

# Der Einsturz der Eissporthalle in Bad Reichenhall - Wie hätte er verhindert werden können?

Dipl.-Ing. Rolf SENNEWALD,  
Förster + Sennewald Ingenieurgesellschaft mbH, München

*Am 2. Januar 2006 stürzte das Dach der Eissporthalle in Bad Reichenhall ein. Hierbei kamen 15 Menschen ums Leben, darunter 12 Kinder und Jugendliche, weitere 34 Personen wurden zum Teil schwer verletzt.*

*Versagt hatte das hölzerne Dachtragwerk der Halle. Die Schneelasten hatten die rechnerisch erfassten Lasten jedoch nicht überschritten.*

## 1. Einleitung

Bei dem Einsturz der Anfang der 70-er Jahre neu errichteten Eissporthalle in Bad Reichenhall im Januar 2006 handelt es sich um das spektakulärste und auch folgenschwerste Versagensereignis eines Bauwerkes in Deutschland in den letzten Jahrzehnten.



Bild 1: Eissporthalle in Bad Reichenhall, Ansicht der schmalen Front

Es waren 15 Tote und zahlreiche Verletzte zu beklagen. In ersten Stellungnahmen wurde von einer Überlastung der Tragstruktur infolge andauernder Schneefälle gesprochen. Diese Spekulationen stellten sich jedoch recht schnell als unzutreffend heraus. Die gemessenen Schneelasten (Lockerschneehöhen ca. 1,4 m bis 1,5 m) lagen in der Größenordnung der rechnerisch angesetzten Lasten.

Die tatsächliche Schadensursache bzw. die Kombination der verschiedenen Fehler und Ver-säumnisse, die zu der Katastrophe führte, konnte erst durch umfangreiche Gutachten geklärt werden.

Allerdings wurde nach der Veröffentlichung der ersten Schadensbilder in den Medien bereits deutlich, dass das hölzerne Dachtragwerk der Eissporthalle versagt hatte.

## 2. Tragsystem

Zunächst sind einige Erläuterungen zum Tragsystem der hölzernen Dachkonstruktion ange-zeigt, da der Einsturz der gesamten Dachfläche (und nicht nur eines Teiles der Dachfläche) auf die gewählte, zum Teil konstruktiv vorgegebene Struktur des Dachsystems zurückzuführen ist.

Die Halle war 75,0 m lang und 46,0 m breit. Die Hallenbinder kragten beidseitig ca. 3,0m bzw. 3,75 m aus. Die Holzbinder lagen in einem Abstand von 7,5 m, waren 2,87 m hoch und 28 cm breit. Sie bestanden aus einem Ober- und aus einem Untergurt (Leimholz 20 cm x 20 cm) und aus seitlich angeleimten Holz-Werkstoff-Platten (sog. Kämpfsteg-Platten), die je 4 cm dick und 2,87 m hoch waren. Zur Kippaussteifung der extrem schlanken Binder wurden in Hallenlängsrichtung senkrecht zu den Hallenbindern etwa alle 9,20 m (also 6 Stück je Binderfeld) sogenannte K-Binder (ebenfalls als Hohlkästen; siehe Bilder 2 und 3) kraftschlüssig zwischen die Binder eingebaut. Das System ist auf der folgenden Skizze schematisch darge-stellt.

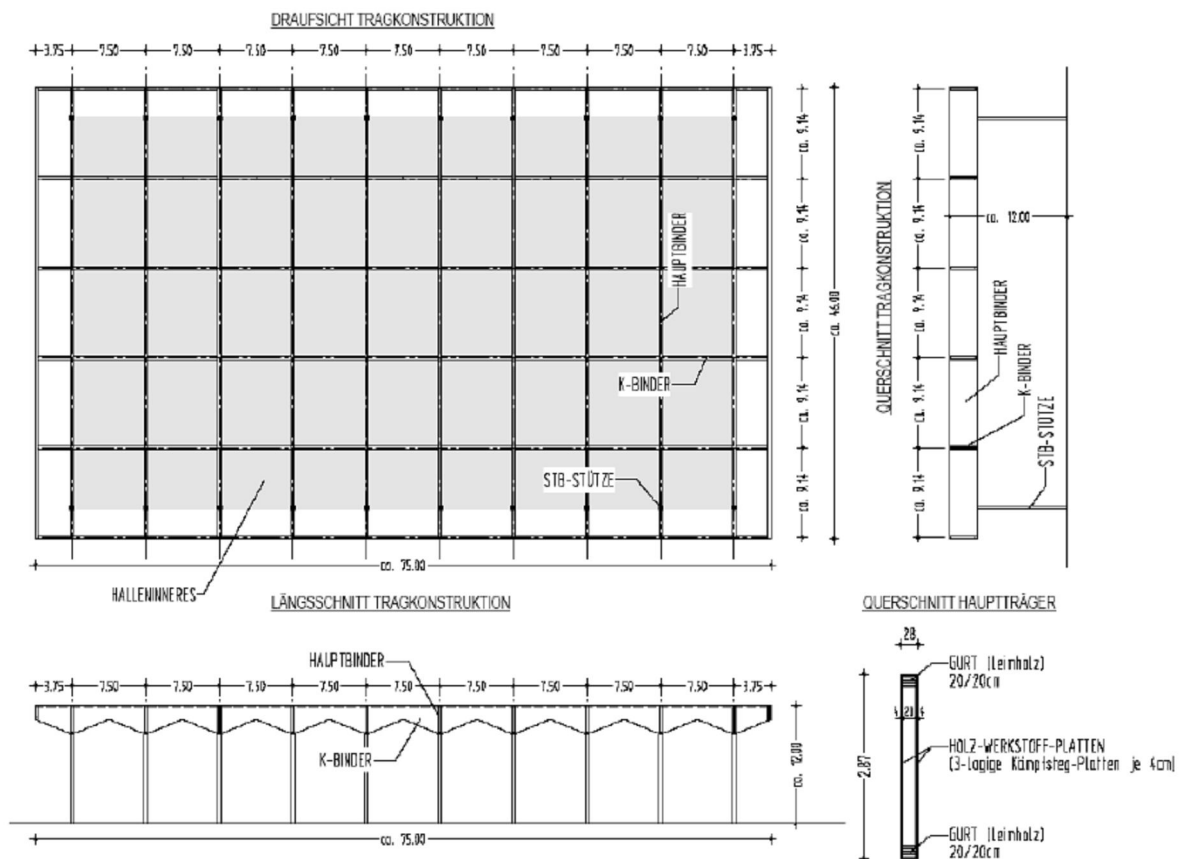


Bild 2: System des Dachtragwerkes in Draufsicht und Querschnitt

Auf dem Bild 3 ist das hölzerne Dachtragwerk (Binder und sog. KBinder) sehr gut erkennbar:



Bild 3: Hölzernes Dachtragwerk im Bauzustand



Den Querschnitt der Dachbinder zeigt das Bild 4. Bei den seitlich aufgeleimten, ca. 2,87 m hohen Platten wurden 3 Brettlagen übereinander liegend verleimt. Die mittlere Holzlage wurde mit ca.  $16^\circ$  gegenüber den beiden äußeren Decklagen geneigt aufgeleimt (sog. Kämpfstegplatten).

Bild 4: Querschnitt eines Dachbinders

### 3. Versagenskinematik

Schon ein erster Blick auf das eingestürzte Dach zeigte, dass das Versagen nicht immer in der Feldmitte der Binder aufgetreten war, sondern auch etwa im Dreittelpunkt der Träger. Damit war bereits klar, dass nicht in allen Bindern ein reiner Biegebruch an der Stelle des maximalen Momentes als Versagensursache in Frage kam.

Überlebende Augenzeugen berichteten, dass sie keine Vorwarnungen wahrgenommen hätten (z.B. Krachen, Durchbiegungen, usw.). Es konnte weder bei den staatsanwaltlichen Ermittlungen noch beim anschließendem Strafprozess geklärt werden, ob tatsächlich keine (Vorwarn-) Geräusche vor dem plötzlichen Versagen des Dachtragwerkes zu hören waren, da dies möglicherweise im Betriebslärm der Halle (laute Musik und Publikum) nicht zu hören gewesen wäre. Die Zeugen sagten jedoch übereinstimmend aus, dass ein Binder als erstes versagt habe und dann die anderen Binder etwa im Sekundentakt ebenfalls zerbrochen und auf die Eisfläche aufgeschlagen seien. Hieraus ist zu schließen, dass erst der Bruch eines Binders in einer Art Kettenreaktion zum Einsturz des gesamten Dachtragwerkes geführt hat. Es konnte auch nicht geklärt werden, ob ein „Knall“, der ca. 30 Minuten vor dem Einsturz von vielen Zeugen wahrgenommen worden war, in einem ursächlichen Zusammenhang mit dem Schadensereignis stand.

### 4. Versäumnisse und Fehler

Nach der statisch-konstruktiven Prüfung des ursprünglich vorgesehenen Dach-Tragsystems wurde von der ausführenden Firma dem Bauherrn und dem entwerfenden Architekten ein Sondervorschlag vorgelegt. Dieser Sondervorschlag wurde dann auch verwirklicht, aber – aus welchen Gründen auch immer – mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht von dem eingeschalteten Prüfenieur für Standsicherheit geprüft. Auch im vor kurzem zu Ende gegangenen Strafprozess vor dem Landgericht Traunstein (1. Instanz) konnte dieser Punkt nicht geklärt werden. Der Prüfenieur war von der Unteren Bauaufsichtsbehörde auch nicht mit der hoheitlichen Bauüberwachung beauftragt (dies war zum damaligen Zeitpunkt in Bayern auch nicht üblich), so dass ihm – ohne Baustellenbesuche – die geänderte Tragkonstruktion des Daches nicht auffallen konnte. Die Aufsicht durch die Mitarbeiter der Unteren Bauaufsichtsbehörde bzw. durch die Erfüllungsgehilfen des Bauherrn war offensichtlich unzureichend.

So blieben Fehler in der statischen Berechnung unentdeckt (rechnerische Sicherheit unter Vollast ca. 1,5) und die erforderliche Zustimmung im Einzelfall für die 2,87 m hohen Binder wurde nicht eingeholt, obwohl hölzerne Hohlkastenträger in Kämpfsteg-Bauweise nur bis zu einer Höhe von ca. 1,20 m von der damals gültigen, bauaufsichtlichen Zulassung erfasst waren.

Im Vertrauen darauf, dass die Binder immer vor einer direkten Bewitterung geschützt waren, wurde aus nicht mehr nachvollziehbaren Gründen statt eines (sicheren) Resorcinharzleimes ein Harnstoffleim verwendet, obwohl auch zum damaligen Zeitpunkt bereits bekannt war, dass Harnstoff-Leime bei Feuchtigkeit durch Mikroorganismen zerstört werden. Es muss dem Herstellerbetrieb und insbesondere dem sachkundigen Leimmeister klar gewesen sein, dass auch damals eine Blockverleimung (Leimfuge zwischen den Stegplatten und den Gurtquerschnitten) mit einem Harnstoff-Leim nicht dem Stand der Technik entsprach, da die Unebenheiten in den Leimfugen nicht sicher ausgeglichen werden konnten. Da die Binder im Werk – warum auch immer – nicht in einer Länge gefertigt wurden ( $l \approx 46,0$  m), mussten etwa in den Dreittelpunkten der Binder Stöße in Form von Keilzinkenverbindungen geplant und auch ausgeführt werden.



Auch im vor kurzem vor dem Landgericht Traunstein zu Ende gegangenen Strafprozess konnte nicht geklärt werden, weshalb die von den damals Beteiligten so genannten „Generalstöße“ in den Drittelpunkten der Binder überhaupt ausgeführt wurden.

Die Keilzinken-Fugen in den Ober- und Untergurten wurden gegenüber den Keilzinkenverbindungen in den 4 cm dicken Kämpfstegplatten um ca. 1,0 m versetzt. Die Verleimung dieser Stöße erfolgte zwar im Werk, dort aber händisch durch ein Zusammenspannen der drei Binderschüsse mit Hilfe von Gurten. Bei einer Herstellung der Binder „am Stück“ wären die Schwachpunkte „Generalstöße“ vermieden worden.

Aus Gründen der Kippsicherheit wurden - wie bereits kurz ausgeführt- in Abständen von ca. 9,2 m sogenannte „K-Binder“ senkrecht zu den Hauptbindern eingebaut. So entstand – obwohl rechnerisch nicht nachgewiesen – als tatsächliches Tragsystem ein Trägerrost mit der fatalen Wirkung, dass beim Versagen eines Binders eine Lastumlagerung auf den bzw. auf die benachbarten Träger eintrat (siehe hierzu auch Bild 3).



Bild 5: Keilzinkenverbindung eines Untergurtes (auseinandergeklappt) - es ist deutlich zu erkennen, dass das untere Viertel der Leimflächen ohne Wirkung war

Die Ober- und Untergurte der Binder wurden auf der Nordseite in Auflagernähe zudem senkrecht kreuz durchbohrt, um aus architektonischen Gründen die Fallrohre der Dachentwässerung (Ø 100 mm) verdeckt durchführen zu können. Diese Bohrungen waren in der Planung nicht vorgesehen. Sie wurden folglich rechnerisch auch nicht nachgewiesen.

Nach einigen Jahren Betriebszeit wurde die bis dahin offene Halle mit Hilfe von Glasfassaden geschlossen, um den Komfort für die Zuschauer zu erhöhen und um den häufigen Klagen der Anwohner wegen der Lärmbelastigung bei Veranstaltungen Rechnung zu tragen.

Eine Baugenehmigung für diese Baumaßnahme wurde nicht eingeholt.

Die sich aus dem Schließen der Fassadenflächen ergebenden, möglichen Änderungen in bauphysikalischer Hinsicht (Feuchtehaushalt, Kondensat, usw.) wurden nicht untersucht. Auch die Nutzung als Eissporthalle wurde bei der Errichtung nicht beachtet. Allerdings war zum damaligen Zeitpunkt noch nicht allgemein bekannt, dass die Kältestrahlung der Eisfläche zu einem Abkühlen sämtlicher Innenflächen der Halle mit der Gefahr einer Kondenswasserbildung führt.

Auf Bild 6 ist zu erkennen, dass häufig Niederschlagswasser durch das Flachdach in das Halleninnere eingedrungen sein muss und in Teilbereichen zu häufigen und deutlichen Durchfeuchtungen führte.

Kondensat-Ablaufspuren hinterlassen ein anderes Erscheinungsbild.



Bild 6: Aufgebohrte Gurte, um die Regenfallrohre unsichtbar im Innern der Binder zu führen

Die Undichtigkeiten des Flachdaches waren auch durch häufige Wassereinträge bekannt.

Eine grundlegende Sanierung wurde jedoch nicht durchgeführt. Knapp drei Jahre vor dem Einsturz der Halle wurde ein ortsansässiger Ingenieur mit einer Zustandsüberprüfung der Halle beauftragt. Er kam – leider – zu dem fehlerhaften Schluss, das Tragsystem der Halle zeige keine gravierenden Schäden, die Halle sei standsicher.

Hier wirkten – wie meistens bei einem Tragwerksversagen – also verschiedene Fehler und Versäumnisse zusammen:

### **I. Formale Fehler**

- fehlende Zustimmung im Einzelfall für die Dachbinder
- mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit keine statisch-konstruktive Prüfung der ausgeführten Dachkonstruktion (Sondervorschlag)
- weder durch die Aufsichtsbehörde noch durch die Bauherrenbauleitung ausreichende Überwachung
- keine Baugenehmigung bei der Einhausung (Schließen der Fassadenflächen) der Halle

### **II. Planungsfehler**

- starre Verbindung der Hallenbinder untereinander durch Aussteifungsträger (KBinder) in einem relativ geringen Raster.
- statische Berechnung durch Rechenversehen auf der unsicheren Seite (rechnerische Sicherheit (global) unter Vollast bei ca. 1,5)
- keine bauphysikalischen Untersuchungen bei der Einhausung der Halle nach einer Nutzungsdauer von 10 bis 15 Jahren.
- keine Berücksichtigung der Besonderheiten einer Eissporthalle in bauphysikalischer Hinsicht (Kältestrahlung)

### III. Ausführungsfehler

- Herstellung der Binder in 3 Schüssen; offenbar ohne zwingende Notwendigkeit
- Mangelhafte Verleimungen der „General“-Stöße als Keilzinkenverbindungen
- falsche Leimsorte (Harnstoffleim statt Resorcinharzleim)
- „Blockverleimung“ mit Harnstoffleim
- Durchführungen der Abwasserleitungen durch die Binder

### IV. Wartungsfehler

- keine bzw. keine ordnungsgemäße Wartung/Prüfung/Kontrolle während der gesamten Lebensdauer
- Zustandskontrolle ca. 3 Jahre vor dem Einsturz unzureichend und mit nicht zutreffenden Beurteilungen

### 5. Einsturzursache(n)

Die **formalen Fehler** sind zwar nicht primär ursächlich für den Dacheinsturz, doch hätte es mit einer hohen Wahrscheinlichkeit bei Einhaltung aller Formalien beim Bau der Halle Modifikationen und/oder Auflagen gegeben (z.B. als Bestandteil einer Zustimmung im Einzelfall).

Diese Überlegungen sind allerdings rein spekulativ. Aus diesem Grund soll hier auf diesen Problembereich nicht näher eingegangen werden.

Die **Planungsfehler** haben dagegen mit Sicherheit einen Einfluss auf das Binderversagen bzw. auf den Einsturz der gesamten Dachkonstruktion gehabt.

So wurde durch Rechenversehen bzw. durch fehlende Nachweise (statt der Schwerpunkt- und Randspannung wurde nur die Randspannung nachgewiesen) die globale Sicherheit um ca. 15% bis 20% reduziert.

Dass die gesamte Dachkonstruktion und nicht nur ein Binder eingestürzt ist, lag an der konstruktiv überdimensionierten Kippaussteifung der Binder. So entstand eine Art Trägerrostsystem, das zwar im Tragverhalten keine zweidimensionale Umlagerungsmöglichkeiten bot, wohl aber im Versagensfall zu einer 100%-igen Lastumlagerung auf den bzw. auf die benachbarten Träger führte. Diese konstruktive Kippaussteifung führte zu dem beobachteten Effekt einer Kettenreaktion beim Einsturz des Hallendaches.

Dieses Konstruktionsprinzip muss als Systemfehler gewertet werden. Eine rechnerische Überlastung lag – wie die Ermittlungen der tatsächlich vorhandenen Schneelasten ergab – nicht vor. Auch zeigten bauphysikalische Untersuchungen, dass das Schließen der Fassadenflächen nach einigen Jahren Nutzungsdauer sich nicht negativ auf die Durchfeuchtung des hölzernen Dachtragwerkes ausgewirkt hatte. Allerdings führte die Kältestrahlung der Eisfläche zu einer Kondensatbildung an den Innenflächen der Eissporthalle.

Dennoch hätten diese Planungsmängel allein wohl kaum zu der Katastrophe geführt. Die entscheidenden Gründe für den Halleneinsturz liegen in einer Kombination von

### **Ausführungs- und Wartungsfehlern.**

Schon das Durchbohren der Gurte für die Durchführungen der Fallrohre auf der Nordseite zeigt, mit welcher Sorglosigkeit beim Bau vorgegangen wurde.

Die Keilzinkenverleimungen (Generalstöße) in den Drittelpunkten der Binder führten in Kombination mit einem ungeeigneten Leim (Harnstoffleim statt Resorcinharzleim) zu einem schleichenden Verlust der Tragfähigkeit der Keilzinken-Leimverbindungen.

Die Verwendung eines Harnstoffleimes (auch für die Blockverleimungen) war ein entscheidender Schwachpunkt der Konstruktion. Der auf biologischen Grundstoffen basierende Leim wird nämlich durch Mikroorganismen abgebaut. Eine dauernde Durchfeuchtung des Leimstoffes beschleunigt diesen Vorgang noch beträchtlich. Bei Verwendung eines Resorcinharzleimes wäre es mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht zu dem Einsturz gekommen.

Als Einsturzursache bzw. als Beginn der Einsturzkinematik wird dann auch das Versagen eines „Generalstoßes“ (verleimte Keilzinken-Verbindungen ca. in den Drittelpunkten der Binder) vermutet. Eine gesicherte Aussage ist nicht möglich, da auch einige Binder ziemlich genau in Feldmitte gebrochen sind und ein Binder auf der Nordseite einen Schubbruch aufwies.

Das Versagen eines Binders hat dann wegen des de facto vorhandenen Trägerrostes den Einsturz des gesamten Hallendaches bewirkt. Insoweit hat ein Planungsmangel zum Einsturz der gesamten Halle beigetragen. Ohne die starren Verbindungen zwischen den Bindern wäre es möglicherweise beim Versagen eines einzelnen Binders geblieben.

Dass die Leimfugen überhaupt so erheblich geschädigt werden konnten, lag zu einem wesentlichen Teil (auch) an einer mangelhaften Wartung der Halle. Insbesondere die Undichtigkeiten in der Flachdachabdichtung und an den Dacheinläufen wurden nicht beseitigt und die bauphysikalischen Aspekte (Kältestrahlung, Kondensat) nicht berücksichtigt.

Die Fehleinschätzung des tatsächlichen Zustandes der Halle anlässlich einer Zustandsüberprüfung der Halle knapp drei Jahre vor dem Einsturz war nur der Schlusspunkt einer Reihe von Wartungs- und Kontrollversäumnissen.

### **6. Mögliche Verhinderung des Einsturzes**

Bei den folgenden Ausführungen geht es selbstverständlich nicht um Schuldzuweisungen, sondern um eine Interpretation der technischen Sachverhalte.

Durch die Einhaltung der rechtlichen Bedingungen (Zustimmung im Einzelfall, Prüfung des Sondervorschlages) wäre möglicherweise die Konstruktion in dem einen oder anderen Detailpunkt modifiziert und verbessert worden. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf eine höhere, globale Sicherheit und – bei einer besseren Überwachung – auch für die Qualität der Leimungen („General“-Stöße und Blockverleimungen nicht mit Harnstoff-Leimen und qualitativ besser).

Ob an dem Konzept der Kippsicherheit für die Träger (Einbau der K-Träger) etwas geändert worden wäre, ist rein spekulativ. Da die K-Träger im Wesentlichen aus architektonischen Gründen gewählt wurden, ist dies aber eher zweifelhaft.

Nach dem Einsturz der Halle durchgeführte Untersuchungen haben ergeben, dass das Schließen der Fassadenflächen keine negativen Auswirkungen auf die hölzerne Tragstruktur hatte.



Die bauphysikalischen Besonderheiten einer Eissporthalle waren zum Zeitpunkt der Errichtung der Halle noch nicht allgemein bekannt. Erst im Zuge der Unfalldiagnose wurden entsprechende Überlegungen angestellt (Kondensatbildung infolge der Kältestrahlung).

Die Durchführungen der Abwasserrohre durch die Binder waren zwar ein gravierender Mangel, doch führte die mehr als 50%-ige Schwächung der Gurte nicht zum Einsturz der Halle.

Die mangelhafte Wartung der Halle (undichtes Flachdach, undichte Einläufe) sowie die fachlich unzutreffende Bauwerksdiagnose knapp 3 Jahre vor dem Einsturz der Halle sind entscheidende Kriterien, die – bei ordnungsgemäßer und fachkundiger Handhabung – den schleichenden Verlust der Standsicherheit des Dachtragwerkes hätten verhindern können. Bei einem Erkennen des tatsächlichen Zustandes der Verleimungen wäre eine sofortige Sperrung und Ertüchtigung der Halle angezeigt gewesen.

## **7. Konsequenzen**

Als Sofortmaßnahme wurden in Bayern auf Grund der bauphysikalischen Besonderheiten einer Eissporthalle (Abkühlung der Hallen-Innenflächen durch die Kältestrahlung der Eisfläche mit möglicher Kondensatbildung) gemäß einer Verfügung der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern sämtliche Eissporthallen in Holzbauweise unverzüglich überprüft.

Zeitnah erarbeitete ein Fachgremium auf Initiative der Bayerischen Staatsregierung die „Hinweise für die Überprüfung der Standsicherheit von baulichen Anlagen durch den Eigentümer/Verfügungsberechtigten“. In diesen Hinweisen sind Gebäudekategorien, Qualifikationen an fachkundige und besonders fachkundige Personen zur Durchführung der Bauwerksüberprüfungen sowie Zeitintervalle zur Durchführung der einzelnen Prüfungen definiert. Diese „Hinweise“ sind nach Meinung der Juristen im Zivil- wie auch im Strafrecht bindend, da ihre Missachtung als grob fahrlässig wenn nicht gar als vorsätzlich gewertet wird.

In der seit dem 01.01.2008 geltenden Neufassung der Bayerischen Bauordnung werden den Prüfingenieuren bzw. den Prüfsachverständigen für Standsicherheit hinsichtlich der nunmehr bei bestimmten Gebäudetypen und Schwierigkeitsgraden der Tragstruktur zwingend vorgeschriebenen Abnahmen neue Aufgabenfelder zugewiesen.

Harnstoffleime sind inzwischen durch eine Anlage zur Bauregelliste A, Teil 1, für tragende Holzbauteile verboten.

Nicht einsehbare Hohlkastenquerschnitte in Holzbauweise sind nicht (mehr) zulässig; sie entsprechen nicht mehr dem Stand der Technik. Architekten und Tragwerksplaner haften für die Einhaltung dieser Regel. Anzumerken ist in diesem Zusammenhang allerdings, dass die Dachbinder des eingestürzten Daches im Innern der Hohlkästen keine Schäden aufwiesen. Das Normengremium ist mit dieser Problematik befasst.

## 8. Empfehlungen

- Eine Bauwerksdiagnose ist auf Veranlassung des Eigentümers bzw. des Verfügungsberechtigten in bestimmten Zeitabständen von entsprechend qualifizierten Personen durchzuführen:

1	2	3	4	5
Kategorie	Gebäudetypen und exponierte Bauteile	Begehung jeweils nach ... Jahr(-en)	Sichtkontrolle jeweils nach ... Jahren	Eingehende Überprüfung jeweils nach ... Jahren
1	Versammlungsstätten mit mehr als 5000 Personen	1-2	2-3	6-9
2	- bauliche Anlagen mit über 60 m Höhe, - Gebäude und Gebäudeteile mit Stützweiten >12 m und/oder Auskragungen >6 m sowie großflächige Überdachungen - Exponierte Bauteile von Gebäuden soweit sie ein besonderes Gefährdungspotential beinhalten.	2-3	4-5	12-15

Bild 7: Anhaltswerte für Zeitintervalle für die jeweilige Art der Überprüfung (gemäß den o.g. Hinweisen)

- die Tragstruktur sollte so gewählt werden, dass beim Versagen eines Bauteiles (bei vielen gleichartigen Bauteilen) nicht die Gesamtkonstruktion versagt. Dieses Konstruktionsprinzip (statisch bestimmte Auflagerung der Hallenbinder ohne nennenswerte Querverbindungen) hätte den vollständigen Dacheinsturz wohl verhindert.

- Sinnvollerweise sollte die Dachhaut das schwächste Glied in der Tragstruktur sein.

So wird bei einer tatsächlichen Überlastung (z.B. aus Schnee oder Eis) nur ein begrenzter Teil der Dachfläche versagen mit dann geringeren Folgen (wie z.B. beim Teileinsturz der Dachfläche der Eissporthalle in Kaufbeuren/Bayern im Jahr 1982 geschehen. Lediglich die Trapezblecheindeckung versagte in einem Teilbereich und nicht die Primärstruktur). Im vorliegenden Fall hätte dieses Konstruktionsprinzip den Schaden jedoch nicht verhindert, da durch den Abbau des Leimes in der Keilzinken-Leimverbindung wohl in jedem Fall ein Versagen des Hauptbinders (weil dadurch schwächstes Glied in der Kette) eingetreten wäre.

- Monitoring ist gut, führt aber nur bei einem Versagen mit Vorankündigung (z.B. Kontrolle zu großer Durchbiegungen bei Überlast) zum Ziel. Im Fall der Eissporthalle Bad Reichenhall hätte ein Monitoring den Einsturz (da es sich um einen Sprödbruch ohne Vorankündigung handelte) wohl nicht verhindern können bzw. auch ein Monitoring hätte nicht zu ausreichend langen Räumzeiten geführt.

- Eine bessere Prüfung/Bauüberwachung durch den Prüfenieur/Prüfsachverständigen ist inzwischen in verschiedenen Landesbauordnungen verankert. Der hoheitlich bzw. privatrechtlich tätige Prüfenieur/Prüfsachverständige wird bei bestimmten Bauvorhaben zwingend mit der (stichprobenartigen) Bauüberwachung und mit der Schlussabnahme des Tragsystems beauftragt und muss abschließend bescheinigen, dass die Ausführung des Bauwerkes den von ihm geprüften Unterlagen entspricht.

- Aufgrund der Erfahrungen bei diversen Schäden im schneereichen Winter 2005/2006 erscheint es sinnvoll, die Belastungsfaktoren für die Schneelasten in Abhängigkeit von den Eigengewichten der Tragsysteme zu variieren. Bei leichteren Dächern sollte der Sicherheitsbeiwert für Schneelasten wesentlich höher als bei schweren Dachkonstruktionen gewählt werden. Unter der Annahme einer anzusetzenden Schneelast von  $100 \text{ kg/m}^2$  und einer 50%-igen Überschreitung dieser Last sinkt der globale Sicherheitsbeiwert von 1,75 bei einem schweren Dach (ca. 25 cm Stahlbeton =  $625 \text{ kg/m}^2$ ) auf 1,63 und bei einem leichten Dach (Trapezbleche =  $20 \text{ kg/m}^2$ ) auf 1,23 ab. Um in beiden Fällen ein gleiches Sicherheitsniveau zu erreichen, müsste im Falle des leichten Daches die Schneelast um ca.  $1/3$  erhöht werden.

**Fazit:**

**Eine Kombination aus formalen und rechnerischen Fehlern, Ausführungsmängeln und insbesondere aus Wartungsdefiziten und Fehleinschätzungen des tatsächlichen Zustandes der Holzbinder hat letztlich zum Einsturz des Daches geführt. Im Wesentlichen waren eine ungeeignete Leimsorte sowie die mangelhafte Wartung und Überwachung der Halle für die Katastrophe verantwortlich. Folglich hätte wohl nur eine bessere Zustandskontrolle des hölzernen Dach-Tragwerkes der Halle den Einsturz durch rechtzeitig einzuleitende Sanierungsmaßnahmen verhindern können.**

*Ich danke meinen Kollegen, den Herren Prof. Kreuzinger und Prof. Winter (beide TUMünchen, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion) für die Überlassung von Bildmaterial und für die freundlichen Fachdiskussionen.*