

Autor**M. Thilo Angermann**Dipl.-Ing. für Heizungs-, Lüftungs- und
Klimatechnik

Bild 1: Südansicht der Eissporthalle (rechts) mit der Schwimmhalle daneben aus der Zeit kurz nach der Eröffnung

Die Eissporthalle Bad Reichenhall

Erkenntnisse und mögliche Maßnahmen für die Zukunft

Die in den Jahren 2007 und 2008 veröffentlichten Überlegungen zur Schadensursache der Eissporthalle Bad Reichenhall, die vordergründig die frühzeitige Alterung im kausalen Zusammenhang mit dem sauren Kondensat und der Ausgleichsfeuchte stellten, gewinnen in Fachkreisen zunehmend an Bedeutung. Diese fachspezifischen Betrachtungen über die chemischen Reaktionen (Chlor) und der physikalischen Sorptionsvorgänge (Wasserdampf) wurden bereits auch von Experten als schadensrelevant bezeichnet. Merkwürdig erscheint, dass es bis heute noch nicht zu einer interdisziplinären Untersuchung kam. Dabei könnte schon jetzt mit gesicherten Erkenntnissen und geeigneten Maßnahmen die Standsicherheit von Hallen nachhaltig vorteilhaft beeinflusst werden.

Nach der Eishallenkatastrophe und den sensationellen Medienberichten, dessen Autoren spektakulär die Gewichtsbelastungen durch Schnee, Eislinsen und sogar feuchten Wärmedämmungen einsturzursächlich proklamierten, kamen im Juni 2006 Informationen von der Staatsanwaltschaft Traunstein über feuchtebedingte Schädigungen durch Regenwassereinbrüche und Oberflächenkondensat hinzu. Die Feuchte und ihr langzeitiges Einwirken auf Klebstoffverbindungen wurden in ihren Pressemitteilungen als wesentliche Einsturzursache bezeichnet. Grundlegendes über klimatische Wechsellasten und Chlorschädigungen wurde in den Fachbeiträgen mit den Überlegungen zur Schadensursache [1] und fortführend über ein tatsächlich vermeidbares Unglück [2] thematisch behandelt.

Dieser Beitrag beginnt mit den abgeschlossenen Untersuchungsergebnissen der Gutachter und befasst sich fortführend mit dem Themenkreis eines sich selbst überlassenen Hallenkomplexes, der durch seine unterschiedlich schnell abgelaufenen Alterungsprozesse in verschiedenen Bereichen mehrmals statisch versagte. In die weiteren Betrachtungen fallen die Entstehung und Wiederholbarkeit von kritischen Situationen, die die Besonderheiten der Hallenklimatik insgesamt und konkret in der Eissporthalle verdeutlichen soll. Überlegungen zum

Lufttransportweg, die zweite Wetterseite sowie ständig wiederholte Befeuchtungsvorgänge zu selbsterhaltende Kühlstellen gehen, in einer begrenzten Auswahl inhaltlich kurz erläutert, mit in die Summe aller betrachtenden Einflüsse und Einwirkungen ein, um insbesondere den Fall von Bad Reichenhall eindeutig im Kontext zu gewöhnlichen Hallensituationen – zum Sonderfall – zu kennzeichnen.

Gutachterliche Untersuchungsergebnisse

Hallendeckenenwärmung und Oberflächenkondensat

Gutachten aus dem Bereich des Holzbaues erstellten zwei Professoren von der TU München, zwei Experten vom TÜV Süd (München), ein vom TÜV eingeschalteter Professor aus Augsburg sowie die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt in Dübendorf/ Schweiz. Die ermittelten Ergebnisse aus den gewonnenen Untersuchungen mit den Ausarbeitungen vom Deutschen Wetterdienst gingen an die Staatsanwaltschaft, die dann am 20. Juni 2006 und im Teil II vom 24. April 2007 in den veröffentlichten Presseerklärungen erschienen. Interessantes belegen Messdaten, die für einen Zerstörungsgrad sorgten, der für den Einsturz maßgeblich gewesen sein soll. Unglaublich – ein unerwartetes gutachterliches Ergebnis



Ein Dachdetail aus dem Jahr 1975

verblüffte! Die Hallendeckenentwärmung erfolgte nach Ansicht der Gutachter hauptsächlich auf die zur Eisfläche liegenden Unterseiten von Trägern, die Oberflächenkondensat bildeten, das sich im Bereich der zerstörenden Leimschicht immer weiter nach oben hin aufsaugend und in diesem Abschnitt oft dauernass Materialzerstörungen hervorrief. Durch diese langzeitliche Feuchtebeanspruchung sollen erhebliche Schädigungen an den Klebeverbindungen und somit an der gesamten Dachkonstruktion entstanden sein.

Solche Schädigungen bleiben sehr lange für das menschliche Auge unsichtbar und können allenfalls bei einer evtl. späteren Fugenbildung, wie im Bad Reichenhall, nur durch einen geschulten Fachmann über handnahe Inaugenscheinnahme oder Ultraschall u.a. Messverfahren bemerkt werden. Ansonsten gibt es keine weiteren Vorankündigungen, wie Anzeichen von Verformungen und dergleichen. Grundsätzlich hält die tragende Konstruktion aus unzähligen zusammengeleimten Latten und Brettstücken bis zu einem bestimmten Versprödungsgrad des Klebstoffes. Die Halle steht also nur so lange, bis einzelne Elemente oder sie insgesamt plötzlich statisch versagt und zusammenbricht. Vor diesen nüchtern betrachteten Hintergrund verdient der gutachterliche Nachvollzug der Hallendeckenentwärmung über den Stahlungsflächenausgleich mit den gewonnenen Messergebnissen von noch bestehenden Eissporthallen eine besondere Beachtung. Nur 1,6 K (!) beträgt die ermittelte Temperaturdifferenz, die wohl ausschlaggebend für zu hohe relative Luftfeuchten und Kondensatbildungen auf den Unterseiten der Trägerelemente war. Durch diese jahrelange Feuchtebeanspruchung sollen die erheblichen Schädigungen durch das ständige Quellen und Schwinden direkt am Leimgrund entstanden sein, genau dort, wo sich der Wirkungsbereich der Additionskräfte befindet. Mikroskopische Untersuchungen offenbarten in diesem Bereich würfelförmige Strukturen. Und dies vor allem auch an den Universalkeilzinkenstößen der Untergurte, die bis in einer Tiefe von 5 bis 8 cm keine Klebewirkungen mehr besaßen. Dies betraf, offensichtlich nicht ganz so ausgeprägt, die Generalkeilzinkenstöße der Obergurte und den oberen Flächen der Gurt-Stegverbindungen. Eine Temperaturdifferenz von 1,6 K kam durch die gemessene Raumlufttemperatur von 10 °C und eine an der entwärmten Unterseite der Träger gemessene Oberflächentemperatur von 8,4 °C zustande. Ein bemerkenswerter Ansatz, der allerdings den Sachverhalt nur um das Kondensat an der Oberfläche durch seinen ihm gegebenen Alleinanspruch sehr bedeutungsvoll machte.

Weitere staatsanwaltschaftliche Feststellungen behandeln die Bauweise, die Abweichungen von der zugelassenen Bauweise, die feh-

lende statische Berechnung, Fehler bei der Statik, die zum Zeitpunkt des Einsturzes nicht ungewöhnliche Schneelast, die Verwendung von Harnstoffharzklebstoffen im Bezug auf Feuchteinwirkungen, Mängel auf die Konstruktion der Hauptträger, Betontragekonstruktion und die Instandhaltung. In einer staatsanwaltschaftlichen Zusammenfassung vom 20. Juli 2006 können diese Sachverhalte derzeit noch auch aus dem Internet bezogen werden.

Schadensauslösender Träger Nummer zwei

Träger „ZWO“ wurde mit seiner wasserfesten Verleimung (Resorzinharz) als die Schwachstelle im statischen Tragsystem immer wieder von den Gutachtern im Gerichtssaal erwähnt. Allerdings konnte dies nicht mit 100%-iger Wahrscheinlichkeit nachgewiesen werden, doch nach den Augenzeugenberichten und den Untersuchungsergebnissen ist es sehr wahrscheinlich, dass „ZWO“ als einer der drei ostseitigen langfristig geschwächten Hauptträger nicht mehr die zulässige Schneelast statisch übertrug und somit das Einsturzglück auslöste. Bei der Suche nach kausalen Zusammenhängen wurde ein breites Spektrum gewählt, dass von den Gutachtern auch die Unterschreitung der Bauwerkssicherheit (1,5 statt 2 und höher) thematisierte bis hin zu den 10 cm Setzungen im Eckbereich der Eisfläche bei der Beton-Tragekonstruktion der südlichen Stützenreihe, die als nicht schadensrelevant für den Einsturz gelten. Hierbei wurden sämtliche Betrachtungen der Gutachter nicht auf Einzelursachen gerichtet, sondern auf die Verkettung von mehreren Mängeln und Schäden.

Anmerkung: Jeden anderen Träger hätte es sicherlich ebenso so geschwächt, der innenklimatischen Bedingungen wie Träger „ZWO“ ausgesetzt gewesen wäre. Ohne die Betrachtungen mit unbekanntem Größen (einschließlich Fabrikationsfehler), hätten (hypothetisch gesehen) sogar die Hauptträger mit den wasserlöslichen Harnstoff-Formaldehyd-Klebstoff viel eher zu Bruch gehen müssen, als „ZWO“, mit seiner elastischen Verleimung aus Resorzinharz. Die Kerninformation vom Träger „ZWO“ (als genannter Auslöser des Unglücks) soll im Folgenden für weitere Kenntnisse über nähere Umstände und Gedankenansätze nur hintergründig einen Anhaltspunkt über ungeklärte Zustände geben. Für das allgemeine Verständnis um die Thematik der schleichenden Materialschwächungen in ihren zeitlichen und örtlichen Überlagerungen von einzelnen Stellen werden nachfolgende Einflüsse und Einwirkungen etwas näher nach ursächlichen Bedingungen betrachtet.

Vornweg: Weiterführende Überlegungen beschränken sich auf die oben genannten zwei TAB-Beiträge [1, 2] und werden schon bekanntes Wissen in neue Zusammenhänge setzen. Ein Quasi-Nachweis mit Hallengrundrissen und Schnittdarstellungen sollte einige Aussagen über eine lokale Zuordnung nach ihrer Wahrscheinlichkeit beurteilen und hinzu auf ihre Richtigkeit bekräftigen. Ein diesbezüglicher Nachvollzug ist derzeit mit den Planunterlagen aus Traunstein wünschenswert und wird dies wohl jetzt noch längere Zeit so bleiben. Nach Auskunftserteilung können durch das im März 2009 begonnene Revisionsverfahren auch alle Anträge mit einem berechtigten Interesse nicht entsprochen werden. Daher sind für weitere Aufklärungs- und Untersuchungszwecke sachdienlichen Planinformationen oder auch Fotos aus der Bevölkerung über die Eissporthalle in Bad Reichenhall oder deren nachweislich baugleichen Hallentyp zur Lage von Türen/Fenster/Öffnungen u.a. äußerst aufschluss- und hilfreich.

Weiterführende kausale Überlegungen

Der chemischer Einflussfaktor – Chlor

Im Fall von Bad Reichenhall ging es, wenn ein Herstellungsfehler am schadensauslösendem Träger selbst ausgeschlossen wird, im Grunde

genommen nur um die Folgen eines speziellen Alterungsprozesses. Des Weiteren kam dem Halleneinsturz der Reparaturstau eines sehr marode gewordenen Hallenkomplexes begünstigend entgegen. Dieser Komplex bestand aus einer Schwimm- und Eis-sporthalle mit einem dazugehörigen Verbindungsbau. Da vor dem Einsturz der Eis-sporthalle bereits von der Schwimmbadhalle ein großer Bereich der Sekundärkonstruktion herunterbrach und Stempelhilfskonstruktionen den Eingangsbereich des Zwischenbaues statisch abstützend ertüchtigten, können in der Entstehung des vorzeitigen Schadenspotentials gewissermaßen Parallelen zur schnellen Alterung zum Fall Uster (Schweiz) ersichtlich werden. Der plötzliche Einsturz der abgehängten Schwimmbaddecke aus Beton, bei dem zwölf Menschen am 9. Mai 1985 tödlich verunglückten, soll ursächlich auch auf eine Materialermüdung zurückzuführen sein. Nach Schweizer EMPA-Untersuchungen sind durch chloridinduzierte Spannungsrissskorrosion von einst 207 stabilen Bügeln aus austenitischem Chrom-Nickel-Stahl (Werkstoff-Nr. 1.43019) 108 gebrochen. Langzeitlich entstanden lokale Anfrassungen, die durch einen sauren chloridhaltigen Feuchtigkeitsfilm transkristalline Spannungsrissskorrosionen einen sehr hohen Sprödebruchanteil erzeugten. Schadensursächlich durch genau die Chloreinflüsse, die aller Wahrscheinlichkeit auch in der Eis-sporthalle in Bad Reichenhall die Leimmaterialien (Kohlenwasserstoffe) aus dem Schwimmbad ohne Weiteres gasförmig oder als Aerosole oder beides in verschiedenen Zeitintervallen über den Luftweg erreichten. Ein kaum nennenswerter Unterschied liegt nur im jeweiligen Entfernungsweg von der Wasser- und Deckenfläche vor. Ansonsten wurde in beiden Fällen das unterschiedliche Material massiv über die Jahre geschädigt. Statt Chrom-Nickel-Stahl griff es Kunststoff-Klebstoffe an, die aus Kohlenwasserstoff-Verbindungen bestanden. Diese Stoffe sind langfristig, egal ob sie wasserlöslich oder nicht wasserlöslich sind, nicht chlorresistent. Chemisch gesehen kann das Chlor sie den Umständen entsprechend und dies nicht nur im ungünstigen Fall, ihre Polymerisationsketten auch mit einer geringen Konzentrationsdichte schon in wenigen Monaten knacken und somit vorschädigen. Eine vorhersehbare lineare Abhängigkeit besteht bei einem Polymerzerfall nicht. Die Zerstörung von Molekülketten ist daher weder in einem 1000 Stunden-, noch einem fünf Jahrestest ermittelbar. Da die so genannte Eiterung von Kunststoffen ab dem Zeitpunkt ihrer Herstellung beginnt und nur über Desoxydanzen (Opfermaterialien) etwas verzögert werden kann, sind die Zerfallsprozesse in der Summe von allen einwirkenden Bedingungen (Wärme, UV-Strahlung, Chlor u.a.) voll und ganz abhängig. Dies bedeutet, dass Vorschädigungen an vielen Stellen entstehen, die im Nachhinein wertvolle Anhaltspunkte über die Entwicklungsprozesse zum Halleneinsturz geben. Da aber in Bad Reichenhall mittlerweile der gesamte nicht einmal vier Jahrzehnte gestandene Komplex (einschließlich des Schwimmbadbereiches!) dem Erdboden gleich gemacht wurde, wäre zu dem vorhandenen Untersuchungsergebnissen noch der fehlende Anteil aller chemischen Materialzerstörungen von sehr großer Bedeutung. Es könnte durch weitere Untersuchungen an bestehenden derartiger Hallen wertvolle Aufschlüsse geben, die in einem gewollten Nachvollzug, der jetzt über Vergleiche gelieferter zu verwendeter Chlormengenangaben das ungefähre Ausmaß für eine sachdienliche Aufklärung offenbart. Eben ein Vergleich mit den Schadensauswirkungen bestehender derartiger Hallenkonstellationen, die neue Erkenntnisse erbringen! Damit wären Überlegungen zum Thema Chlor und das Wirken von Chloriden – vor allem auch in geringeren Konzentrationen – letztendlich nicht nur für fachunkundige Wissenschaftler vorstellbar, sondern überhaupt allgemein bestätigt und konstruktiv für künftige zielorientierte Weiterentwicklungen verwertbar. Anderenfalls müssten sich Experten zu Wort melden, denen diese Problematik hinlänglich

bekannt ist und die in der Lage sind, durch eingehende anderweitige Befunde klare Aussagen zu geben.

Ein Indiz eines chemischen Einflusses von Chlor (Chlorid) könnte die desinfizierende Wirkung an den Oberflächen der Dachkonstruktion sein. Nach Augenzeugenberichten, was auch Fotodokumente belegen, sah die Hallendecke bis zum Halleneinsturz immer neuwertig aus. Bis auf nur wenige Quadratmeter konnte der Eindruck entstehen, dass sie wöchentlich gereinigt wurde. Daher hatte von der Ebene der Eisfläche und der Zuschauer aus betrachtet ihr auch niemand einen schlechten Zustand bescheinigen können. Außer den zahlreichen dunklen Stockflecken auf einer kleinen Fläche (ca. 10 m²) in der unmittelbaren Nähe eines defekten Regenrohres, war überhaupt vom äußeren Aussehen der Dachkonstruktion ein bevorstehendes Unglück in keiner Weise weder erahn- noch vorbestimmbar gewesen.

Der Einflussfaktor Luftdichte

Da noch keine genauen Untersuchungen über die Dichte- und Druckunterschiede an derartigen großen Hallenkomplexen bekannt sind und wohl vermutlich auch noch keine in einer umfassenden Weise gemacht wurden, kann jetzt nicht einfach über den umgangssprachlichen Teller- rand auf praxistaugliche Erkenntnisse geschaut werden. Dennoch lassen sich schon einige Ansätze über fachlogische Zusammenhänge erkennen. Gleich vornweg: Es soll sich im Folgenden noch nicht um eine wissenschaftliche Abhandlung oder gar um eine Theorie handeln, sondern vielmehr nur um Gedankenansätze von grundlegenden Vorgängen.

Und damit wird gleich auf die einzelnen Hüllflächen eingegangen. Diese nach innen und außen sehr öffnungsreich gestaltete Flächenbegrenzung, die eigentlich nur bodenberührt, als dicht zu bezeichnen ist. Somit blieben für klimatische Beeinflussungen noch Außenwand- und Deckenflächen mit Fugen und Öffnungen übrig, deren maßgeblicher Lüftungsanteil von Außen mit von längerfristigen oder zeitweisen Öffnungsvorgängen bestimmt wird. Zusammen mit den unkontrollierbaren Luftein- und -auslass ist dies im ganzheitlichen Ansatz als ein kontinuierlicher Prozess mit einer Vielzahl von Schädigungen im beschleunigten Alterungsverlauf zu betrachten. Hierbei dürfte der schlimmste aller Einflüsse sogar als Auslöser allen ursächlichen Übels gelten. Dieser bedeutendste Schadensfaktor wird wohl der ungehinderte Luftzug sein. Genau dieser oft unbemerkte oder als harmlos empfundene Durchzug, der auf konstruktiv vorgegeben Wegen benachbarte Räumlichkeiten oder andere Stockwerke erreichte, bestimmte auslösend jeweilig und stets das Innenklima. Und dies nur, weil die Gebäudehülle ihrer eigentlichen Schutzbestimmung durch einen Gedankenfehler nicht entsprach und dadurch das gewünschte Ziel praktisch regelrecht nur im Ausnahmefall erreichte. Statt einer dichten Gebäudehülle sollte die Tragkonstruktion luftumspült trocken gehalten werden. Dazu wurden vier „Dachlüfter“ als unverschießbare Ein- und Auslässe und hinzu noch Öffnungen in der Fassade vorgesehen, die dann praktisch das gegenteilige Ergebnis von der geplanten Entfeuchtung erbrachte! Das physikalische Wirken von unterschiedlichen Luftdichten, die Druckunterschiede bewirken, ist möglicherweise nach dem damaligen Wissensstand und dem Stand der Technik nicht zu berücksichtigen gewesen. Es sei denn, es hätte damals schon einer zum Nachdenken vorgedacht, was die herrschende Meinungslage ignorierte oder ablehnte und was im Verlaufe der Zeit in Vergessenheit geriet.

Weitere Einwirkungen

Weitere wie zuvor beschriebene überaus bedeutende Schadensfaktoren sind derzeit nicht erkennbar. In der Komplexität von Schadensmechanismen hat eine Vielzahl an Abhängigkeiten mit weiteren Schadensfaktoren sicherlich Synergieeffekte erzielt. In tiefgreifenden Aufarbeitungen des Themas um das Fortschreiten der Alterung



Blick in das Innere der Eislaufhalle

könnte die Auswahl ungeeigneter Materialien und deren Schutz gegen Einwirkungen eine große Rolle spielen. Für die weitere Ursachenforschung mit einer größtmöglichen Anzahl an Schadensfaktoren wären anschließende Betrachtungen über den Standort und den externen und internen klimatischen Bedingungen als wesentlich und sachdienlich zu bezeichnen. Die Gesamtbewertung mit einer qualitativen Beurteilung von einer Vielzahl an quantitativen Größen kann nach Schadensklassen oder bestenfalls nach dem Einwirkungsgrad zusammenhängender Wirkmechanismen erfolgen.

Eine Unterteilung in Himmelsrichtung, Größe und Anzahl der Öffnungen mit der Gebäudegeometrie kann grob schon Aufschlüsse für den Nachvollzug klimatischer Abläufe geben. Aber auch die äußeren Bedingungen mit der Entfernung, Lage und Größe von Bergen, Wasserflächen, freien und bebauten Plätzen oder die unmittelbare Geländegeometrie eines Tales sowie der Verschattungsgrad von Bergen, Gebäuden, Bäumen u.a. wirkt sich strömungs- und strahlungsgemäß jeweils unterschiedlich klimatisch auf die einzelnen Bereiche der Gebäudesubstanz aus. Und dies mit verstärkter Wirkung bei plötzlichen Fönwetterlagen und sehr wechsellastig insbesondere im Tages-/ Nachtgeschehen. Mit den verschiedenen inneren Wechsellasten der einzelnen Räumlichkeiten können sich zeitweise negative Zustände überlagern, was extreme kritische Klimazonen in der jeweiligen Halle entstehen lässt.

Hallenklimatik- und Wettereinflüsse Wechselwirkungen

Klimatische Wechselwirkungen im Hallenverbund und hinzu die von außen wirkenden Einflüsse sind im speziellen Fall von Bad Reichenhall in ihrer Kombination nicht auf artgleiche Hallenkomplexe oder gar auf Einzelhallen weder richtig vergleich- noch voll übertragbar. Zum Einen wirkte vermutlich eine über das Tal vorgegebene südliche Fönwindrichtung auf den Gebäudekomplex wie eine zweite Wetterseite. Zum Anderen begünstigten die kastenartigen Deckenträgerkonstruktionen eine kritische Zonenbildung. Die somit durch die zusätzliche südliche zur westlichen Wetterseite typisch geprägten Druck- und Saugseiten der einzelnen Hallen und deren Öffnungen ließen unterschiedliche Luftbewegungen auf verschiedenen Wegen innerhalb der Hallenkonstellation zu. So konnte ohne eine Lüftungsanlagentechnik, je nach Wetterlage, auch Schwimmbadluft über längere Zeiträume in die anderen Hallenbereiche gelangen. Gesättigte Warmluft mit einer

geringeren Dichte und einer höheren Wasseraufnahme als Kaltluft, hat nicht nur das allgemeine Raumklima bestimmen können, sondern dazu definitiv die Relative Luftfeuchte in Wand- und Deckennähe beeinflusst. Im überwiegenden Maße wird es vermutlich zu relativen Luftfeuchten zwischen 75 bis 95 % gekommen sein, die ideale Bedingungen für sportive Abläufe vorgeben. Des Weiteren waren auch Werte, die die 100 % Marke erreichten, wohl auch durch die Bearbeitungsvorgänge für die Erneuerung der Eisflächen bedingt, keine Seltenheit gewesen. Leider ist nicht bekannt, dass derartige Werte je gemessen oder in Messprotokollen festgehalten worden sind. Daher kann ein Nachvollzug bei annähernd gleichen äußeren und inneren klimatischen Bedingungen mit Untersuchungen an artgleichen Hallenkomplexen über Langzeitmessungen allenfalls zur Größenordnung nur entsprechende sachdienliche Aufschlüsse geben.

Vagabundierende Gase

Feuchte Luft besteht chemisch gesehen hauptsächlich aus den Gasen Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff. Weitere Bestandteile wie Argon, Chlor, Wasser u.a sind in ihr tröpfchen-, sporen-, staub- und gasförmig in geringfügigen Mengen vorhanden. Das jeweilige verunreinigte Luftgemisch ist meist umgebungsabhängig belastet. In stofflicher Hinsicht können die Beimengungen der Luft in allen Aggregatzuständen vorhanden sein. Die im Luftvolumen auf die Gebäudesubstanz bedenklichen und nicht bedenklichen Stoffe entwickeln erstaunlicherweise oftmals ihre eigentlichen zerstörerischen Wirkungen erst im Wechselspiel mit anderen Stoffen oder Stoffgruppen. Interessanterweise werden diese Vorgänge in Räumlichkeiten mit einem Überdruck von 15 bis 20 Pa weitgehend verhindert. Jedoch ohne diese Inversionslage entstehen dichteabhängige Stofftransporte nach dem Schwerkraftprinzip, wie auch über Luftdruckunterschiede. Die so bewegten Luftmassen vermögen nicht nur im Freien Strecken von einigen tausend Kilometer auf Zyklonenbahnen zurückzulegen, sondern ebenso sehr lange Wege in Katakomben oder Gebäuden gegen den natürlichen Auftrieb sich sogar wiederkehrend auf konstruktiv vorgegebenen Abschnitten bewegen. Im speziellen Fall von Bad Reichenhall bildeten sich vermutlich auch ohne Einflüsse von einer mechanisch betriebenen Lüftungsanlagentechnik sehr unterschiedliche, wie vielgestaltige laminare und turbulente Luftströmungen. Diese konnten in der hindernisreichen Konstruktion der Hallendecke entlang, in Abhängigkeit der Witterung und Hallenklimatik, situationsbezogen auch im ständigen Kreislauf, sehr kühle Oberflächenbereiche ständig adiabat erzeugt haben.

Entstehung kritischer Zonen

Die 2,87 m hohen Trägerholzkonstruktionen bildeten in ihrem Deckenbereich mit ihren Stegen nach unten abgetrennte offene Räumlichkeiten. Dadurch konnten bewegte Hallenluftmassen hindernisreich quasi kanalgeführt entlang der Träger auf konstruktiv vorgegeben Verbindungsträger stoßen, die für Verwirbelungen sorgten. Darüber hinaus kam es sicherlich öfters zur Bildung von Luftkreisläufen, die sich in starker Abhängigkeit zu den jeweiligen Luftdruckunterschieden sich befanden. Die stets im Strahlungsflächenausgleich mit der Eisfläche gestandene Hallendecke musste nach dem Betrachtungsmodell 1,6 K (oberflächliche Kondensatbildung) durch vorbeiströmende Warmluftmassen zunächst zwangsläufig wiederkehrend nass werden. Nach ständigen Oberflächenbefeuchtungen drang mit dem Zerfall des Klebstoffes vermehrt Feuchte in die Materialstruktur, die irgendwann auch über längere Zeit dadurch dauernass blieb. Und dies schon deswegen, weil das vorbeiströmende feuchte Luftgemisch durch den Verdunstungswärmeentzug und über den sich verschlechterten Wärmedurchgangskoeffizienten den Wert der negativen Wärmebilanz vergrößerte und Kühlstellen erzeugte. Eine fortlaufende Kondensatbildung wurde

somit strömungsbedingt ermöglicht und bei Strömungsstillstand unterbrochen. Weiterführende Überlegungen schließen natürlich hinzu den wohl auf 70 % geschätzten Anteil der Sorptions- sowie Chlor- einwirkungen im gesamten Schadenpotential nicht aus und können insgesamt dadurch explizit Bezüge zum Träger „ZWO“ herstellen, der wohl einem frühzeitigen extremen Alterungsprozess unterlag. Eben eine spezielle Alterung, die vermutlich in einem kleinen Bereich besonders schnell durch vorgegebene Rahmenbedingungen abließ, die es nur im Hallenkomplex der Schwimmbad-Verbindungsbau-Eissporthalle in Bad Reichenhall so abartig gegeben hat.

Umschließungsproblematik

Eigentlich wurde die Eissporthalle baulich nur optisch mit zwei weiteren Wänden geschlossen. Klimateinflüsse von außen konnten, wie schon beschrieben, dennoch ungehindert über vier große angerostete Dachluftein- und Auslässe und den über den Fenstern befindlichen Öffnungen einen Einfluss auf die Hallenklimatechnik nehmen. Das heißt, dass es in dem Inneren der Halle kein außenluftunabhängiges Innenklima gegeben hat. Ganz abgesehen von der Fugendurchlässigkeit und den kurzzeitigen Tür- und Fensterbenutzungen, der mechanischen Be- und Entlüftung sowie den Gewächshaus- Glaseffekten bis hin zu Jahreslichtmengen, die ebenso einen Zerstörungsanteil von außen darstellten, wirkten in der Summe sich Licht, Strahlungsumwandlungen und sämtliche Differenzen von Temperatur, Feuchte- und Druck nicht nur klimatisch von außen nach innen und umgekehrt betrachtet, sondern vielmehr hinzu innerhalb der Eissporthalle selbst und vor allem innerhalb des gesamten Hallenverbundes auf die allgemeine Haltbarkeit und der in verschiedenen Bereichen frühzeitigen Alterung aus. Die zwei zusätzlichen gläsernen Wände übernahmen somit eine üble Mehrfachfunktion. Zum Einen die, für die Entstehung von wechsellastigen Klimaschwankungen sowie zum Anderen die, für einen verzögerten Luftaustausch. Wenn dieser Austausch einst von der Eisfläche bis zum Dach über einen großen Querschnitt mit großen Luftwechselraten auch relativ langsam ablaufen konnte, so veränderte sich dies durch die Raumbildung über Speichereffekte. Vermutlich kam es öfters zu einer strömungsungünstigen schnellen Verteilung von Luftmassen innerhalb der Gebäudehüllen. Insbesondere waren hier sehr hohe Strömungsgeschwindigkeiten eher in den nach unten offenen Deckenräumlichkeiten gewesen.

Definition Planungsfehler

Der Sonderfall aus Bad Reichenhall kann in eine Reihe von Besonderheiten eingegliedert werden. Allein schon in der Betrachtung des Gesamtkonzeptes vom Hallenverbund mit großen Warmwasserflächen im Schwimmbad und deren Verdunstungsmasse, wie auch andererseits der notwendigen dampfbetriebenen Eisflächenaufbereitung oder die großen Wärmelasteinträge durch Sonneneinstrahlungen über durchgehende öffnungsreiche Glasfassaden sowie anderen spezifischen Störlasten, die weder beseitigt, noch energetisch umgewandelt wurden und dadurch planungsvorgegeben eindeutig für ein wachsendes Schadenpotential sorgten. Schadstoffuntersuchungen über gas- und partikelförmige Einwirkungen sind nicht bekannt. So weiß man auch nichts um den Risikofaktor NaCl weder über die mitwirkenden Aufsalzungseffekte, noch genaueres über die richtige oder verkehrte Standortwahl in der salzverarbeitenden Metropole. Ganz abgesehen von den hinzu zuzählenden Salzmengen vom Winterdienst und anderen vielen unbekanntem oder vermeintlich vernachlässigbaren geringfügigen Einwirkgrößen, könnte in der Summe aller Einwirkungen sogar eine 200 % statische Sicherheit (Faktor 2) unter ganz anderen Rahmenbedingungen in einem völlig anderen Kontext stehen und nicht als Planungsfehler gelten. Hierbei spielt allerdings

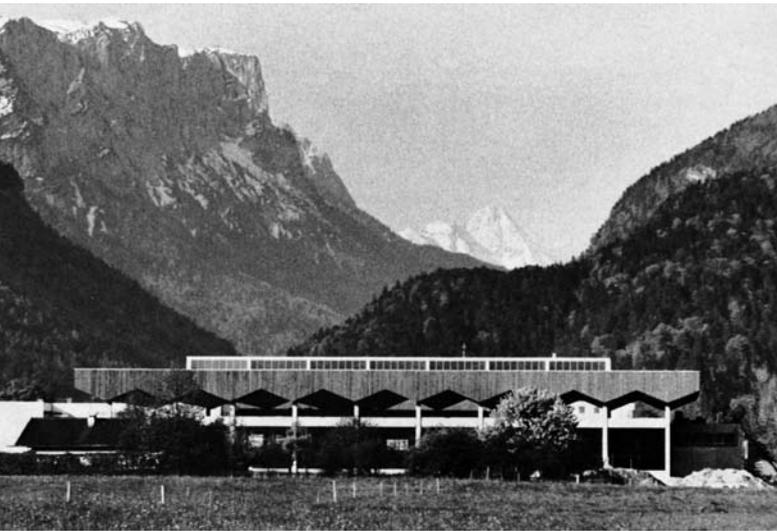
für einen dauerrockenen Eishallenzustand eine turnusmäßige Hallen- und Technikwartung eine wesentliche Rolle. An dieser Stelle stellt sich für Holzleimbinderkonstruktionen die entscheidende Frage: Warum eigentlich für eine Haltbarkeitsdauer von nur 50 Jahren mit der Standsicherheit von bis zu 500 % in Vorleistung gehen, wenn andernfalls mit einer effektiven Trocknungstechnik bereits 150 % ausreichen, um eine Dauer von bis zu 100 Jahren zu ermöglichen?

Von Transportluftvehikel bis D-Zug

Im Grunde genommen dürfte der bis jetzt für bedeutungslos gehaltene harmlose „Luftzug“ mit diesem Beitrag einen ganz anderen Stellenwert sowohl auf den Einsturz der Sekundärkonstruktion des Schwimmbades, als auch der maroden abgestützten Trägerkonstruktion des Zwischenbaues und der zusammengebrochenen Primärkonstruktion der Eissporthalle in Bad Reichenhall erhalten. Zum Einen als langsamer Transporteur für Schadstoffe und Gase, wie auch zum anderen als stürmischer Auslöser von kritischen Zonen sollte definitiv der konstruktiv vorgegeben geführte Luftzug ein besonderes Augenmerk erhalten. Er galt als bedeutungslos und bildet dennoch den Antrieb für Zerstörungsprozesse in einer bis dato unbekanntem völlig neuen Problematik. Diese betrifft insbesondere alle schadensbringenden Luftströmungen innerhalb und außerhalb der Hallen und im Komplex selbst. Es darf von überraschenden Einblicken in komplexen Zusammenhängen die Rede sein, die in einer umfassenden Untersuchung bestehender ähnlicher Baukörper in annähernd gleichen Lagen gewisse wiederholte Vorgänge oder gesetzmäßige Abläufe einordenbar und bewertungsfähig machen können. Ob ein geringer LUFTZUG sich wenig schadreich oder ein starker DURCHZUG ein großes Schadenpotential schafft, bzw. in kombinierten Vorgängen sowohl das eine, wie das andere erreicht werden kann, das dürfte wohl letztendlich auch hauptsächlich von dem jeweiligen gemessenen Feuchte- und Salzgehalt der Luft sowie des Materiales abhängen. Und dies in der Hauptabhängigkeit von der Temperatur (Luft, Oberfläche, Material), die sich insbesondere bestimmend über die Ausgleichsprozesse auf die dementsprechende Kondensationsart (Oberfläche und/ oder im Material selbst) zeitbezogen auswirkt.

Das ABC der Hallenhaltbarkeit

Trockene Holzkonstruktionen können einige tausend Jahre alt werden, jedoch unter ungünstigen Feuchteinflüssen nicht einmal ein Jahrzehnt halten. Diesbezüglich gilt dies übertragen auch auf Leimbinder, die auf Grund des Kunststoffanteiles eine etwa einhundertjährige Lebensdauer aufweisen. So unwahrscheinlich wie es jetzt klingen mag, die salzige Ortslage in Bad Reichenhall mit ihrer quasi zweiten Wetterseite würde auf eine neu zu errichteten geschlossenen Eissporthalle in Bezug auf das Klima kaum schadensbringende Auswirkungen haben, wenn ihre Tragkonstruktion keiner Feuchtigkeit und vor allem keinen chemischen Angriffen ausgesetzt ist. Dies würde allerdings schon in der Planungsphase grundlegende Überlegungen voraussetzen. Über eine einzelstehende Hallenlage bis hin zur Deckung des Wärmebedarfes über die Wärmeleitung und Strahlung müssten alle zuvor behandelten Belange richtig umgesetzt werden. Da muss beispielsweise auf übliche indirekte Beheizungsarten mit der Wärmeverteilung über temperierte Luftmassen und deren erzeugten Temperaturdifferenzen zu Oberflächen in Hinblick auf eine langzeitliche Standsicherheit wohl verzichtet werden. Mit gesicherten Erkenntnissen und geeigneten Maßnahmen könnte somit das ständige Prüfen der Standsicherheit nicht mehr für den Zeitpunkt des frühzeitigen Hallenabrisses ausschlaggebend sein, sondern künftig im Programm der Mess-, Regel und- Prüfvorgänge in einem kontrollierten Alterungsprozess der Bausubstanz eingebunden werden.



Nordostansicht der Eislaufhalle

Ausblicke

Eine Minderung der von den Gutachtern zum Sonderfall Bad Reichenhall untersuchten 1,6 K-Entwärmung der Trägerkonstruktion der Eissporthalle ist über wärmereflektierende Low-E-Decken mit Aluminiumbeschichtungen oder mit unbehandelten Aluminiumpaneelen erbringbar. Zur Beachtung: Diese Zwischendeckenkonstruktion sollte unbedingt dampfdiffusionsoffen ausgeführt werden. Anderenfalls entstehen Probleme, wie in Bad Reichenhall mit der Aluminiumschale auf der Holzkonstruktion, die einst höchstwahrscheinlich die Wärmedämmung funktionslos werden ließ und zur schwammartigen Wasserabgabe beitrug. Übrigens sollen vor allem die in den USA und Kanada eingesetzten diffusionsoffenen Zwischendecken oder Segelsysteme sogar in der Schweiz mit im Energieeinsparungsprogramm eine Berücksichtigung finden.

Sicherlich werden derartige zusätzliche Maßnahmen (als passive Komponente) erst im gesamten Konzept sich sinnvoll einfügen müssen, um empfehlenswert zu sein. Im Bestand der noch bestehenden Kombinationsbauten mit einem geringen Schadenspotential sind jedenfalls erfolgreiche Sanierungsmaßnahmen nicht nur über Luftschleusen, die Gebäudeabdichtung, die dampfdiffusionsoffene Bauweise, die aufwendigere Wärmedämmung und die erwähnte Minderung des negativen Strahlungsausgleiches zur Eisfläche bewerkstelligbar, sondern insbesondere überhaupt mit hochwirksamen Verfahren, die wohl in Bezug einer unübersichtlichen Verfahrensvielfalt den meisten Fachleuten in Deutschland noch heute unbekannt sind.

Hierzu sind besonders zwei international im Einsatz bewährte Systeme prädestiniert, die bereits weit außerhalb der Grenzen Europas in Expertenkreisen unter den Entwicklernamen bekannt wurden. Es handelt sich um die Temperierung nach Großschmidt (einer staatlich empfohlenen Methode) und die patentierte Überdrucklüftung nach Bauer, deren erzeugten Inversionslage vornehmlich im großen Raum mit der hochwirksamen 25 Jahre stets weiterentwickelten Oberflächentemperierung des Landesamt für Denkmalspflege in München zusammen synergetische und redundante Effekte der Klimastabilisierung schafft. Somit würden Schadgase, die Herr Heinemann und weitere Experten spezifisch in ihren Fachaufsätzen beschreiben, unwirksam. Andererseits könnte mit einer 1,6 K-Erwärmung der Trä-

gerkonstruktion die relative Feuchte nicht gegen das aufgebaute Wärmegefälle weder oberflächennah noch kapillar Kondensat bilden. Dadurch sind Materialfeuchten von weit aus unter 20 % ohne Weiteres erreichbar, welche wesentliche Belange der Gebäudesicherheit sehr nachteilig beeinflussen.

Fazit

Die Gebäudesicherheit als übergeordnete Zielstellung in allen Ebenen der Politik und Wissenschaft bis hin zu den Fachkreisen der Industrie- und Handwerkskammern und Behörden müsste doch eigentlich länderübergreifend nicht nur die Prüfungsverfahren zur Standsicherheit von Hallen, sondern hinzu explizit sämtliche Schutzverfahren berücksichtigen, die insgesamt nachhaltig für den Gebäudeerhalt den höchsten Stand bilden. Und dies schon deswegen, um die statische Sicherheit langfristig zu erhalten, damit Katastrophen, wie 1985 im Schweizer Uster oder wie im Januar 2006 im polnischen Kattowitz und im Bad Reichenhall sich keines falls wiederholen.

Das erfordert allerdings, wie im beschriebenen Sonderfall von Bad Reichenhall, auch qualitativ neue Erkenntnisse zu Alterungsprozessen auf internationaler Ebene und weiterführend spezielle Untersuchungen. Mit einem interdisziplinärem Fach- und Expertenwissen über spezifische kausale Zusammenhänge dürften über geeignete Maßnahmen alle bisherigen vorsorglich getätigten Hallenabrissmethoden hoffentlich bald gegenstandslos werden. Vor allem durch Geldmangel würde die Thematik des vielerorts nicht bewerkstelligten Wiederaufbaues künftig bedeutungslos und dadurch auch keine schicksalhaften Einschnitte in die Lebensqualität der Betroffenen bringen. Somit blieben die sportlichen Traditionen und die gewachsene gesellschaftliche Arbeit in den Hallen vollständig erhalten.

Besondere Beachtung sollte allen wirksamen Maßnahmen für den Erhalt der Gebäudesubstanz gelten, die insbesondere die Trockenhaltung und dem Schutz vor chemischen Reaktionen dienen. Letztendlich müsste vom Gesetzgeber hierzu der neuste Stand der Wissenschaft und Technik in Normen gefasst, das eigentliche Schadensrisiko erst gar nicht entstehen lassen.

Somit könnte beispielgebend die nicht nur in Deutschland flächendeckend anzutreffende hygroskopische Durchnässung der Gebäudehüllen verhindert werden. Darüber hinaus würden umgesetzte Erkenntnisse zur tatsächlichen Verhinderung von chemischen Reaktionen an Oberflächen und in vorgeschädigten Materialstrukturen einen weiteren Meilenstein in die richtige Richtung setzen. Die Zeit drängt und es bleibt zu hoffen, dass Kondensationsbildungen, auf salzende u.a. Vorgänge als quasi physikalische und chemische Katalysatoren für die Alterung, bald eliminiert sind.

Literatur

- [1] Die Eissporthalle Bad Reichenhall – Überlegungen zur Schadensursache, M. Thilo Angermann, TAB 12/2007, Seite 46 bis 48
- [2] Die Eissporthalle Bad Reichenhall – Weiterführende Überlegungen zu einem tatsächlichen, vermeidbaren Unglück, M. Thilo Angermann, TAB 6/2008, Seite 58 bis 61