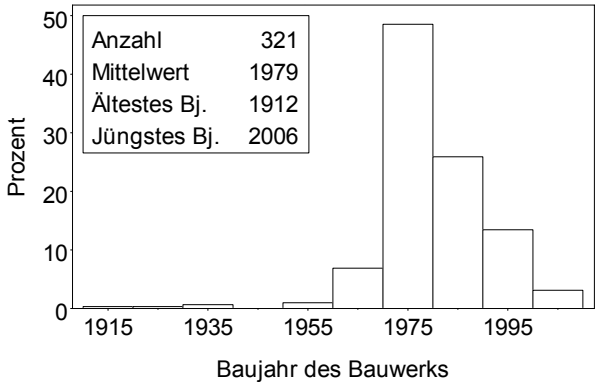



Bild 6 Häufigkeitsverteilung des Baujahres der Bauwerke

Tabelle 2 Nutzungsklassen der Bauwerke

| Bestimmtheit | Anzahl/Gesamt | Anteil [%] |
|---|---|---|
| 1 | 290/428 | 67,8 |
| 2 | 57/428 | 13,3 |
| 3 | 28/428 | 6,5 |
| keine Angabe | 53/428 | 12,4 |

### 3.3 Bauteil- und Baustoffmerkmale

Schäden wurden hauptsächlich bei Ein- und Mehrfeldträgern (einschließlich solcher mit Gelenken) sowie bei Rahmen beobachtet (Tabelle 3). Die 14 aufgeführten Fachwerkträger stehen für nicht spezifizierte Tragsysteme, bei denen nur einzelne Bauteile wie Gurte (Biegeträger), Druck- oder Zugstäbe betroffen waren. Die Mehrheit der betroffenen Tragsysteme ist statisch bestimmt; statisch unbestimmte Systeme sind selten (Tabelle 4). Die Anteile in den Tabellen 3 und 4 entsprechen folglich einander. Die Häufigkeitsverteilung der Tragsystem-Stützweite zeigt Bild 7. Der Modalwert ist 20 m und entspricht der typischen Stützweite bei Sport- und Reitsporthallen. Schäden an sehr weit gespannten Hallen wurden eher selten beobachtet. Zwei aufschlussreiche Schadensbeschreibungen zu Einstürzen weit gespannter Hallentragwerken aus Holz in Dänemark und Finnland finden sich in [5].

Tabelle 3 Betroffene Tragsysteme

| Tragsystem | Anzahl/Gesamt | Anteil [%] |
|---|---|---|
| Einfeldträger | 290/470 | 61,7 |
| Kragträger | 9/470 | 1,9 |
| Mehrfeldträger | 34/470 | 7,2 |
| Gelenkstabzug | 12/470 | 2,6 |
| Rahmen | 43/470 | 9,1 |
| Bogen | 5/470 | 1,1 |
| Stab-/Trägerrost | 6/470 | 1,3 |
| Fachwerkträger | 14/470 | 3,0 |
| keine Angabe | 57/470 | 12,1 |

Tabelle 4 Statische Bestimmtheit der Tragsysteme

| Bestimmtheit | Anzahl/Gesamt | Anteil [%] |
|---|---|---|
| bestimmt | 369/470 | 78,5 |
| 1fach unbestimmt | 19/470 | 4,0 |
| 2fach unbestimmt | 2/470 | 0,4 |
| vielfach unbestimmt | 6/470 | 1,3 |
| keine Angabe | 74/470 | 15,7 |

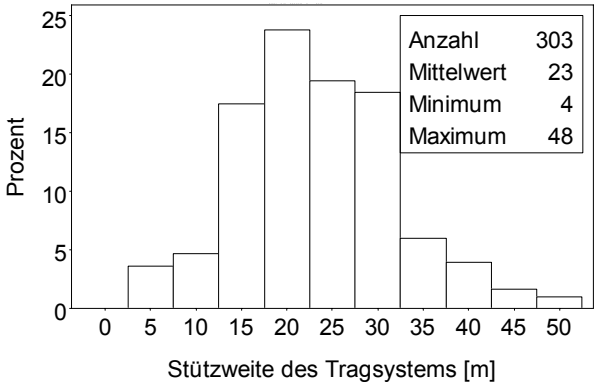



Bild 7 Häufigkeitsverteilung der Stützweite

Die Anteile der betroffenen Bauteile sind in Tabelle 5 zusammengestellt. Biegeträger, die erwartungsgemäß häufig das Primärtragwerk in Hallen bilden, sind dementsprechend oft von Schäden betroffen. Mit größerem Abstand folgen Biegeträger mit Druck (Rahmenriegel), Druckstäbe mit Biegung (Rahmenstiele) und Fachwerkträger. Unauffällig sind Druck- und Zugstäbe. Die anteilige Zusammensetzung der Bauteilformen in Tabelle 6 zeigt, dass nicht nur gekrümmte Bauteile und Satteldachträger, jeweils planmäßig durch Querzug beansprucht, besonders häufig auffällig sind, sondern auch gerade Bauteile. Nahezu 90 % der geschädigten Bauteile sind aus BS-Holz (Tabelle 7). In den meisten Fällen handelt es sich um BS-Holz der Güteklasse I. Mit Abstand folgen Güteklasse II und dann BS14. Den geschädigten BS-Holz-Bauteilen sind etwa 40 namentlich unterschiedliche Hersteller zugeordnet. Dabei ist anzunehmen, dass Werksgröße bzw. Produktionsleistung der einzelnen Hersteller und die Schadenshäufigkeit von Bauteilen aus ihrer Herstellung proportional zueinander sind. Schadenshäufungen im Zusammenhang mit bestimmten Herstellern sind mit Sicherheit auszuschließen. Die große Zahl der unterschiedlichen Hersteller weist darauf hin, dass Schäden bei BS-Holz nicht ein Problem nur einzelner Hersteller, sondern ein produktspezifisches Problem darstellen.

Tabelle 5 Betroffene Bauteile

| Betroffenes Bauteil | Anzahl/Gesamt | Anteil [%] |
|---|---|---|
| Biegeträger | 339/470 | 72,1 |
| Biegeträger mit Druck | 37/470 | 7,9 |
| Druckstab | 8/470 | 1,7 |
| Druckstab mit Biegung | 29/470 | 6,2 |
| Zugstab | 9/470 | 1,9 |
| Fachwerkträger | 25/470 | 5,3 |
| keine Angabe | 23/470 | 4,9 |

Tabelle 6 Bauteilformen

| Bauteilform | Anzahl/Gesamt | Anteil [%] |
|---|---|---|
| gerade | 153/470 | 32,6 |
| geknickt | 9/470 | 1,9 |
| gekrümmt | 32/470 | 6,8 |
| trapezförmig | 21/470 | 4,5 |
| fischbauchförmig | 6/470 | 1,3 |
| parallel[1] | 3/470 | 0,6 |
| Satteldach[2] | 15/470 | 3,2 |
| Satteldach UG geneigt | 122/470 | 26,0 |
| Satteldach UG gerade | 61/470 | 13,0 |
| keine Angabe | 48/470 | 10,2 |

[1] Ausschließlich Fachwerkträger

[2] UG-Neigungen unbekannt

Tabelle 7 Baustoffe

| Baustoff | Anzahl/Gesamt | Anteil [%] |
|---|---|---|
| BS-Holz | 410/470 | 87,2 |
| BS-Holz/Vollholz[1] | 2/470 | 0,4 |
| BS-Holz/Holzwerkstoff[1] | 7/470 | 1,5 |
| Vollholz | 45/470 | 9,6 |
| Holzwerkstoff | 3/470 | 0,6 |
| keine Angabe | 3/470 | 0,6 |

[1] Kombination aus beiden

### 3.4 Schadensmerkmale und weiterführende Überlegungen

Tabelle 8 zeigt die Verteilung der 550 Initialschäden auf die definierten Schadensbilder. 70 % der Schäden entfallen auf Risse in Faserrichtung, die vorwiegend in BS-Holz-Bauteilen festgestellt wurden (vgl. Tabelle 7). 6 % der Schäden entfallen jeweils auf Zug-, Schubbrüche und Fäule. In der Summe betreffen 5 % die Gebrauchstauglichkeit und das Aussehen der Bauteile. Knicken und Korrosion liegen im Bereich von 1 %. Blockscheren und Querdruckversagen sind Einzelfälle. Druckfalten sind in der Datenbank nicht registriert. In 6 % der Fälle fehlten in den Schadensbeschreibungen belastbare Angaben, um ein Schadensbild eindeutig festzulegen.

Die auffällige Häufigkeit von Rissen in Faserrichtung in gekrümmten BS-Holz-Trägern mit öffnenden Biegemomenten (Bild 3, rechts und Bild 8) war Auslöser für weitergehende Überlegungen zu ihrer Entstehung [6]. Unter Berücksichtigung der Anisotropie der Schwind- und Quellmaße in der Ebene gekrümmter Bereiche (longitudinal/tangential-radial ≈ 1:24) führen Holzfeuchte-Änderungen zu Krümmungsänderungen und bei ungünstigen Lagerungsbedingungen zu Querspannungen. Ein in der Rand- und Kernzone unterschiedlich ausgeprägtes Längsschwindverhalten der Lamellen bedingt bei Holzfeuchte-Änderungen in kombinierten gekrümmten Trägern ebenfalls Querspannungen. Diese Spannungen begünstigen die

Entstehung von Rissen in gekrümmtem BS-Holz. [7] und [8] behandeln Grundsätzliches zur Verformungsberechnung von BS-Holz-Bauteilen in Abhängigkeit von Holzfeuchte-Änderungen.
Insbesondere Gutachten enthalten präzise Angaben über die relative Risstiefe (Bild 9) und die Holzfeuchte, die in der Regel mit einem elektronischen Holzfeuchte-Messgerät bestimmt wird. Das Diagramm in Bild 10 zeigt den Zusammenhang zwischen beiden Werten. Die Darstellung deckt sich mit der Annahme, dass Risse in Faserrichtung bevorzugt in solchen Bauteilen vorkommen, die der NKL 1 zuzuweisen sind bzw. die zum Zeitpunkt der Messung eine niedrige Holzfeuchte aufweisen.

Tabelle 8 Verteilung der Initialschäden

| Initialschaden | Anzahl/Gesamt | Anteil [%] |
|---|---|---|
| bedenkliche Verformung | 14/550 | 2,5 |
| Knicken | 6/550 | 1,1 |
| Durchfeuchtung | 10/550 | 1,8 |
| Fäule | 29/550 | 5,3 |
| Bläue- oder Schimmelpilze | 4/550 | 0,7 |
| Korrosion | 5/550 | 0,9 |
| Druckfalten | 0/550 | 0,0 |
| Querdruckversagen | 1/550 | 0,2 |
| Risse in Faserrichtung | 384/550 | 69,8 |
| Schubbruch | 26/550 | 4,7 |
| Zugbruch | 27/550 | 4,9 |
| Zug- oder Schubbruch[1] | 9/550 | 1,6 |
| Blockscheren | 2/550 | 0,4 |
| unbekannt | 33/550 | 6,0 |

[1] Eindeutige Unterscheidung nicht möglich

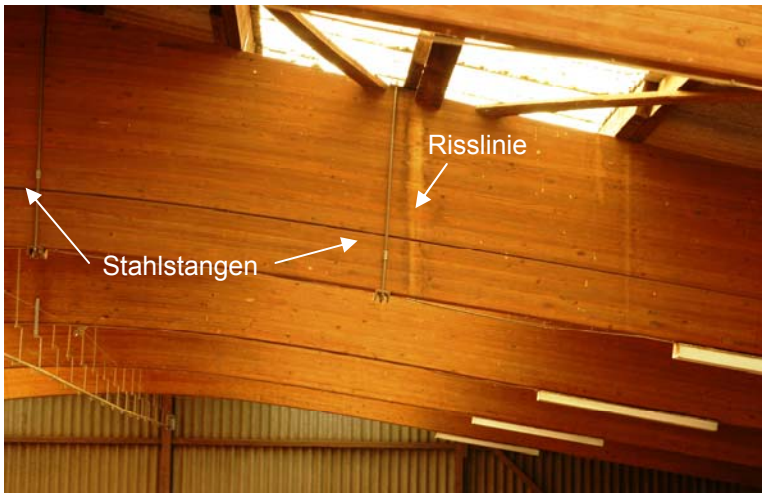



Bild 8 Satteldachbinder mit durchgehendem Riss in Faserrichtung

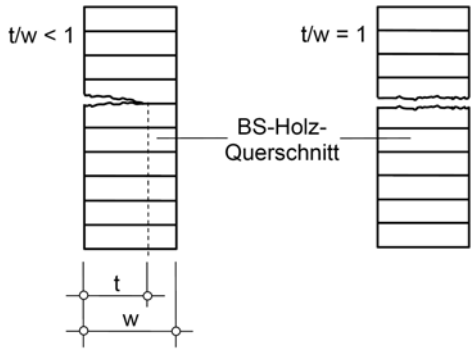



Bild 9 Relative Risstiefe in BS-Holz; (links) teilweiser und (rechts) durchgehender Riss

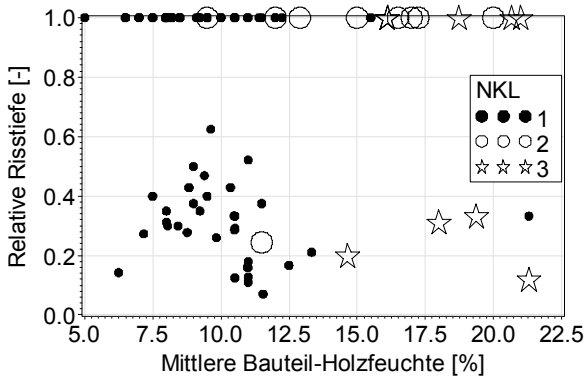



Bild 10 Zusammenhang zwischen Risstiefe und Holzfeuchte

Bild 11 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Bauteilhöhe (im Bereich des Auflagers) von BS-Holz-Trägern mit Schubbrüchen. Bei 19 Trägern der über 26 registrierten Schubbrüche sind die Bauteilhöhen bekannt. Sie liegen zwischen 650 und 2400 mm. Die Verteilung steht nicht im Widerspruch zur Annahme, dass vor allem hohe Bauteile mit einem großen schubbeanspruchten Volumen eine geringere wirksame Schubfestigkeit besitzen als weniger hohe. In den untersuchten Schadensbeschreibungen sind keine Schubbrüche an BS-Holz-Bauteilen mit einer Höhe unter 650 mm dokumentiert, obwohl diese häufig z. B. als Pfetten in Hallentragwerken verwendet werden.

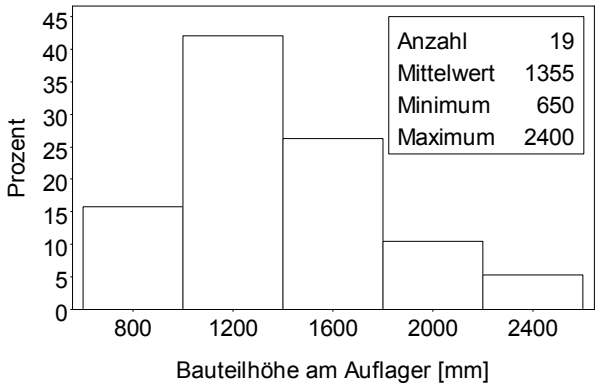



Bild 11 Häufigkeitsverteilung der Bauteilhöhe; BS-Holz-Bauteile mit Schubversagen im Auflagerbereich bzw. im Auflagerbereich und in Feldmitte

Tabelle 9 zeigt die Verteilung der Konsequenzen, die die Initialschäden für die Standsicherheit der Bauteile oder Tragwerke haben. Bei einem knappen Viertel ist die Standsicherheit gewährleistet, einschließlich der Bewertungen *noch gewährleistet*. Bei einem Viertel ist sie gefährdet. Bei einem weiteren Viertel kam es zum Versagen oder Einsturz von Bauteilen oder Tragwerken. Für den Rest lagen keine Bewertungen vor.
Die Bewertungen *gewährleistet*, *noch gewährleistet* und *gefährdet*, deren Anteile zusammen fast 50 % betragen, zeigen, dass durch fachkundige Inspektionen Einschätzungen zur Standsicherheit von Bauteilen und Tragwerken abgeleitet werden können. Darauf können geeignete Maßnahmen aufbauen, die die Standsicherheit weiterhin gewährleisten und die Lebensdauer der tragenden Konstruktion verlängern. Der gemeinsame Anteil der Bewertungen *noch gewährleistet*, *gefährdet* und *Versagen Bauteil* bzw. *Tragwerk* (53 %) belegt überdies für einen großen Teil der Hallentragwerke die Erfüllung der grundlegenden Anforderungen an Bauwerke im Schadensfall [9]. Eine Verteilung ohne diese Bewertungen, die den Übergang zwischen standsicher und Einsturz graduell unterteilen, würde bedeuten, dass Tragwerke ohne vorherige Anzeichen ihre Standsicherheit verlieren und einstürzen. Im Hinblick auf das Abwenden eines Einsturzes kennzeichnen die vorgenannten Bewertungen genau den Handlungsspielraum, in dem noch rechtzeitig reagiert werden kann. Hallentragwerke sind u. a. einem kontinuierlichen Alterungsprozess unterworfen. Der Inspektion, Wartung und Instandsetzung von Tragkonstruktionen auch aus Holz kommt daher eine große Bedeutung zu. Entscheidend für den Erfolg einer Inspektions-, Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahme ist allerdings nicht nur die Sachkunde, sondern vor allem die Unabhängigkeit der damit beauftragten Personen und Firmen. Wie eine erste Inspektion erfolgen kann und welche Schritte in Zweifelsfällen zu gehen sind, beschreibt übersichtlich der Leitfaden [10] zur Begutachtung von Hallentragwerken aus Holz. In der Planung muss daher die Zugänglichkeit zu tragenden Bauteilen für Inspektionen bestmöglich berücksichtigt werden.

Tabelle 9 Bewertungen zur Standsicherheit

| Standsicherheit | Anzahl/Gesamt | Anteil [%] |
|---|---|---|
| gewährleistet | 43/550 | 7,8 |
| noch gewährleistet | 79/550 | 14,4 |
| gefährdet | 135/550 | 24,5 |
| Versagen Bauteil | 77/550 | 14,0 |
| Versagen Tragwerk | 3/550 | 0,5 |
| Einsturz Bauteil | 14/550 | 2,5 |
| Einsturz Tragwerk | 41/550 | 7,5 |
| keine Angabe | 158/550 | 28,7 |

Bei 123 Schadensfällen ist das Jahr, bei 96 der Monat, in dem ein für die Standsicherheit relevanter Initialschaden auftrat, genau bekannt. Solche Schäden sind Risse in Faserrichtung, Zug- und Schubbrüche, Knicken sowie Blockscheren. Sie stehen im Zusammenhang mit Schnittkräften, die in der Regel unter Einwirkung von Schnee Höchstwerte erreichen und daher eine jahreszeitliche Abhängigkeit aufweisen. Während die Jahre, in denen ein Schaden eintrat, gleichmäßig verteilt sind (Bild 12, links, Minimum 1956 nicht berücksichtigt), besteht von Januar bis März (Bild 12, rechts) eine höhere Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens als in den verbleibenden Monaten. Das widerspricht nicht der Annahme, dass trockenes (Innen-)klima im Winter und Vorfrühling zusammen mit Einwirkungen aus Schnee für die standsicherheitsrelevanten Initialschäden, insbesondere für Risse in Faserrichtung, mit auslösend sind.

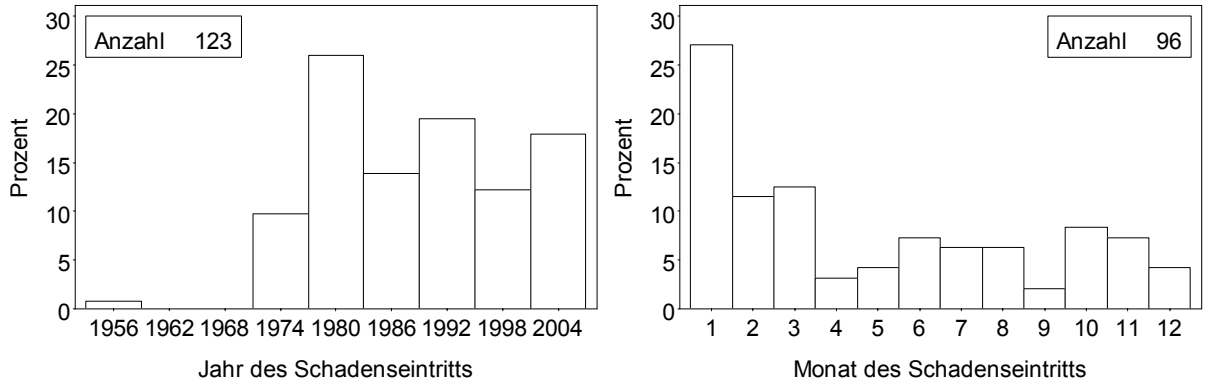



Bild 12 Häufigkeitsverteilung des Jahres und Monats, in dem ein standsicherheitsrelevanter Initialschaden eingetreten ist

Unabhängig von dieser Datendarstellung und Annahme wurde in der neuen überarbeiteten Schneelastnorm von 2005 [11] − im Unterschied zur Fassung von 1975 [12] − der charakteristische Wert der Schneebelastung für höhere Lagen angehoben [13]. Werden diejenigen Hallentragwerke aus der Datenbank isoliert, für die nach heutiger Normung eine effektiv um 25 % höhere Schneelast anzusetzen wäre als noch nach der Fassung von 1975, dann verdoppelt sich der Anteil der Bauteile und Tragwerke mit *Versagen* oder *Einsturz* im Vergleich mit der Auswertung aller Hallentragwerke. Insofern war eine aus heutiger Sicht überhöhte Schneebelastung in der Vergangenheit in einigen Fällen mit Ursache für Formen des Versagens und Einsturzes.
Bei über 35 % der standsicherheitsrelevanten Schäden lag eine Zeitspanne von fünf Jahren zwischen Baujahr und Schadenseintritt, bei der Mehrheit der Fälle waren es zehn Jahre (Bild 13). Eigentlich wäre zu erwarten, dass Schäden zu einem viel späteren Zeitpunkt nach der Errichtung auftreten. Das frühe Auftreten von Schäden, insbesondere von Rissen in Faserrichtung, ist die Folge der Holztrocknung z B. durch rasches Beheizen. Das führt zu ungünstigen Eigen- bzw. Querzugspannungen in BS-Holz-Querschnitten. Im Einklang damit steht die Vermutung zum Einsturz der Siemens Arena im Januar 2003 [5]. Es wird das trockene Innenklima als Auslöser (nicht als Ursache) für den Teileinsturz des erst zwei Jahre zuvor errichteten, über 72 m frei spannenden Tragwerks verantwortlich gemacht.

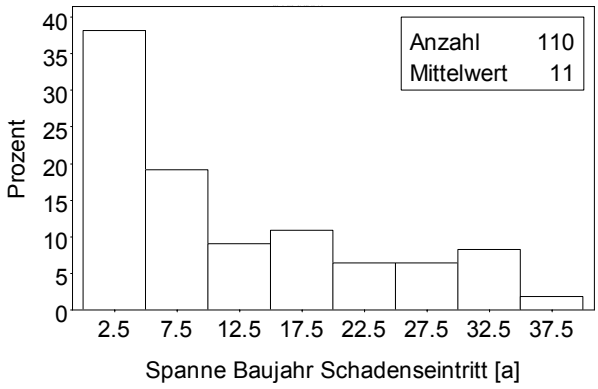



Bild 13 Spanne zwischen Baujahr und Schadenseintritt; nur standsicherheitsrelevante Initialschäden berücksichtigt

### 3.5 Fehlerquellen

Jedem Initialschaden wurde mindestens eine Fehlerquelle zugeordnet; insgesamt verteilen sich so 985 Fehlerquellen auf 550 Schäden. Mit einem Schaden sind im Mittel fast zwei Fehlerquellen assoziiert. Wenn ein Kausalzusammenhang gegeben ist, wurde eine Fehlerquelle ohne Gewichtung einem Schaden zugeordnet, d.h. sie wird entweder ganz oder gar nicht mit einem Schaden verknüpft. Auch gibt es keine

Rangfolge innerhalb der Fehlerquellen, die ihnen eine unterschiedliche quantitative Bedeutung zukommen lässt oder sie untereinander vergleichbar macht.
Die einzelnen Anteile der Fehlerquellen stehen in Tabelle 10. Diese Verteilung macht zunächst deutlich, wo die Schwerpunkte für die Ursachen der hier diskutierten Schäden liegen: In der Hauptsache werden Schäden im Zusammenhang mit der *Konstruktion* (29,3 %) beobachtet. Das sind vor allem solche, in denen Querzugspannungen wirken oder die über keinen ausreichenden baulichen Holzschutz verfügen (s. Tab. 1). *Klimawechsel* (12,8 %), *Schwinden oder Quellen* (9,8 %), nur alleine betrachtet, *Belastung* (10,7 %), *Materialqualität* (8,2 %), *Planung* (6,5 %), *Bauphysik* (6 %) und *Ausführung* (5,3 %) sind von mäßiger Bedeutung. Eine untergeordnete Rolle spielen ungünstige Einflüsse aus *Montage*, *Feuchtigkeit* und *Instandhaltung*.
Ergänzend zu Tabelle 10 schlüsselt die zweidimensionale Kontingenztabelle 11 die 985 Verknüpfungen zwischen Initialschäden und Fehlerquellen auf. Für die im Holzbau besonders nachteiligen Schäden wie *Fäule, Risse in Faserrichtung* sowie *Schub- und Zugbruch* lassen sich diejenigen Fehlerquellen mit den meisten Verknüpfungen als Hauptursachen identifizieren:

- Konstruktion (38 %) + Feuchtigkeit (19 %) → Fäule,
- Konstruktion (35 %) + Klimawechsel (17 %) → Risse in Faserrichtung,
- Konstruktion (20 %) + Belastung (17 %) + Materialqualität (15 %) → Schubbruch,
- Belastung (26 %) + Materialqualität (24 %) → Zugbruch.

Die gerundeten Prozentwerte in Klammern entsprechen den 3-stelligen Werten in der Kontingenztabelle. Kriterium für die Auswahl der vier Fehlerquellen-Kombinationen war, dass die Summe ihrer Anteile jeweils mindestens 50 % beträgt, wodurch die angegebenen Kombinationen ihre Bedeutung als Hauptursache erhalten.
Zum Beispiel entfallen bei *Fäule* 38 % der Verknüpfungen auf die Fehlerquelle *Konstruktion* und 19 % auf *Feuchtigkeit*. Beim Initialschaden *Risse in Faserrichtung* entfallen 35 % auf *Konstruktion* und 17 % auf *Klimawechsel*, beim Initialschaden *Schubbruch* 20 % auf *Konstruktion*, 17 % auf *Belastung* und 15 % auf *Materialqualität*.
Im Vergleich mit Tabelle 10 muss auch die differenziertere Betrachtung zeigen, dass Schäden besonders häufig im Zusammenhang mit Konstruktionen stehen. Die Schadensursachen liegen daher insbesondere in der Wahl oder im Entwurf einer ungeeigneten Konstruktion, die durch mangelhafte Planung und Detaillierung gekennzeichnet ist. Außergewöhnlich hohe Belastungen (im Sinne des probabilistischen Sicherheitskonzepts) und schlechte Materialqualität zählen zu den Hauptursachen der erfassten Schub- bzw. Zugbrüche.

Tabelle 10 Verteilung der allgemeinen Fehlerquellen

| Fehlerquellen | Anzahl/Gesamt | Anteil [%] |
|---|---|---|
| Planung | 64/985 | 6,5 |
| Ausführung | 52/985 | 5,3 |
| Montage | 22/985 | 2,2 |
| Bauphysik | 59/985 | 6,0 |
| Belastung | 105/985 | 10,7 |
| Konstruktion | 289/985 | 29,3 |
| Materialqualität | 81/985 | 8,2 |
| Feuchtigkeit | 21/985 | 2,1 |
| Insekten | 0/985 | 0,0 |
| Klimawechsel | 126/985 | 12,8 |
| Schwinden oder Quellen | 97/985 | 9,8 |
| Instandhaltung | 10/985 | 1,0 |
| keine Angabe | 59/985 | 6,0 |

Tabelle 11 Initialschäden und zugeordnete Fehlerquellen; Fehlerquellen (1. Zeile); Initialschäden (1. Spalte); Anzahl (oben), Prozentwerte (unten)

| | Plan | Ausf | Mont | Bauph | Belast | Konst | Matqual | Feuch | Klimaw | SwiQue | Inst | k A[2] | Σ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Verf | 1 | 5 | 1 | 2 | 7 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| | 21 | | | | | | | | | | | | |
| | 4,8[1] | 23,8 | 4,8 | 9,5 | 33,3 | 9,5 | 4,8 | 0 | 0 | 4,8 | 0 | 4,8 | |
| Kni | 2 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 8 |
| | 25 | 25 | 0 | 0 | 37,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12,5 | |
| Durchf | 0 | 0 | 1 | 7 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 11 | | | | | | | | | | | | |
| | 0 | 0 | 9,1 | 63,6 | 0 | 9,1 | 0 | 18,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Fäule | 0 | 0 | 0 | 5 | 1 | 16 | 1 | 8 | 0 | 0 | 7 | 4 | |
| | 42 | | | | | | | | | | | | |
| | 0 | 0 | 0 | 11,9 | 2,4 | 38,1 | 2,4 | 19 | 0 | 0 | 16,7 | 9,5 | |
| BläSchi | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| | 0 | 16,7 | 0 | 66,7 | 0 | 0 | 0 | 16,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Korr | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| | 0 | 0 | 0 | 40 | 0 | 20 | 0 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Querdru | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| RiFa | 44 | 22 | 19 | 32 | 45 | 249 | 51 | 4 | 119 | 91 | 0 | 42 | |
| | 718 | | | | | | | | | | | | |
| | 6,1 | 3,1 | 2,6 | 4,5 | 6,3 | 34,7 | 7,1 | 0,6 | 16,6 | 12,7 | 0 | 5,8 | |
| Schubbr | 6 | 5 | 0 | 4 | 10 | 12 | 9 | 1 | 6 | 5 | 0 | 2 | |
| | 60 | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | 8,3 | 0 | 6,7 | 16,7 | 20,0 | 15 | 1,7 | 10 | 8,3 | 0 | 3,3 | |
| Zugbr | 8 | 10 | 0 | 3 | 14 | 2 | 13 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 | |
| | 55 | | | | | | | | | | | | |
| | 14,5 | 18,2 | 0 | 5,5 | 25,5 | 3,6 | 23,6 | 3,6 | 0 | 0 | 1,8 | 3,6 | |
| Schubbr | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 3 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| | 15 | | | | | | | | | | | | |
| o. Zugbr | 6,7 | 0 | 0 | 0 | 53,3 | 20 | 13,3 | 0 | 6,7 | 0 | 0 | 0 | |
| Blocksch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | |
| unbek | 0 | 7 | 1 | 0 | 17 | 3 | 4 | 1 | 0 | 0 | 2 | 5 | |
| | 40 | | | | | | | | | | | | |
| | 0 | 17,5 | 2,5 | 0 | 42,5 | 7,5 | 10,0 | 2,5 | 0 | 0 | 5,0 | 12,5 | |
| Σ[3] | 64 | 52 | 22 | 59 | 105 | 289 | 81 | 21 | 126 | 97 | 10 | 59 | |
| | 985 | | | | | | | | | | | | |
| | 6,5 | 5,3 | 2,2 | 6,0 | 10,7 | 29,3 | 8,2 | 2,1 | 12,8 | 9,8 | 1,0 | 6,0 | |
| | 100 | | | | | | | | | | | | |

[1] Beispiel: 1/21·100 = 4.8 %
[2] keine Angabe
[3] Summen und prozentuale Anteile ebenfalls in Tabelle 10

### 3.6 Konsequenzen

Da die Einflussnahme der Ingenieure auf außergewöhnlich hohe Belastungen, z. B. durch Schneelasten weit oberhalb der charakteristischen Werte, und auf die Materialqualität gering ist, liegt nach den Erkenntnissen aus dieser Analyse der Schlüssel zur Schadensvermeidung in der Verbesserung des Konstruktionsprozesses, der Ausarbeitung eines Entwurfs mittels technischer Berechnungen und Überlegungen. Die wichtigsten Schlussfolgerungen, die sich für die verantwortlich am Bauprozess Beteiligten ergeben, sind Folgende:

- Planer: Vermeidung von Querzugspannungen oder Dimensionierung von Querzugverstärkungen; Berücksichtigung des baulichen Holzschutzes; Kenntnis um den ungünstigen Einfluss von Klimawechseln und hohen Temperaturbelastungen auf Bauteile aus BS-Holz; Berücksichtigung des Schwindens und Quellens auch im Hinblick auf die Anisotropie der Schwind- und Quellmaße; Sicherstellung der Zugänglichkeit zu Bauteilen und Tragsystemen für Inspektionen; Entwurf von Tragwerken, deren mögliche Schädigung begrenzt ist; Maßnahmen gegen Zeitdruck während der Planungs- und Ausführungsphase

- BS-Holz-Hersteller: Holztrocknung bis zur Gleichgewichtsfeuchte, die im Bauwerk zu erwarten ist; Oberflächenschutz, um den Feuchtigkeitsaustausch zwischen Holz und Umgebung zu verzögern
- Bauunternehmer: Sorgfältiger Schutz des Holzes während der Bauphase
- Bauaufsicht: Administrative Maßnahmen, die den Bereich der Inspektion und Wartung sowie die bautechnische Prüfung von Holztragwerken wirksam stärken wie z. B. [14] und [15]

## 4 Zusammenfassung

550 Schadensfälle in Hallentragwerken aus Holz wurden ausgewertet. Das Baujahr der Hallen reicht von 1912 bis 2006. Ihre Standorte, fast ausschließlich in den alten Bundesländern, sind weit gestreut. Die Höhe der Standorte liegt zwischen 0 und 1150 m über NN. Besonders häufig sind Sport-, Lager-, Produktions- und Versammlungshallen von Schäden betroffen. Die Mehrzahl ist beheizt. Schäden betreffen vor allem biegebeanspruchte Ein- und Mehrfeldträger sowie Rahmen. In fast 90 % der Fälle bestehen die geschädigten Bauteile bzw. Tragsysteme aus BS-Holz, das von etwa 40 namentlich unterschiedlichen Herstellern stammte. Schadenshäufungen im Zusammenhang mit bestimmten Herstellern sind auszuschließen. 70 % der Schäden sind Risse in Faserrichtung. Fäule, Schub- und Zugbrüche machen jeweils etwa 6 % aus. Die übrigen 12 % betreffen die Gebrauchstauglichkeit und das Aussehen. Von Januar bis März häufen sich die Schadensereignisse.
Schäden werden insbesondere im Zusammenhang mit Konstruktionen beobachtet, in denen Querzugspannungen wirken. Klimawechsel, Ursache zyklischer Veränderungen der Holzfeuchte, sind von großer Bedeutung für Risse in Faserrichtung bei BS-Holz. Das Schwinden ganzer Querschnitte sowie Fehlerquellen bezüglich Belastung, Materialqualität, Planung (Verstöße gegen Vorschriften und Fehler bei der statischen Berechnung), Bauphysik (hinsichtlich eines ungünstigen Wärmetransports) und Ausführung sind von mäßiger Bedeutung. Eine untergeordnete Rolle spielen abträgliche Einflüsse aus Montage, Instandhaltung und Feuchtigkeit (z. B. aufgrund von Undichtigkeiten am Dach).
Um Schäden zu vermeiden, muss insbesondere der Konstruktion hinsichtlich des Entwurfs, der Berechnung und Detaillierung mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden. Querzugspannungen, die für ein lokales oder globales Gleichgewicht von Bauteilen erforderlich sind, sollten vermieden oder durch Verstärkungen aufgenommen werden.
Die Schadensanalyse war die Grundlage für weiterführende Überlegungen: Ein unterschiedliches Längsschwindverhalten führt bei gekrümmtem kombiniert aufgebautem Brettschichtholz zu ungünstigen Querzugspannungen; nur BS-Holz-Bauteile mit einem großen auf Schub beanspruchten Volumen weisen Schubbrüche auf; ein Vergleich der Schneelastnormen von 2005 und 1975 zeigt, dass eine Erhöhung der charakteristischen Werte für Schneelast in höheren Lagen nachweislich der richtige Schritt ist, um eine höhere Standsicherheit von Dachtragwerken zu gewährleisten.

## 5 Literaturverzeichnis

[1] Blaß HJ, Frese M. Schadensanalyse von Hallentragwerken aus Holz. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing; 2010. Online-Publikation, 30.11.2011, http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/1000020517

[2] Frühwald E, Serrano E, Toratti T, Emilsson A, Thelandersson S. Design of safe timber structures – How can we learn from structural failures in concrete, steel and timber? Report TVBK-3053. Lund Institute of Technology, Lund University; 2007.

[3] Möhler K, Steck G. Untersuchungen über die Rissbildung in Brettschichtholz infolge Klimabeanspruchung. Bauen mit Holz 1980;4:194-200.

[4] Häglund M. Parameter influence on moisture induced eigen-stresses in timber. Eur J Wood Prod 2010;68:397-406.

[5] Hansson M, Larsen HJ. Recent failures in glulam structures and their causes. Engineering Failure Analysis 2005;12:808-18.

[6] Frese M. Wechselwirkung zwischen der Anisotropie der Schwind- und Quellmaße sowie Holzfeuchte-Änderungen in der Ebene von gekrümmtem Brettschichtholz. Eur J Wood Prod 2011;69:359-367.

[7] American Institute of Timber Construction. Timber Construction Manual, 4th Ed. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons; 1994.

[8] Larsen HJ, Riberholt H. Trækonstruktioner, Beregning. SBI-Anvisning 135, Statens Byggeforskningsinstitut, Denmark; 1983.

[9] DIN 1055-100:2001-03 Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln.

[10] Leitfaden zu einer ersten Begutachtung von Hallentragwerken aus Holz. Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. 2006. Online-Publikation, 30.11.2011, http://www.brettschichtholz.de/publish/binarydata/pdf_oeffentlich/aktuell/Leitfaden%20Hallentragwerke%20%20Endfassung.pdf

[11] DIN 1055-5:2005-07 Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 5: Schnee- und Eislasten.

[12] DIN 1055-5:1975-06 Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten, Schneelast und Eislast.

[13] Schroeter H. Erläuterungen und Beispiele zur Lastnorm DIN 1055 neu. Bautechnik 2007;84:559-571.

[14] Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz: Hinweise zur Planung und Ausführung von Nagelplattenkonstruktionen sowie Anmerkungen zur Prüfung der Standsicherheitsnachweise und Überwachung der Bauausführung. 2011-02. Online-Publikation, 30.11.2011, http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/82942/

[15] Bauministerkonferenz Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder: Hinweise für die Überprüfung der Standsicherheit von baulichen Anlagen durch den Eigentümer/Verfügungsberechtigten. 2006-09. Online-Publikation, 30.11.2011, http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/82940/

## Hinweise zum Tragsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweis von Palettenregalen

Das Thema "Bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise für Stahlregale" wurde bereits im Heft 4/2011 der DIBt Mitteilungen ausführlich behandelt. Im Nachgang zu dieser Veröffentlichung ist aus Sicht des DIBt noch folgender Hinweis erforderlich:

Bisher gibt es nur für Palettenregale eine normative Regelung für den Tragsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweis. Dieser ist bekanntlich in DIN EN 15512:2010-09 geregelt. Eine vergleichbare Regelung für andere Regaltypen fehlt derzeit. Nach ausführlicher Diskussion in der Fachkommission Bautechnik wurde beschlossen, DIN EN 15512:2010-09 nicht in die Liste der Technischen Baubestimmungen aufzunehmen. Grund dafür ist, dass das gesamte Nachweiskonzept der Norm auf einer versuchsgestützten Bemessung basiert. Die zugehörigen Versuche sind im Anhang A der Norm beschrieben.

Der Anhang A von DIN EN 15512:2010-09 soll künftig als Grundlage für die Erteilung von allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für Palettenregale dienen. In den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für Palettenregale soll dann hinsichtlich der Bemessung auf DIN EN 15512:2010-09 verwiesen werden. Das bedeutet unter anderem, dass künftig für den Tragsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweis von Palettenregalen die in DIN EN 15512:2010-09, Anhang I, Abschnitt I.2 angegebenen Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_f$ und $\gamma_M$ zu verwenden sind.

Aus Sicht des DIBt sollte die hier und in der o. g. Veröffentlichung im Heft 4/2011 der DIBt Mitteilungen dargestellte Vorgehensweise auch für Zustimmungen im Einzelfall für Palettenregale übernommen werden.

## Hinweis zur Entwurfsfassung der Richtlinie für Windenergieanlagen

Vera Häusler, DIBt

Seit dem Erscheinen der derzeit gültigen Richtlinie "Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung" in der Schriftenreihe des DIBt sind sowohl die Bezugsnormen für die Einwirkungen (DIN EN 61400-1, DIN 1055-4) als auch die Bemessungsnormen (hier also DIN 1045-1, DIN 18800, DIN 1054) überarbeitet worden oder durch Normen der Eurocode-Reihe ersetzt worden.

Daher wurde die Richtlinie "Windenergieanlagen" überarbeitet und mit dem Entwurf Januar 2012 dem neuen Normenwerk angepasst.
Weiter wurden die Ermüdungsnachweise für Beton- und Stahltürme überarbeitet und den neuen Erkenntnissen angepasst bzw. die für die Nachweise erforderlichen Parameter genauer beschrieben.
Ebenso wurde der Nachweis für den Lastfall Temperatur ausführlicher dargestellt.
Zudem wurde das Kapitel "Grundbau" erweitert und auf den EC 7 abgestellt und – soweit dies aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse möglich war – auf die spezifische Anwendung für Windenergieanlagen abgestellt.
Zusätzlich wurde ein Kapitel "Weiterbetrieb von Windenergieanlagen" in die Richtlinie aufgenommen; es behandelt Grundsätze zur Bewertung der Sicherheit und Zuverlässigkeit von Windenergieanlagen, deren Standzeit die Entwurfslebensdauer überschritten hat.

Der Entwurf der Richtlinie ist auf der DIBt-Seite www.dibt.de unter "Neues aus dem DIBt" abrufbar. Mit der Veröffentlichung soll den interessierten Kreisen Gelegenheit gegeben werden, zum Richtlinien-Entwurf Stellung zu nehmen. Es ist vorgesehen, die Richtlinie bis zum Juni 2012 fertig zu stellen.

## Sitzung der internationalen fib-Arbeitsgruppe "Verankerungen in Beton und Mauerwerk" am 21. und 22. November 2011 im DIBt

Georg Feistel, DIBt

Der internationale Verband fib (fib - Fédération Internationale du béton) befasst sich mit der Weiterentwicklung von Betonkonstruktionen auf der Basis von neuesten wissenschaftlichen und praktischen Erkenntnissen auf internationaler Ebene. Die bereits 1987 gegründete fib-Arbeitsgruppe "Verankerungen in Beton und Mauerwerk" beschäftigt sich mit der Anwendung und Bemessung von Verankerungen (Befestigungsmittel). Die Mitglieder der Arbeitsgruppe kommen aus mehreren europäischen Ländern, aus den USA und aus Japan.

Vom 21. - 22. November 2011 fand die 36. Sitzung dieser Arbeitsgruppe - fib SAG 4 - im Deutschen Institut für Bautechnik statt.
Es wurde informiert, dass das von der Arbeitsgruppe erarbeitete Papier über die Bemessung von Verankerungen in Beton von fib genehmigt wurde und bei www.fib-international.org als "bulletin 58" bezogen werden kann. Dieses umfangreiche Bemessungspapier enthält die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse und ausführliche Kommentare zu den einzelnen Bemessungsthemen von Befestigungsmitteln. Die Basis der Bemessungsvorschriften deckt sich mit den europäischen Dokumenten, die in dem Anhang C der EOTA-Leitlinie (ETAG 001) und in CEN/TS 1992-4 Teile 1-5 enthalten sind.

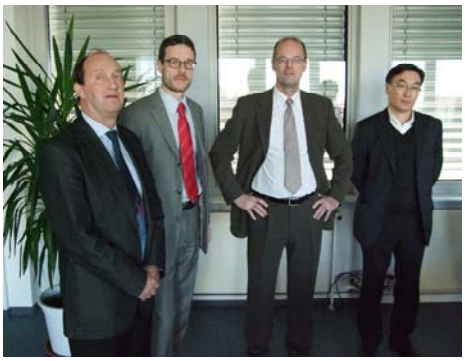
Auf der Sitzung wurden dann von verschiedenen Mitgliedern neue Forschungsergebnisse und Untersuchungen hinsichtlich der Spezifikation von Befestigungsmitteln und der Bemessung von Verankerungen vorgestellt. Die weitere Bearbeitung soll dann von mehreren Untergruppen für die weitere Diskussion in der fib-Arbeitsgruppe vorbereitet werden.

Zum Abschluss der Arbeitsgruppensitzung bedankte sich der Vorsitzende für die gute Organisation und Betreuung während der Sitzungstage durch das Deutsche Institut für Bautechnik.
Die nächste Sitzung ist für Mai 2012 in Japan geplant.

## Delegation aus der Mongolei zu Gast im Deutschen Institut für Bautechnik

Renate Schmidt-Staudinger, DIBt

Anlässlich einer im Rahmen des GIZ-Projektes "Integrierte Stadtentwicklung" durchgeführten Studienreise einer mongolischen Delegation begrüßte Dr.-Ing. Karsten Kathage, Vizepräsident des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt), 14 Vertreterinnen und Vertreter des mongolischen Ministeriums für Grund und Boden, Bau, Geodäsie und Kartographie sowie weiteren mit dem Bau- und Raumwesen betrauten staatlichen Institutionen am 18.1.2012 im DIBt. Die Studienreise nach Europa wurde aus Anlass der geplanten Einführung von europäischen Baunormen in der Mongolei durchgeführt. Begleitet von Herrn Dr. Bernd Maskos, dem Vertreter des Deutschen Instituts für Normung e. V.- DIN, und einem Dolmetscher informierten sich die Gäste über die Rolle des DIBt im Zusammenhang mit nationalen und europäischen Regelungen im Bauwesen. Dabei gaben Herr Matthias Springborn (DIBt, Leiter des Europareferates) und Frau Andrea Sterling (DIBt, Europareferat) den Gästen fundierte Einblicke in das Zulassungswesen sowie in die hierfür notwendigen Rechtsgrundlagen. Sie informierten über die harmonisierte europäische Normung sowie über die in Deutschland speziell anzuwendenden Regelwerke. Im Anschluss sowie während des gemeinsamen Mittagessens ergab sich eine rege Diskussion über die Inhalte der Vorträge zwischen den Gästen und Referenten, ehe die Delegation zu einem weiteren Besuch ins Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung aufbrach.



von li. nach re.: Herr Dr. Maskos (DIN), Herr Springborn (DIBt), Herr Dr. Kathage (DIBt), Dolmetscher (Foto: A. Bach, DIBt)

Delegationsteilnehmer (Foto: A. Bach, DIBt)

## EVA (Evaluationssystem für AgBB-Schema Daten)

Kurzbericht über das abgeschlossene Forschungsvorhaben im bauaufsichtlichen Bereich

Forscher: Herr Müller
Dunckerstr. 32, 10439 Berlin
Lfd. Nr.: 20.56

Mittels der Auswertesoftware ADAM (**A**gBB/**D**IBt-**A**uswerte**m**aske) werden seit 2004 am Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) Bauprodukte für die Verwendung in Aufenthaltsräumen hinsichtlich ihrer Gesundheitsverträglichkeit zugelassen. Die Software und die Zulassung basieren auf dem Bewertungsschema des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB-Schema).

Mit Hilfe der MS Excel basierten Auswertesoftware ADAM werden hierbei für ein Bauprodukt alle gemessenen Stoffemissionen erfasst und eine schnelle Auswerteübersicht gegeben. Nicht möglich war bislang eine produktübergreifende (statistische) Auswertung der Daten. Eine solche zu ermöglichen war Hauptziel des Forschungsvorhabens EvA.

Im Rahmen des Vorhabens wurde eine Datenbank entwickelt und am DIBt installiert. Weiterhin wurde - basierend auf der Programmiersprache *Java* - Software entwickelt, die es ermöglicht, Daten aus ADAM Files in die Datenbank zu überführen. Alle bestehenden ADAM Files wurden zum Abschluss des Projektes in das laufende System importiert.

Die Identifikation von Stoffen sowie deren Zuordnung zu Messwerten stellte sich dabei als ein zentrales Problem beim Importieren der Daten heraus. Ein Grund hierfür sind u. a. die unterschiedlichen Klassifikationssysteme (AgBB-Schema Nummer, CAS-Nummer und Stoffbezeichnung), die für die Zuordnung von Stoffen in ADAM Verwendung finden.

Es wurde eine Stoffdatenbank entwickelt, die in ihrer Datenbasis und Funktion deutlich über die in ADAM hinterlegten Stoffinformationen hinausgeht. Die hinterlegten Stoffdaten wurden und werden einzeln von der forschenden Stelle sowie von den Mitarbeitern des DIBt auf ihre Richtigkeit hin überprüft. Zudem wurde ein komplexer Algorithmus entwickelt, um Messwerte Stoffen während des Importprozesses korrekt zuzuordnen.

In einem weiteren Schritt wurde eine Auswerte-und Bearbeitungssoftware (EvA) für die in der Datenbank erfassten Informationen erstellt. Mit ihrer Hilfe sind allgemeine statistische Auswertungen entlang der hinterlegten Parameter sowie komplexere Auswertungen zu Einzelstoffen und Produktgruppen möglich. Zudem lassen sich Messungen einfach vergleichend gegenüberstellen und die statistischen Kennwerte der ADAM-Auswerteparameter ermitteln. Alle Auswertungen lassen sich graphisch und tabellarisch darstellen und über eine Exportfunktionalität in externe Programme überführen.

Zum Zwecke des Datacleanings lassen sich die meisten Daten in EvA nachträglich editieren. Insbesondere wurde auch die volle Funktionalität der Stoffdatenbank in EvA übernommen, so dass die hinterlegten Stoffdaten weiterhin optimiert und komplettiert werden können.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden Vorschläge zur weiteren Optimierung von ADAM gemacht. Insbesondere soll die Dateneingabe vereinfacht, die Stofferkennung durch Integration der Stoffdatenbank verbessert, die Auswertemöglichkeiten um andere Bewertungsschemata erweitert, die Sicherheit erhöht und die Unterstützung von Mehrsprachigkeit verbessert werden. Zudem soll versucht werden ADAM und EvA in einem gemeinsamen Produkt mit einer gemeinsamen technologischen Basis zu integrieren. Ein entsprechendes Forschungsvorhaben (ABEL) wurde bereits erfolgreich beim DIBt beantragt.

## Informationsveranstaltung zur Akkreditierung und Notifizierung von Stellen im Rahmen der EU-Bauproduktenverordnung, 21.03.2012

**Veranstalter**
Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS)
Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)

**Inhalt**

- Rechtliche Grundlagen der Akkreditierung (DAkkS)
- Notifizierte Stellen nach der EU-Bauproduktenverordnung 305/2011 (DIBt)
- Notifizierung – Was ändert sich? (DIBt)
- Akkreditierung im Rahmen der EU-Bauproduktenverordnung 305/2011 (DAkkS)
- Das Akkreditierungsverfahren - Antragstellung, Einzureichende Unterlagen, Ablauf des Akkreditierungsverfahrens (DAkkS)
- Fragen der Teilnehmer

**Zielgruppe**
Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen, die eine Notifizierung nach der Bauproduktenverordnung anstreben

**Termin**
21. März 2012

**Referenten**

- Norbert Barz, Geschäftsführer | Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH
- Dr. Heike Manke, Abteilungsleiterin Abt. 1 | Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH
- Gerhard Breitschaft, Präsident | Deutsches Institut für Bautechnik
- Heidelinde Fiege, Leiterin des Ref. Anerkennung von Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen | Deutsches Institut für Bautechnik

**Veranstaltungsort**
Hotel Maritim proArte | Friedrichstraße 151 | 10117 Berlin

Hier können Sie unter dem Stichwort "DAkkS" Zimmer buchen.

**Teilnahmegebühr**
Die Teilnahmegebühr beträgt 195,00 EUR zzgl. 19 % MwSt. und schließt die Pausenversorgung, das Begleitmaterial und die Teilnahmebescheinigung ein.

**Verfügbarkeit**
Es sind noch Plätze vorhanden.

**Anmeldeformular:**

http://www.dakks.de/sites/default/files/u22/62 FB 007.2_Anmeldeformular_DAkkS_E-Schulung.doc

**Impressum:**

**Herausgeber**
Deutsches Institut für Bautechnik
vertreten durch den Präsidenten Herrn Gerhard Breitschaft
Kolonnenstr. 30 B
10829 Berlin
DEUTSCHLAND

Telefon +49 (0)30/ 78730 0
Telefax +49 (0)30/ 78730 320
E-Mail: info@dibt.de
www.dibt.de