

Auswirkung der Gebäudenutzung auf Holzfeuchten in Hallentragwerken

Dr.-Ing. Philipp Dietsch
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, Technische Universität München

Anmerkung: Dieser Beitrag basiert auf [1], wurde jedoch partiell ergänzt.

1 EINLEITUNG

Die Reaktion von Holz gegenüber Feuchtigkeit ist integraler Bestandteil jeder Auseinandersetzung mit diesem natürlichen Rohstoff. Dies gilt auch für die Planung, Realisierung und Instandhaltung von Holztragwerken. Denn Änderungen des Umgebungsklimas führen zu Änderungen des Feuchtegehalts von Holz (siehe Abbildung 1). Diese wiederum führen zu Änderungen nahezu aller physikalischen und mechanischen Eigenschaften (z.B. Festigkeiten) des Holzes. Bisher wurde das Thema der Materialfeuchte von tragenden Holzbauteilen tendenziell vor dem Hintergrund behandelt, hohe Holzfeuchten zu vermeiden um Fäulnis oder Pilzbildung zu verhindern. Die Auswertung von Schäden an weitgespannten Holzkonstruktionen zeigt jedoch als überwiegend festgestelltes Schadensbild ausgeprägte Rissbildung in Lamellen und Klebefugen der Brettschichtholzbauteile aufgrund niedriger oder stark schwankender Holzfeuchten. Diese Schwindrisse reduzieren den verbleibenden Querschnitt zur Übertragung von Querkzug- oder Schubspannungen. Ausgelöst werden diese durch schnelle und/oder starke Änderungen der Umgebungsbedingungen, welche sich zum einen aus konstruktiven Bedingungen, zum anderen aus der Gebäudenutzung ergeben können. Lokal können diese Änderungen verstärkt auftreten, wie z.B. im Bereich von Oberlichtern oder Lüftungsauslässen. Dies führt zu der Notwendigkeit, die klimabedingten Beanspruchungen in Gebäuden mit Holztragwerken genauer zu erfassen und zu beschreiben. Gleichlautend war die Zielsetzung eines am Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der Technischen Universität München durchgeführten Forschungsvorhabens, welches im Folgenden zusammenfassend dargestellt wird.

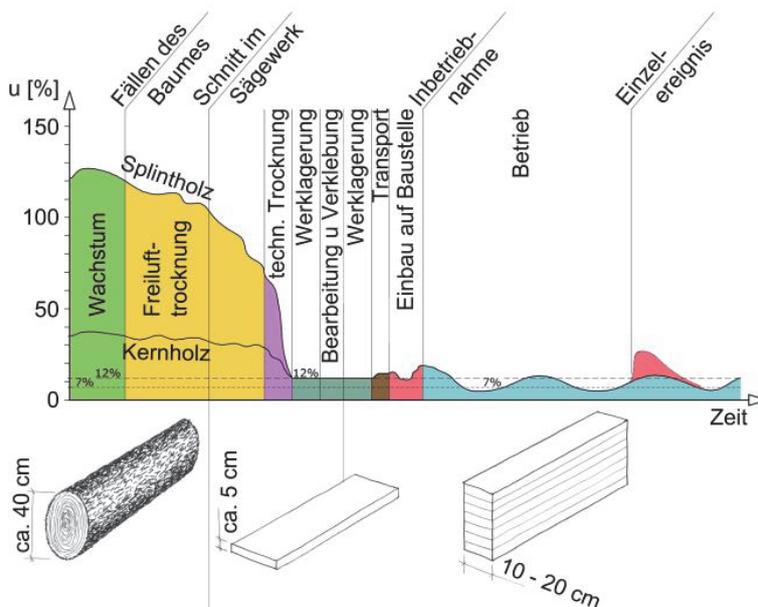


Abb. 1 Skizze einer möglichen „Feuchtekette“ (Feuchteentwicklung), d.h. Feuchtebeanspruchung vom Baum bis zum Brettwerk im Tragwerk (Holzfeuchten indikativ).

2 AUSWAHL DER GEBÄUDE UND IHRER NUTZUNGEN

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden in zwei Messperioden von je einem Jahr Langzeitmessungen von Holzfeuchte, Temperatur und relativer Luftfeuchte in insgesamt 21 Gebäuden mit sieben verschiedenen Nutzungen durchgeführt (siehe Tabelle 1). Alle Gebäude der Nutzungen „Schwimmen“, „Sport“ sowie „Produktion- und Verkauf“ sind beheizt und besitzen eine geschlossene Gebäudehülle, während alle Gebäude der Nutzungen „Reiten“, „Viehhaltung“ und „Lager“ unbeheizt sind und teiloffene Gebäudehüllen aufweisen. Im Fall der Eissporthallen wurden nur geschlossene Objekte (klimatisiert sowie nicht klimatisiert) untersucht. Bei der Auswahl der zugehörigen Gebäude wurde zudem eine möglichst große Vielfalt an holzbautypischen Bauweisen und Tragsystemen zusammengestellt. In jedem Objekt wurden die Daten an zwei Messstellen erhoben, um auch über die Gebäudefläche hinweg möglicherweise variierende Bedingungen (z.B. Sonneneinstrahlung oder Einfluss haustechnischer Anlagen) zu erfassen. In der zweiten Messperiode wurden die Langzeitmessungen nur noch an ausgewählten Messobjekten mit stark schwankenden Umgebungsbedingungen fortgeführt, um die im ersten Forschungsvorhaben gewonnenen Messergebnisse zu verifizieren. Von den ursprünglich sieben Nutzungskategorien und 21 Messobjekten wurden aus fünf ausgewählten Nutzungen je zwei Objekte weiter untersucht. Schwimm- und Sporthallen wurden wegen ihres sehr konstanten und vom Außenklima unabhängigen Gebäudeklimas für die Fortführung der Langzeitmessung nicht weiter in Betracht gezogen, siehe Tabelle 1.

Tab. 1 Gewählte Nutzungen und Anzahl der Objekte je Nutzung und Messperiode.

Kat.	Nutzung	Anzahl in Messperiode I	Anzahl in Messperiode II
A	Schwimmen	3	0
B	Eissport	4	2
C	Reiten	3	2
D	Sport	3	0
E	Produktion u. Verkauf	2	2
F	Viehhaltung (Kaltställe)	3	2
G	Lager	3	2
		21	10

3 MESSVERFAHREN

Als Messverfahren wurde das Widerstandsmessverfahren gewählt, da diese Methode den in Fachkreisen allgemein anerkannten Stand der Technik darstellt. Zudem ist mit dieser bewährten und bis dato meist verwendeten Methode eine zerstörungsfreie Messung der Feuchtegradienten über den Holzquerschnitt möglich. Für die Messung der Holzfeuchteverteilung über den Querschnitt wurden je Messstelle vier Paare teflonisolierter Elektroden unterschiedlicher Länge verwendet, die eine Feuchtemessung in genau definierten Schichten des Bauteils zulassen. Über speziell angefertigte, abgeschirmte Koaxialkabel wurden die Messelektroden an das Materialfeuchtemessgerät angeschlossen. Das mit dem Projektpartner entwickelte Messgerät ermöglicht eine Bestimmung von Materialfeuchten an bis zu acht Kanälen. Die stündlich erzeugten Messwerte der zwei Messstellen werden anschließend an einen Datenlogger weitergeleitet. Über zwei Sensoreinheiten für relative Luftfeuchte und Lufttemperatur werden die Klimadaten im direkten Umfeld der Messstellen aufgezeichnet. An beiden Messstellen wurde die Materialtemperatur mit je zwei Temperatursensoren in 20 und 40 mm Tiefe erfasst um eine Referenztemperatur für die Temperaturkompensation der Holzfeuchtemesswerte zu erhalten. Die gesamte Messtechnik wurde zum Schutz vor äußeren Einflüssen in einem Elektro-Installationsgehäuse untergebracht. Eine schematische Übersicht der verwendeten Messtechnik ist in Abbildung 2 gegeben.

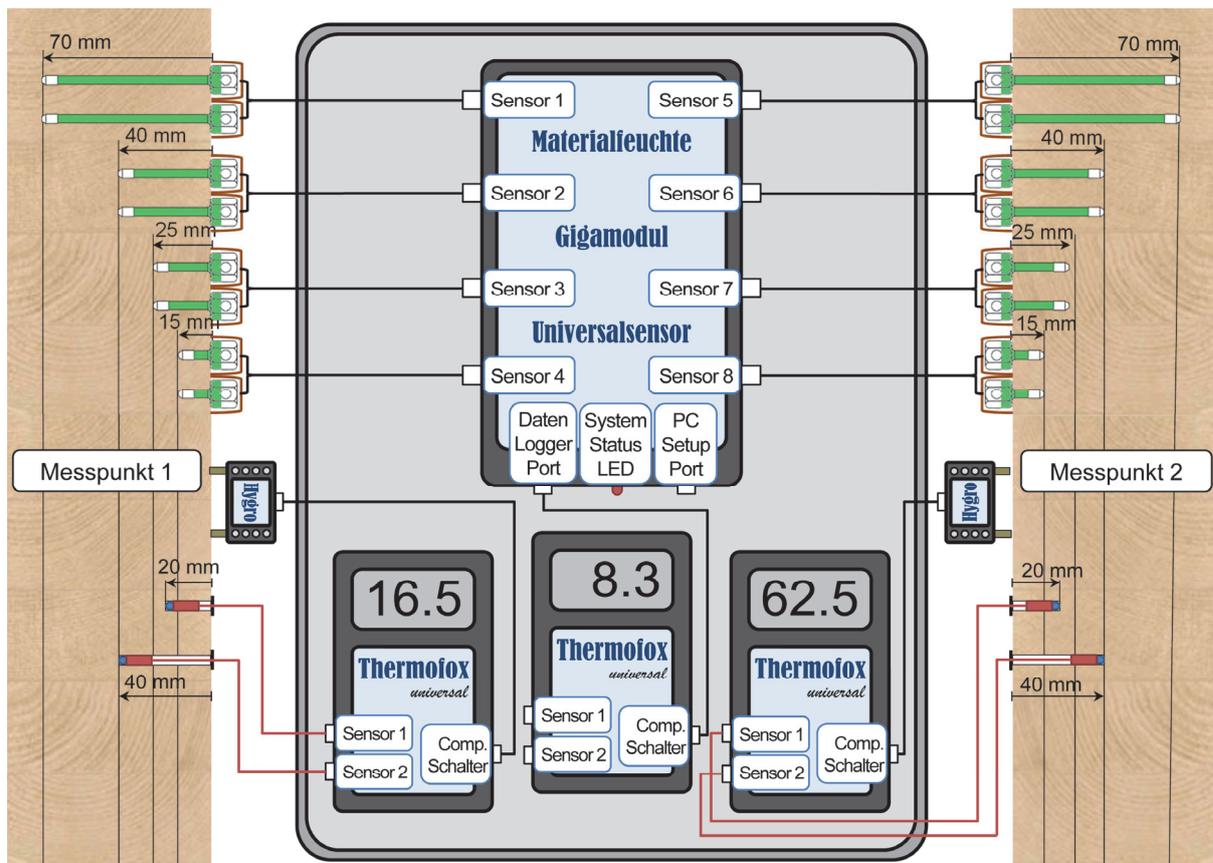


Abb. 2 Systematische Darstellung der Messtechnik.

Vor der eigentlichen Installation der Messtechnik in den Bauwerken wurde das System im Rahmen mehrerer Versuchsreihen in den Klimakammern der Prüfstelle Holzbau der TU München getestet. Es ergaben sich gute Übereinstimmungen für Holzfeuchten zwischen 12% und 18% und maximale Abweichungen von 1,3% für die trockenen Probekörper, wobei die für das Forschungsprojekt ausgewählte Messtechnik die Holzfeuchten tendenziell unterschätzte. Das für dieses Forschungsvorhaben entwickelte Messsystem erwies sich als grundsätzlich geeignet, Langzeitmessungen der Holzfeuchte und des Klimas in Gebäuden in Holzbauweise zu realisieren. Für weitergehende Informationen zur Messtechnik, der Validierung dieser wie auch der Anpassung der Messtechnik an im Forschungsvorhaben gemachte Erfahrungen wird auf den Bericht zum Forschungsvorhaben [2] verwiesen.

Die gespeicherten Messdaten wurden über die Messzeiträume hinweg mehrfach manuell ausgelesen. Gleichzeitig wurden eine Funktionskontrolle sowie eine Referenzmessung mit einem anderen Messgerät durchgeführt. Zur Auswertung der Daten wurde ein Programm erarbeitet welches es ermöglicht, die Daten am Ende der geplanten Messdauer in angemessenem Zeitaufwand einzulesen, weiterzuverarbeiten und grafisch in verschiedenen Diagrammen zu veranschaulichen. Bei der Umrechnung der Widerstände aus den Rohdaten in Holzfeuchtwerte wurde gleichzeitig eine Kompensation des Temperatureinflusses vorgenommen. Zu Vergleichszwecken wurde die in den oberflächennahen Bereichen in Abhängigkeit der Umgebungsbedingungen herrschende Ausgleichsfeuchte bestimmt und als gleitender Durchschnitt über zehn Tage angegeben.

4 MESSERGEBNISSE

In den betrachteten Auswertezwischenräumen vom 1. Oktober 2010 bis 30. September 2011 für die Messperiode I und vom 1. April 2013 bis 31. März 2014 für die Messperiode II wurden insgesamt über 3,6 Millionen Messwerte erfasst. Die aus den Datenloggern ausgelesenen Daten wurden als Verläufe der relativen Luftfeuchte und der Temperatur an der Messstelle über die Zeit (Ganglinien) aufbereitet, siehe Abbildung 3. Die gleiche Darstellungsweise wurde für die Messwerte der Holzfeuchte in den vier Querschnittstiefen gewählt, siehe Abbildung 4. Für die Holzfeuchte wurden zudem grafische Auswertungen über den Querschnitt erstellt. Diese beinhalten die Angabe von Umhüllenden der minimalen und maximalen Holzfeuchtwerte vgl. Abbildung 5, wie auch der Umhüllenden der Holzfeuchtegradienten über den Querschnitt, siehe Abbildung 6.

Aus den für jede Messstelle erstellten Querschnittsverläufen der Holzfeuchte kann die Größe der vorliegenden Feuchtegradienten abgelesen sowie die Differenz der Holzfeuchte zwischen Bauteiloberfläche und Querschnittsinneren ermittelt werden. Beide Parameter bilden die Grundlage, um Rückschlüsse auf die Größe der feuchteinduzierten Spannungen und damit potentieller Rissentstehung zu ziehen.

Ein Vergleich der Ergebnisse der einzelnen Nutzungen bestätigt die große Bandbreite der möglichen klimatischen Bedingungen (Temperatur, relative Luftfeuchte) in Gebäuden mit Holztragwerken. Über alle Nutzungen hinweg betrachtet, lagen die gemessenen mittleren Holzfeuchten zwischen 4,4 % und 17,1 %. Aus den Verläufen der Holzfeuchte lässt sich mit zunehmender Messtiefe im Holzquerschnitt sowohl eine gedämpfte als auch eine zeitliche Verzögerung der Anpassung der Holzfeuchte an die Umgebungsbedingungen erkennen. Daraus ergeben sich über die Trägerbreite unterschiedliche Holzfeuchten welche aufgrund der zugehörigen Schwind- und Quellverformungen zu Spannungen im Holzquerschnitt führen.

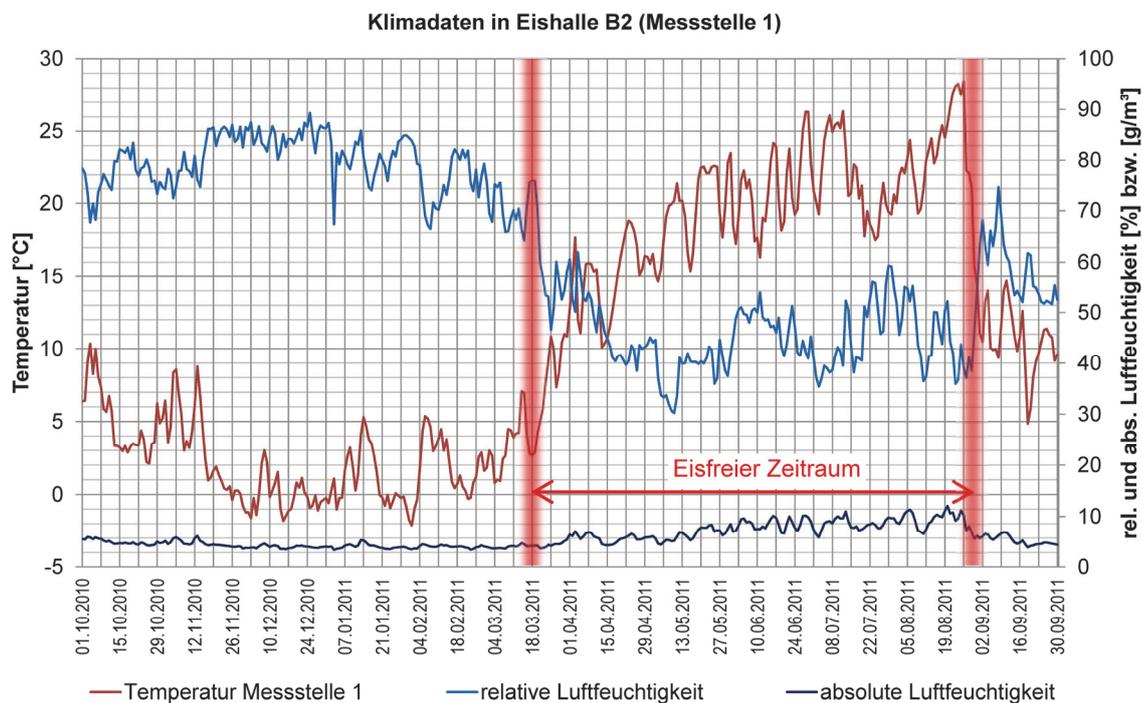


Abb. 3 Verlauf der relativen und absoluten Luftfeuchtigkeit sowie der Referenztemperatur über den betrachteten Zeitraum der Messperiode I am Beispiel der Eissporthalle B2.

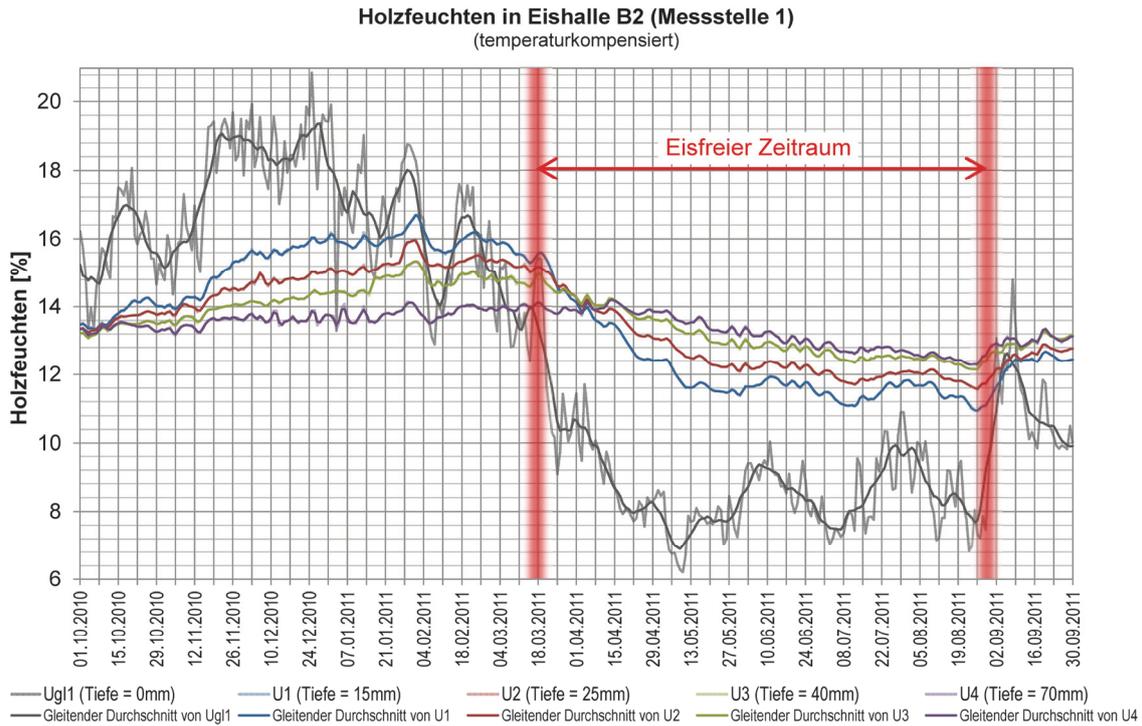


Abb. 4 Verlauf der Holzfeuchte in unterschiedlichen Querschnittstiefen über den betrachteten Zeitraum der Messperiode I am Beispiel der Eissporthalle B2.

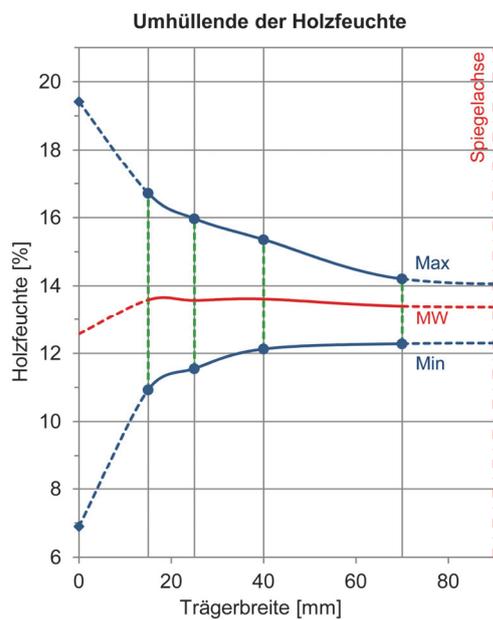


Abb.5 Umhüllende der Holzfeuchte über den Querschnitt des Tragwerks am Beispiel der Eissporthalle B2.

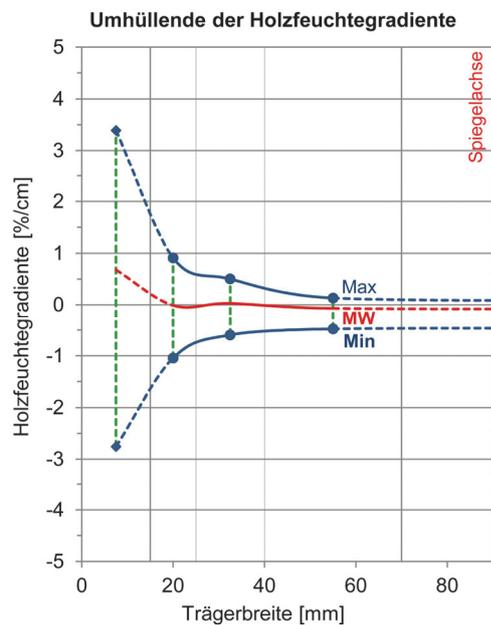


Abb.6 Umhüllende der Holzfeuchtegradienten über den Querschnitt des Tragwerks am Beispiel der Eissporthalle B2.

Die Holzfeuchtegradienten fallen in gedämmten und klimatisierten Gebäuden geringer aus als in Gebäuden mit stärkerem Einfluss des jahreszeitlich schwankenden Aussenklimas. Schwimmhallen fallen in die erstgenannte Gruppe. Für sie wurden im Forschungsvorhaben sehr konstante, hinsichtlich der Ausgleichsfeuchte der Holzbauteile unkritische Randbedingungen festgestellt. Ausnahme bilden

Übergangsbereiche zum Außenklima, in denen aufgrund des Absinkens der Temperatur, sehr hohe Luftfeuchten auftreten können, die zudem stärkeren Schwankungen unterworfen sind. Der gleichen Gruppe (geschlossene, gedämmte und geheizte Gebäude) sind Sporthallen zuzurechnen. Für diese wurde durchgängig ein konstantes aber trockenes Klima festgestellt. Verstärkt wurde der Effekt trockenen Klimas in Bereichen direkter Sonneneinstrahlung z.B. im Bereich von Lichtbändern. Die für Sporthallen gemachten Feststellungen treffen auch auf Verkaufshallen zu. Produktionshallen können, in Abhängigkeit der speziellen Nutzung, unterschiedliche klimatische Bedingungen aufweisen. Die Klimarandbedingungen sind dementsprechend objektspezifisch zu ermitteln. Meist werden diese jedoch einem konstanten und trockenen Klima zuzurechnen sein. Bei einigen der dieser Gruppe zugeordneten Messobjekte wurden erhebliche Schwindrisse an den Holzbauteilen des Dachtragwerkes festgestellt. Der hinsichtlich des Gefährdungspotentials für die Entstehung dieser Schwindrisse kritischste Zeitraum wird in den meisten Fällen der erste Winter nach Inbetriebnahme des Gebäudes sein. Durchschnittlich stellt sich in der Gruppe der gedämmten und geheizten Gebäude Temperaturen $\geq 20^{\circ}\text{C}$ (für Schwimmbäder bei ca. 30°C) und relative Luftfeuchten $< 50\%$ ein. Die aus diesen klimatischen Randbedingungen resultierenden Holzfeuchten lagen im Bereich von 6 – 10 % bei jährlichen Amplituden von $< 2\%$ (vgl. Tabelle 2).

Tab. 2 Aus den Messwerten des gesamten Messzeitraums abgeleitete Anhaltswerte für die Gruppe der gedämmten und beheizten Gebäude unter Normalbetrieb.

Nutzung	Holzfeuchte		Temp.	rel. Luftfeuchte
	MW [%]	max. A [%]	MW [$^{\circ}\text{C}$]	MW [%]
Schwimmen	8 - 9	$< 1,5$	≈ 30	< 50
Sport	8 - 10	< 2	≈ 20	< 50
Produktion u. Verkauf	6 - 7	< 2	15 - 25	< 40
Ø gedämmt, beheizt	6 – 10	< 2	> 20	< 50

Der zweitgenannten Gruppe (teiloffene, ungedämmte, unbeheizte Gebäude) sind die Reithallen zuzuordnen. Das Gebäudeklima in diesen ist starken jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. In den Wintermonaten führt das Zusammenspiel von kalter Luft und der von den Sprinkleranlagen eingebrachten Feuchte häufig zu Tauwasserausfall. Ähnlich starke jahreszeitliche Schwankungen des Gebäudeklimas wurden für landwirtschaftliche Hallen mit Viehbetrieb ermittelt. Viehbetrieb bedingt einen zusätzlichen Feuchteeintrag und damit eine erhöhte Luftfeuchte. Dieser Effekt ist bei Warmställen deutlich mehr ausgeprägt als bei Kaltställen ([3], [4]). Ähnlich wie bei Reithallen führt in den Wintermonaten kalte, von außen einströmende Luft und die erhöhte Luftfeuchte im Gebäude zu hohen Holzfeuchten und teilweise zu Tauwasserausfall. Wie in anderen vom Außenklima beeinflussten Nutzungen ergeben sich starke Schwankungen der Holzfeuchte, die aufgrund des jahreszeitlichen Charakters der Schwankungen in merklichen, nicht jedoch in außergewöhnlich hohen Holzfeuchtegradienten resultieren. Bauteile in Bereichen, die häufig gewaschen werden (mehrmals wöchentlich), können Holzfeuchten von deutlich über 20 % erreichen ([3], [4]). Die in Lagerhallen im Mittel festgestellten Holzfeuchten liegen in einem für Holzbauteile günstigen Bereich von 9,5 % bis 16,0 %. Zum Teil bedingt durch die gelagerten Güter (z.B. Heutrocknung [3], [4]) wurden für Lagerhallen z.T. sehr starke jahreszeitliche Schwankungen der Umgebungsbedingungen ermittelt.

Tab. 3 Aus den Messwerten des gesamten Messzeitraums abgeleitete Anhaltswerte für die Gruppe der teiloffenen, ungedämmten und unbeheizten Gebäude unter Normalbetrieb.

Nutzung	Holzfeuchte		Temp.	rel. Luftfeuchte
	MW [%]	max. A [%]	MW [$^{\circ}\text{C}$]	MW [%]
Reiten	14 - 17	3 - 5	10 - 15	70 - 80
Viehhaltung (Kaltställe)	14 - 17	4 - 5	10 - 15	65 - 75
Lager	11 - 16	4 - 5	10 - 15	60 - 75
Ø teiloffen, ungedämmt, unbeheizt	12 – 16	4	10 - 15	> 65

Für die Kategorie der teiloffenen, ungedämmten und unbeheizten Gebäude konnten im Mittel Temperaturen im Bereich von 10° - 15°C und relative Luftfeuchten größer 65 % beobachtet werden. Die mittlere Holzfeuchte stellt sich zwischen 12 und 16 % ein. Durch die schwankenden klimatischen Randbedingungen ergibt sich eine durchschnittliche jährliche Amplitude der Holzfeuchte im Bereich von 4 % (vgl. Tabelle 3).

Weniger durch das Außenklima als vielmehr bedingt durch die Nutzung ist auch das Klima in Eissporthallen starken jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Durchschnittlich konnte bei Eissporthallen eine mittlere relative Luftfeuchte zwischen 60 und 70 % bei aufgrund der Nutzung schwankenden Temperaturen festgestellt werden. Die Holzfeuchte ist mit durchschnittlich 15,5 % über der Eisfläche um 1,5 % höher als die Holzfeuchte im Randbereich der Halle. Die Amplitude der Holzfeuchte stellt sich im Mittel bei ca. 3,5 % ein. Die Holzfeuchte in Eissporthallen ist generell hoch und schwankt stark. Die stärkste Änderung der klimatischen Bedingungen, resultierend in größeren Holzfeuchtegradienten, ergab sich zum Zeitpunkt der Eisherstellung nach der Sommerpause. Auch im Bereich der landwirtschaftlichen Hallen gibt es Nutzungen, die zu einem vom Außenklima stark abweichenden Hallenklima führen. Dies betrifft vor allem Hallen zur Lagerung von Obst- oder Gemüsesorten, die ein besonderes Klima zur Haltbarmachung benötigen. Die in einem weiteren Forschungsprojekt in den Monaten der Einlagerung gemessenen relativen Luftfeuchten in Kartoffellagerhallen lagen zwischen 90 % und 95 %, die oberflächennah (15 mm) gemessenen Holzfeuchten variierten zwischen 19 % und 26 % ([3], [4]).

5 EMPFEHLUNGEN FÜR DIE PRAXIS

In der praktischen Anwendung des Baustoffs Holz ist die Kenntnis seines feuchteabhängigen Materialverhaltens von entscheidender Bedeutung. Dazu zählen neben der Planung und dem Neubau von Holzgebäuden auch die Nutzung bzw. temporäre oder dauerhafte Umnutzung sowie die gutachterliche Untersuchung.

5.1 PLANUNG/NEUBAU

In gedämmten, beheizten Gebäuden (u.a. Schwimmbad, Sport, Verkauf- und Produktion) mit relativ konstanten aber trockenen Umgebungsbedingungen sollte schon bei Produktion, Transport, Einbau und Baustellenbetrieb darauf geachtet werden, dass die Holzfeuchte von (speziell großvolumigen) Holzbauteilen nur um wenige Prozent von der späteren Ausgleichsfeuchte abweicht ($u \leq 12\%$). Mögliche Maßnahmen sind u.a. ein abgestimmtes Baustellenregime (u.a. Verhindern einer Befehung bei längerer Lagerung, Reduktion unnötiger Baufeuchte) und/oder ein Holzfeuchtemonitoring während der Bauzeit in Verbindung mit vorab festgelegten Handlungsanweisungen. Beim Entwurf derartiger Tragwerke sollte darauf geachtet werden, Sperreffekte gegenüber dem freien Schwinden und Quellen der Bauteile (z.B. Verbindungsmittel mit großem Abstand senkrecht zur Faser, in geringem Abstand angeordnete Querverstärkungen) weitestgehend zu vermeiden.

In Gebäuden mit erhöhtem Einfluss des Außenklimas auf das Innenraumklima (z.B. in Reithallen, Viehhaltung und Lager) könnte das Aufbringen einer Dachdämmung helfen, die starken Schwankungen des Innenraumklimas und dementsprechend die Holzfeuchtegradienten zu dämpfen. Bei teiloffenen Bauwerken reduziert sich der Effekt einer solchen Maßnahme mit zunehmendem Anteil an dauerhaft geöffneten Bereichen in der Außenhülle. Holzbauteile die aufgrund lokaler Gegebenheiten wie Oberlichtern, Lüftungsauslässen oder häufigem Auswaschen verstärkten Änderungen des Umgebungsclimas ausgesetzt sind sollte erhöhte Aufmerksamkeit hinsichtlich potentieller Rissentstehung aufgrund eines zu schnellen Austrocknens nach einer Feuchteperiode oder starkem Aufweichen und damit der Gefahr für Pilzbildung geschenkt werden. In diesen Bereichen bietet die Verwendung von außen auf die Holzbauteile aufgetragenen, austauschbaren Holzwerkstoffplatten eine Möglichkeit, die Holzfeuchteänderungen zu dämpfen. In Lagerhallen mit Klimatisierung zur Sicherstellung einer hohen Luftfeuchte für das Lagergut sollte der Einsatz von Holzarten höherer Dauerhaftigkeit, z.B. Lärche und Douglasie Kernholz, in Betracht gezogen werden.

5.2 NUTZUNG, UMNUTZUNG

Der hinsichtlich des Gefährdungspotentials für die Entstehung von Schwindrissen kritischste Zeitraum wird bei gedämmten und beheizten Gebäuden in den meisten Fällen der erste Winter nach Erstellung des Gebäudes sein. In diesem Zeitraum sollte beim Einsatz der Heizanlagen darauf geachtet werden, die relative Luftfeuchte nicht schnell und stark abzusenken. Eine künstliche Luftbefeuchtung, z.B. in Form von Verdunstungsbecken ist eine weitere Möglichkeit, die Geschwindigkeit der Austrocknung der Holzquerschnitte zu dämpfen. Eine Alternative stellt eine Oberflächenbehandlung der Holzquerschnitte, z.B. in Form von Feuchteschutzmitteln dar, welche die Feuchteaufnahme und –abgabe für die ersten Jahre nach der Erstellung des Gebäudes dämpft. Zum momentanen Zeitpunkt können noch keine konkreten Angaben hinsichtlich anwendbarer, diffusionshemmender Produkte zur Oberflächenbehandlung gegeben werden.

In teiloffenen, ungedämmten und unbeheizten Gebäuden ist der Einfluss des Nutzers auf das Innenklima wesentlich geringer. Dennoch kann die Entstehung hoher relativer Luftfeuchten durch verschiedene Maßnahmen reduziert werden. In Reithallen würde sich der aus dem Zusammenspiel von kalter Luft und der von den Sprinkleranlagen eingebrachten Feuchte auftretende Tauwasserausfall reduzieren, wenn die Sprinkleranlagen in der kalten Jahreszeit nur eingesetzt werden, sofern dies für den Reitbetrieb unbedingt erforderlich ist. In Lagerhallen sollte während der generell feuchteren Wintermonate darauf geachtet werden, dass durch die gelagerten Güter keine hohe, zusätzliche Feuchte eingebracht wird. In Eissporthallen ergab sich die stärkste Änderung der klimatischen Bedingungen zum Zeitpunkt der Eisherstellung nach der Sommerpause. Durch eine kontrollierte Lüftung und Heizung der Eissporthallen kann die Auswirkung dieses Effekts deutlich gedämpft werden.

Neben den vorab beschriebenen, nutzungsbedingten Klimarandbedingungen und deren Beanspruchungspotential für die Holzbauteile, verdeutlichen die Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens, dass temporäre Eingriffe, wie Renovierungsarbeiten oder Nutzungsänderungen zu stark veränderten klimatischen Bedingungen führen können. Diese können in ausgeprägten Holzfeuchteänderungen resultieren. So wurden im Rahmen dieses Forschungsvorhabens sowohl ein starkes Austrocknen von Holzbauteilen (temporäre Umnutzung einer Eissporthalle sowie Renovierung eines Hallenbades) wie auch das starke Aufweichen von sehr trockenen Holzbauteilen (Umnutzung eines ehemals metallverarbeitenden Betriebes) festgestellt. Das sich dabei ergebende Gefährdungspotential für die Entstehung von Schäden durch Risse in Brettschichtholzbauteilen ist entsprechend hoch. Dementsprechend sollte bei derartigen Eingriffen auf eine schonende Änderung des Klimas geachtet werden und die Verwendung von Hilfsmaßnahmen (z.B. Verdunstungsbecken, Oberflächenbehandlung) für eine zeitlich kontrollierte Änderung des Raumklimas in Betracht gezogen werden. Idealerweise sind solche Eingriffe von einem im Holzbau kundigen Fachplaner zu begleiten.

5.3 UNTERSUCHUNG IM SCHADENSFALL

Bei der Begutachtung von Schäden an Holztragwerken ist eine nähere Betrachtung der klimatischen Randbedingungen und der resultierenden Holzfeuchte der Bauteile von entscheidender Bedeutung. Herrschen am zu untersuchenden Tragwerk unterschiedliche klimatische Randbedingungen, so sollten über das Tragwerk hinweg an mehreren Orten Messungen der Holzfeuchte in unterschiedlichen Tiefen durchgeführt werden. Da die Kenntnis der zum Zeitpunkt der Untersuchung vorhandenen Holzfeuchteverteilung in den meisten Fällen nicht ausreicht um die Schadensursache vollständig zu klären sollte angestrebt werden, die Feuchtehistorie der Bauteile zu rekonstruieren. Dies kann durch Recherche in Dokumenten wie dem Leimbuch, dem Baustellentagebuch oder früheren Inspektionsberichten erfolgen, sofern diese vorhanden sind. Ist keine solche Dokumentation der Feuchtekette / Feuchteentwicklung vorhanden oder wurde das Gebäude umgenutzt, können gegebenenfalls über eine Nutzerbefragung Informationen über die klimatischen Randbedingungen (Temperatur, relative Luftfeuchte) gesammelt werden.

Bei der Sanierung klimatisch bedingter Risse ist sich die Fachwelt über den richtigen Zeitpunkt für eine Rissverpressung bzw. Sanierung noch uneinig. In diesem Zusammenhang ist der Einfluss der

Superposition der Spannungen vor und nach der Sanierung, ein möglicher Rissfortschritt an der Bauteiloberfläche bzw. im Bauteilinneren, die inhomogene Verteilung der Steifigkeit quer zur Faser über die Lamellenbreite (innen meist steifer als außen) sowie die unterschiedliche Geschwindigkeit einer Feuchteaufnahme bzw. Feuchteabgabe von Holz zu berücksichtigen. Für belastbare Aussagen hinsichtlich des richtigen Zeitpunktes zur Rissanierung sind noch eingehende Untersuchungen, gepaart mit Versuchen an Prüfkörpern mit baupraktisch relevanten Querschnittsabmessungen, notwendig. Die in diesem Forschungsvorhaben ermittelten klimatischen Umgebungsbedingungen können die Grundlage solcher weiterführender Untersuchungen darstellen.

5.4 EMPFEHLUNGEN FÜR DIE UMSETZUNG IN LEHRBÜCHERN UND NORMEN

Es sollte angestrebt werden, das Bewusstsein von Planern und Ausführenden zum Thema der Umgebungsbedingungen und resultierender Holzfeuchte während der Errichtung und Nutzung wie auch temporärer Eingriffe und Nutzungsänderungen ihres Gebäudes zu erhöhen. Erreicht werden könnte dies über die Angabe wesentlicher Informationen in Kommentaren zu Normen sowie Lehrbüchern. Dazu zählt Holzbauteile mit einer Holzfeuchte einzubauen, die der Gleichgewichtsfeuchte im fertig gestellten Bauwerk entspricht. Des Weiteren wird empfohlen, Beispiele der Klassifizierung von Gebäuden in Nutzungsklassen (z.B. Reithallen, Eissporthallen) anzugeben. Gleichzeitig ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die erwarteten Ausgleichsfeuchten von Holzbauteilen für jedes Gebäude objektspezifisch aus den erwarteten Klimarandbedingungen zu ermitteln sind. Vor allem sollte das Bewusstsein der Planer und Ausführenden gegenüber trockenen Umgebungsbedingungen erhöht werden. Dementsprechend wird empfohlen, künftig in den Normen zur Bemessung und Konstruktion von Holzbauten darauf hinzuweisen, dass die Ausgleichsfeuchte von Bauteilen aus Nadelholz in beheizten und gedämmten Gebäuden (Nutzungsklasse 1) in den meisten Fällen unter 10 % liegt.

DANKSAGUNG

Das Forschungsvorhaben wurde aus Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung gefördert. Die Autoren danken zudem allen Industriepartnern für ihre materielle und finanzielle Unterstützung sowie die konstruktiven Diskussionsbeiträge und Empfehlungen im Rahmen des Projektes.

LITERATUR

Es wird auf die umfassende Literaturliste im Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben [1] verwiesen.

- [1] Dietsch, P., Gamper, A., Merk, M., Winter, S.; Gebäudeklima - Auswirkungen auf Konstruktion und Dauerhaftigkeit von Holzbauwerken, Holzbau Die neue Quadriga, 6/2015, S. 28-34
- [2] Gamper, A., Dietsch, P., Merk, M., Winter, S.; Gebäudeklima - Langzeitmessung zur Bestimmung der Auswirkungen auf Feuchtegradienten in Holzbauteilen. Abschlussbericht; Fraunhofer IRB Verlag 2015, ISBN 978-3-8167-9518-6 (kostenloser Volltext im web verfügbar)
- [3] Jiang, Y., Dietsch, P., Winter, S.; Landwirtschaftliche Nutzgebäude aus Holz – vorbeugender chemischer Holzschutz zwangsläufig notwendig?, Holzbau Die neue Quadriga, 2/2017, S.43-47
- [4] Jiang, Y., Dietsch, P., et. al.; Landwirtschaftliche Nutzgebäude in Holzbauweise ohne vorbeugenden chemischen Holzschutz (Gebrauchsklasse 0 (GK 0)) - Besondere bauliche Maßnahmen in Anlehnung an DIN 68800. Abschlussbericht, vorr. 05/2018