

# Wetterbeanspruchte Holzbauteile

Autor(en): **Meierhofer, Ulrich A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 8

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74054>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Wetterbeanspruchte Holzbauteile

Von Ulrich A. Meierhofer, Dübendorf\*)

Der in früheren Jahrhunderten in erster Linie handwerklich orientierte bauliche Entwicklungsprozess berücksichtigte in hohem Mass die lokalen Gegebenheiten. Dies schloss auch im allgemeinen die – infolge der beschränkten Transportmöglichkeiten – vorwiegende Verwendung von lokalen Baumaterialien ein, deren mehr oder oft auch minder gute Eigenschaften baulich berücksichtigt wurden. Auch den lokalklimatischen Bedingungen wurde – wie die vor allem im ländlichen Bereich unterschiedlichen traditionellen Haustypen zeigen – gebührend und auch erfolgreich Rechnung getragen.

Im Gegensatz zu früher zeichnet sich heute das Baugeschehen zumeist durch eine weitgehende zeitliche und räumliche Trennung zwischen Konzept und Realisation aus. Die frühere Einheit von Baumeister und Architekt wurde durch eine institutionalisierte Gegensätzlichkeit ersetzt, die sich unter anderem auch durch unterschiedliche Ausbildung und Interessen ausdrückt. Der Baumeister, der Unternehmer baut – extrem ausgedrückt – mit Stein, Beton, Stahl, Holz, Kunststoff usw.; der Architekt baut mit Papier und Bleistift.

Möglicherweise haben diese Gegebenheiten dazu beigetragen, dass in den letzten Jahrzehnten gewisse architektonische Entwicklungen bzw. Gestaltungsprinzipien oder Modetrends durch Überbetonung des Formalen oft im schadenrächtigen Widerspruch standen mit den bautechnischen Möglichkeiten, obwohl auch in diesem Bereich grosse Fortschritte zu verzeichnen waren. Neben ausführungsmässig bedingten haben solche konzeptiven Mängel zu Misserfolgen im Bereich sämtlicher Baumaterialien geführt. Es ist indessen nicht zu übersehen, dass in bestimmten Fällen das Baumaterial Holz deutlicher als andere auf Fehlanwendungen reagiert. Durch die nachfolgenden Darstellungen von Beanspruchung, Auswirkung und Massnahmen soll das Verständnis für die Zusammenhänge und die fachgerechte Holzanwendung im Aussenbau gefördert werden.

## Wetterbeanspruchung

Fehlanwendungen von Holz im Bauwesen lassen sich oft auf die ungenügende Berücksichtigung der Einwirkung von gasförmigem oder flüssigem Wasser zurückführen [1].

Ein Teil der Feuchteeinwirkungen steht im Zusammenhang mit den klimatischen Voraussetzungen, die nachfolgend mit den entsprechenden Auswirkungen erörtert werden. Obwohl in der Wirkung am Bauteil deutlich, ist keine Unterscheidung zwischen den wetterbedingten kurzfristigen, den witterungsbedingten mittelfristigen sowie den klimabedingten langfristigen Einflüssen vorgesehen, da die Übergänge fließend sind.

Im Bezug auf das Verhalten von (Aussen-)Bauteilen sind folgende Wetterfaktoren von besonderer Bedeutung:

- Globalstrahlung (= Sonnenstrahlung plus Himmelsstrahlung)
- Niederschläge
- Lufttemperatur
- Luftfeuchte
- Luftgeschwindigkeit (Wind, Konvektion).

Als dominanter Wetterfaktor muss die Strahlung bezeichnet werden, wobei die verschiedenen aufgeführten Faktoren allerdings auf die vielfältigste Weise voneinander abhängen. Nicht alle Aussenbauteile werden gleichzeitig allen erwähnten Faktoren ausgesetzt. Bei Bauteilen «im Freien unter Dach» zum Beispiel fehlen im allgemeinen die Nieder-

schläge und oft wirkt auch nur sehr wenig Strahlung ein. Da insbesondere die Intensität der anfallenden Strahlung von verschiedenen lokalen Zufälligkeiten abhängt, werden die am Aussenbauteil sich abspielenden Vorgänge wesentlich durch das am betreffenden Ort herrschende sogenannte Mikroklima mitbestimmt. Während für andere Berufszweige – z. B. im Wald- oder Gartenbau – die Berücksichtigung des Mikroklimas eine Selbstverständlichkeit ist, bereitet die Vielfalt solcher Klimata der normativen Vereinfachung und damit auch der Berücksichtigung bei den heute üblichen Bauabläufen Schwierigkeiten.

Beim Wetter handelt es sich um sehr dynamische Vorgänge, wobei sich verschiedene Gruppen von Zeitabhängigkeiten unterscheiden lassen (Tabelle 1). Die Geschwindigkeit der Änderung der Wetterfaktoren ist für die Intensität der Auswirkung in Holzbauteilen wesentlich mitbestimmend. Je träger ein System, z. B. grossformatige Holzquerschnitte, um so weniger können sich kurzfristige Wetteränderungen auswirken (Bilder 11 und 12).

Bei den wetterbedingten Veränderungen

gen in Holzbauteilen handelt es sich um vielschichtige, äusserst komplexe Vorgänge, die sich auch näherungsweise nicht aus dem Zeitverlauf der Wettereinflussfaktoren berechnen lassen [3]. Ein sehr vereinfachendes Schema (Bild 1) zeigt unter Vernachlässigung des Zeiteinflusses eine Kausalkette der witterungsbedingten Vorgänge mit Rückkopplungen. Das Schema ist auch insofern unvollständig, als Wetterschutzmassnahmen – wie sie bei Holzbauten üblich und notwendig sind – kaum mitberücksichtigt wurden.

## Anwendungsgebiete

Ohne Differenzierung der Anwendungsgebiete ist eine Diskussion des Feuchtehaushalts von Holzbauteilen schwierig. Von den zwei hierzu wichtigen Gesichtspunkten betrifft der erste die anwendungsbedingten Anforderungen an Holzbauteile. Diesbezüglich kann – stets im Aussenbereich – eine Einteilung in folgende Gruppen vorgenommen werden:

- *Bauteile mit sehr kleinen geometrischen Toleranzen*, insbesondere Fenster und Türen, deren Funktionstüchtigkeit im wesentlichen auch von der Dichtigkeit und damit von der Passgenauigkeit abhängt. Bei solchen Bauteilen ist es wichtig, die Schwinden und Quellen verursachenden hygroskopischen Feuchtebewegungen, d. h. vor allem den Feuchteausaustausch mit der Umgebung, so gering wie möglich zu halten (z. B. durch Aufbringen einer diffusionsdichten Oberflächenbehandlung).
- *Wetterschirme*, deren Funktion durch verhältnismässig dünne Holzelemente – früher oft Schindeln, heute meist Schalungen – übernommen wird. Diese Anwendungsart zeichnet sich aus durch das freie und rasche Abfließen des Niederschlagswassers mit nachfolgender rascher Trocknung, freies Schwinden und Quellen sowie leichte Ersetzbarkeit der Einzelelemente durch detailkonstruktive Massnahmen. Der markanteste Wettereinfluss auf solche Bauteile ist die oberflächliche Verwitterung [4,5].
- *Holztragkonstruktionen*, deren Anordnung sich im allgemeinen nach

Tabelle 1. Zeitabhängigkeit der Witterungsfaktoren

| Zeitdauer der Änderung |                            | Charakter  | Ursachen                     |
|------------------------|----------------------------|------------|------------------------------|
| sehr kurzfristig       | Minuten, Stunden           | zufällig   | Änderung der Bewölkung, Wind |
| kurzfristig            | 1 Tag                      | periodisch | Tag-/Nacht-Zyklus            |
| mittelfristig          | einige Tage, wenige Wochen | zufällig   | Änderung der Wetterlage      |
| langfristig            | 1 Jahr                     | periodisch | Jahreszeiten-Zyklus          |

\*) Erweiterte Fassung eines Vortrages, gehalten an der EMPA/LIGNUM-Fachtagung «Wetterexponierte Holzbauteile» am 4. Sept. 1979 an der ETH Zürich

der Tragfunktion zu richten hat. Diese lässt sich üblicherweise mit den Anforderungen der Dauerhaftigkeit nicht verbinden, weshalb spezielle Schutzmassnahmen notwendig sind.

Nicht enthalten in diesen drei Gruppen sind die Holzbauteile in Bodennähe, die einer anderen, sehr spezifischen Beanspruchung ausgesetzt sind (Bodenfeuchte, Pilzangriff).

Neben den Anforderungen an die Bauteile ist es als zweiter Aspekt auch wichtig, deren Einsatzort im Hinblick auf die klimatische Beanspruchung zu kennen. Hierzu bestehen einige seit längerem übliche Abgrenzungen, wobei im Neuentwurf der Norm SIA-164, «Holzbau», ein Versuch einer vergleichsweise differenzierten Darstellung unternommen wurde, die aus Tabelle 2 ersichtlich ist. Die Zahlenwerte stimmen dabei mindestens teilweise mit älteren Angaben überein [1].

Die erhebliche Schwankungsbreite bei den Feuchtigkeiten der bewitterten Bauteile ist neben der grossen zeitlichen Variation der Beanspruchungsintensität auch einer entsprechend grossen räumlichen Streuung der Beanspruchungsintensitäten (Lokal- und Mikroklimate) zuzuschreiben.

## Grossformatige Holzbauteile

Eine Sonderstellung nehmen die grossformatigen Holzbauteile ein, vor allem in der Aussenanwendung. Oft handelt es sich um tragende Brettschichtbauteile, die aus gestalterischen Gründen ganz oder teilweise der direkten Bewitterung ausgesetzt sind (Bilder 2 und 3). Solche Anwendungen widersprechen an sich den traditionellen (mitteleuropäischen) Holzkonstruktionsprinzipien, die auf einen weitgehenden konstruktiven Schutz sämtlicher Tragelemente ausgelegt waren (z. B. bei gedeckten Brücken, [6]). Andererseits besteht ein erheblicher Druck der Architekten und Konstrukteure, die offenkundigen gestalterischen Möglichkeiten des Holzleimbau in neuen und neuartigen Anwendungen auszuschöpfen. Eine Erweiterung des als sicher und dauerhaft zu bezeichnenden Anwendungsbereiches von Brettschichtholz lässt sich jedoch nur durch bedachte Fortentwicklung erreichen.

### EMPA-Forschung

An den laufenden Forschungsanstrengungen beteiligt sich die Abteilung Holz der EMPA mit einem verhältnismässig umfangreichen Programm zur Ermittlung physikalischer Vorgänge in bewitterten Bauteilen, zur Zeit insbesondere auch grossformatigen Brettschichtelementen, sowie damit zusammenhängender Erscheinungen und Probleme.

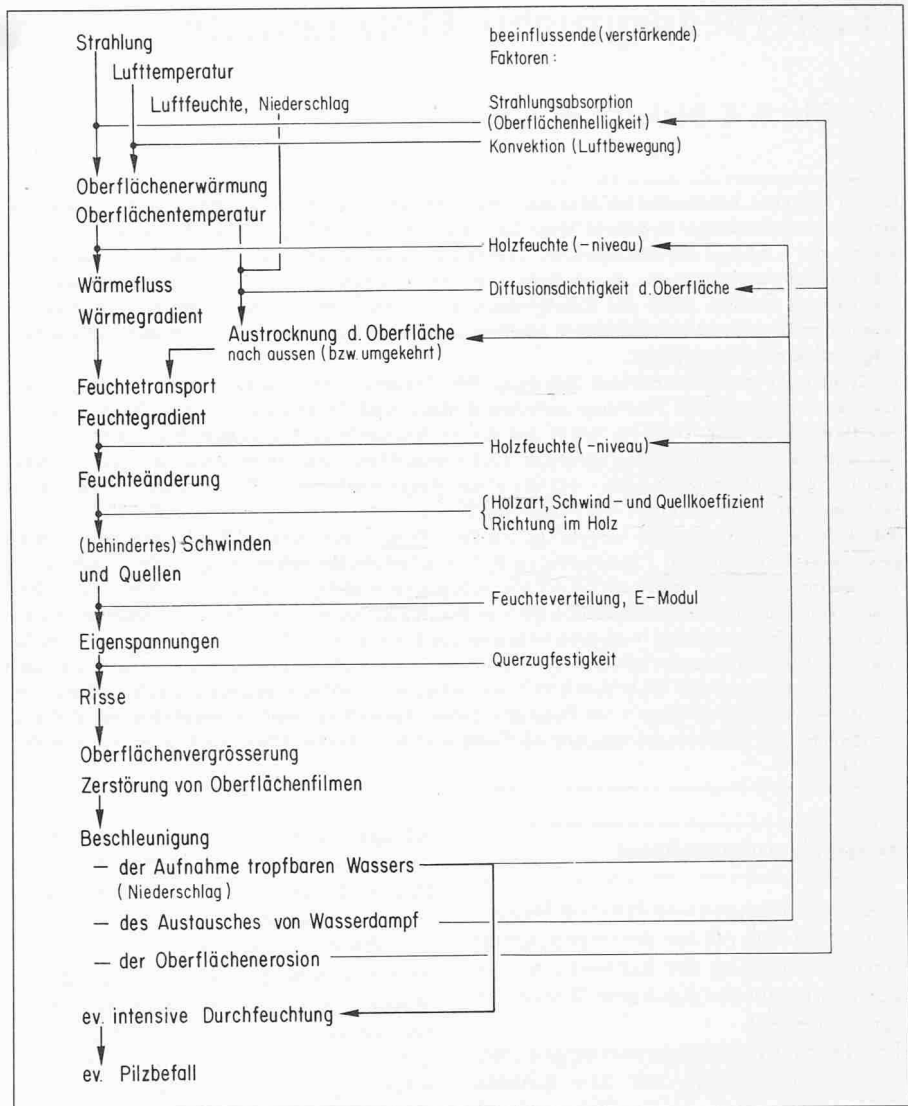


Bild 1. Kausalkette der witterungsbedingten Veränderungen von Holzbauteilen (mit Rückkopplungen)

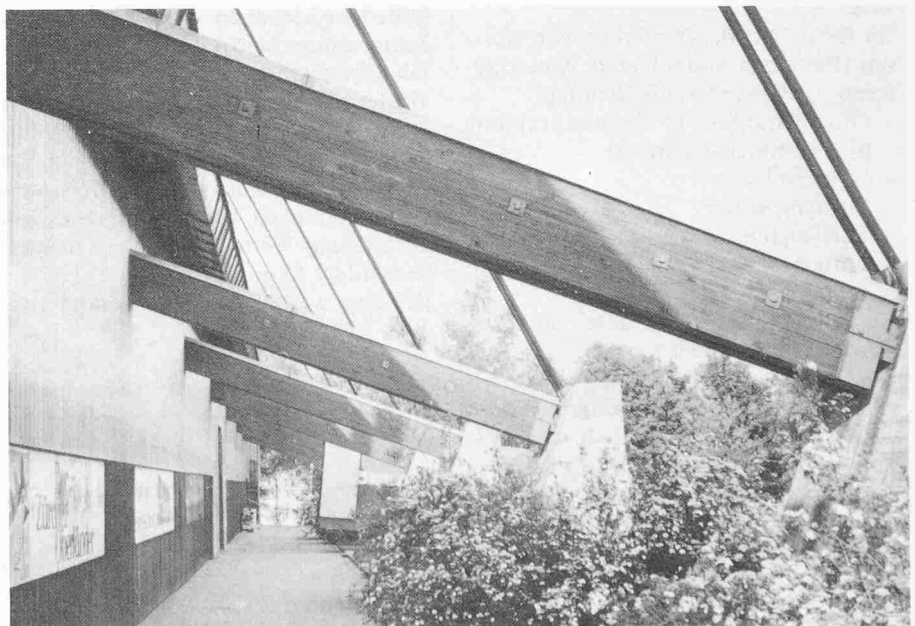


Bild 2. Die direkt bewitterten Trägerenden erhalten durch die schmale Blechabdeckung auf der Oberseite nur einen ungenügenden Schutz.

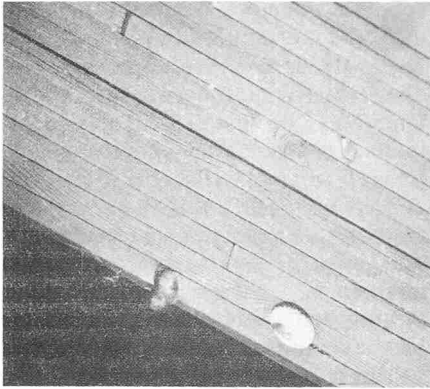


Bild 3. Detail aus Bild 2. Nach wenigen Jahren Standzeit weisen die Brettschichtträger einige Zentimeter tiefe Risse und geöffnete Leimfugen auf.

In zwei vor kurzem abgeschlossenen Teilprogrammen wurde der Feuchte-, Temperatur- sowie Schwind- und Quellverlauf an einem Brettschichtelement aus Fichtenholz gemessen, das zunächst über ein Jahr im Freien unter Dach gelagert und anschliessend direkt bewittert worden war. Zu den gleichen Teilprogrammen gehörte auch die Ermittlung des Feuchteverlaufs einer Reihe von Fichten-Kanthölzern, die in einem bestimmten Grössenverhältnis zueinander standen. Eine ausführliche Beschreibung dieser Untersuchungen findet sich in folgenden Literaturverzeichnis angeführten Publikationen [2, 3, 7]. Einige ausgewählte Resultate sollen nachfolgend dargestellt und erörtert werden.

Die Versuchsanordnung (Bild 4) erlaubte die kontinuierliche Registrierung von Temperatur und Feuchte in verschiedener Querschnittstiefe des Messbalkens sowie die Beobachtung des Endeinflusses (Stirnholzeinflusses), wobei eines der beiden Balkenenden einen dünnen Anstrich (Imprägniergrund) aufwies.

Die mit diesem System gemessenen Verläufe der Feuchtigkeiten in verschiedener Querschnittstiefe im Freien unter Dach und bei direkter Bewitterung sind aus den Bildern 5 und 6 ersichtlich.

Neben der auffälligen und plausiblen Amplitudendämpfung mit zunehmender Querschnittstiefe zeigt eine statistische Auswertung auch Unterschiede in der durchschnittlichen Holzfeuchte auf: unter Dach ist es in Balkenmitte durchschnittlich trockener als in den äusseren Zonen. Bei direkter Bewitterung verhält es sich umgekehrt (Tabelle 3). Der dämpfende Einfluss eines Schutzanstriches geht sowohl aus Bild 7 wie auch aus Bild 10 hervor.

Das Mess- und Registriersystem erlaubt neben den Übersichtsdarstellungen über die gesamte Messperiode auch die Detailwiedergabe kurzer Messabschnitte. In Bild 8 ist beispielsweise der Temperaturverlauf während drei schönen Sommertagen in verschiedenen Querschnittstiefen aufgezeigt. Die im Vergleich mit der Aussenluft im Holz we-

Tabelle 2. Holzfeuchte von Bauteilen gemäss Normenentwurf SIA 164 (1978). Die nachstehenden Tabellenwerte gelten für die klimatischen Bedingungen des Mittellandes; für Jura und Voralpen sind die Werte nach oben, in den Alpentälern nach unten anzupassen.

| Lage der Bauteile   | Holzfeuchte im Durchschnitt über den Querschnitt |                    |
|---|--|--------------------|
|   | Mittelwert                                       | Schwankungsbereich |
| <b>Geschützte Bauteile</b>  |  |                    |
| - in gut durchlüfteten, im Winter gut beheizten Räumen  | 9%   | ± 3%               |
| - in gut durchlüfteten, im Winter schwach beheizten Räumen  | 12%  | ± 3%               |
| - in gut durchlüfteten, unbeheizten Räumen  | 15%  | ± 3%               |
| - gut belüftete, offene, überdachte Konstruktionen  | 17%  | ± 5%               |
| <b>Teilweise geschützte Bauteile</b>  |  |                    |
| - kleine Querschnitte (z. B. Fassadentäfer mit und ohne Oberflächenbehandlung)                                  |  |                    |
| • stark strahlungsabsorbierend  | 15%  | ± 5%               |
| • wenig strahlungsabsorbierend  | 17%  | ± 4%               |
| - mittlere Querschnitte (z. B. Balkenteile unter Dach, Fensterrahmen mit relativ dichter Oberflächenbehandlung) |  |                    |
| • stark strahlungsabsorbierend  | 13%  | ± 4%               |
| • wenig strahlungsabsorbierend  | 16%  | ± 4%               |
| <b>Ungeschützte (d. h. direkt bewitterte) Bauteile</b>  |  |                    |
| - grössere Querschnitte (z. B. Konstruktionsholz ohne dichte Oberflächenbehandlung)                             |  |                    |
| • durchschnittlich  | 18%  | ± 6%               |
| • äussere Zone der Querschnitte   | 20%  | ± 8%               |
| <b>Feuchte Bauteile</b>   |  |                    |
| - in feuchten, schlecht durchlüfteten Räumen  | 24% bis Fasersättigung                           |                    |
| <b>Nasse Bauteile</b>   |  |                    |
| - unter Wasser liegende Bauteile  | über Fasersättigung                              |                    |

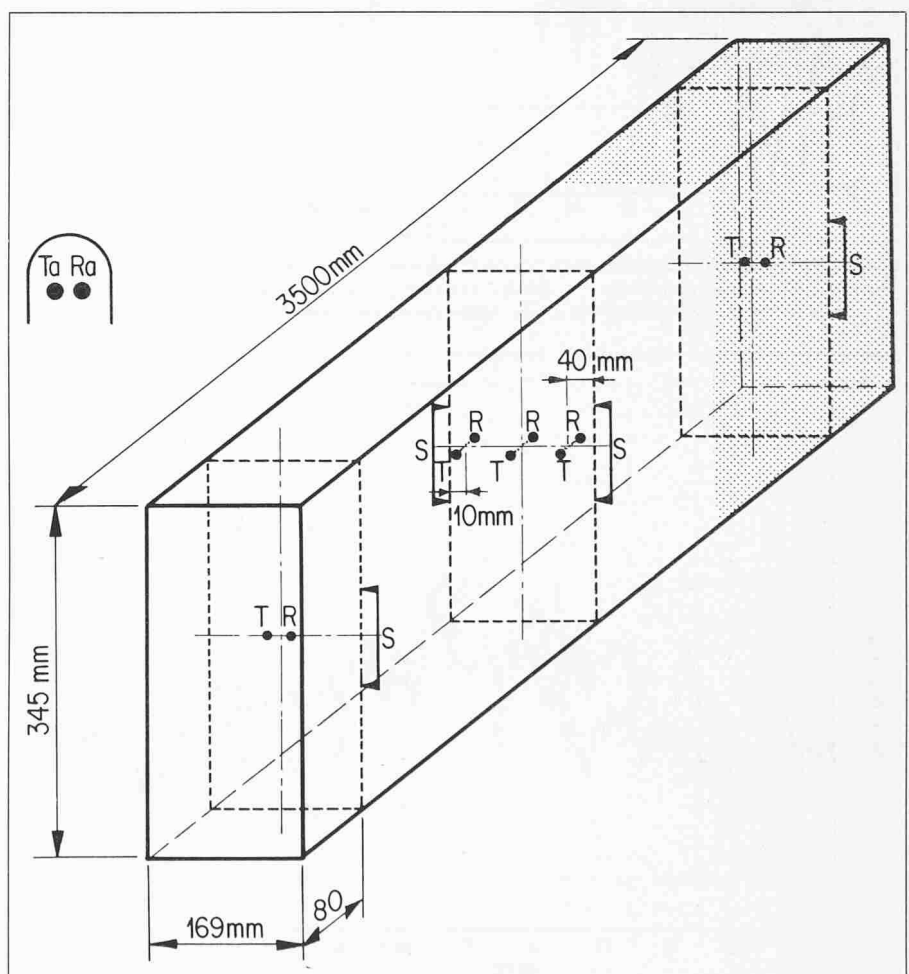


Bild 4. Messbalken mit den in drei Messebenen angeordneten Messfühlern: T (Temperatur), R (rel. Luftfeuchtigkeit), S (Dimensionsänderungen). Ta und Ra: Messung in der Aussenluft. Gerastert: angestrichenes Ende des Balkens



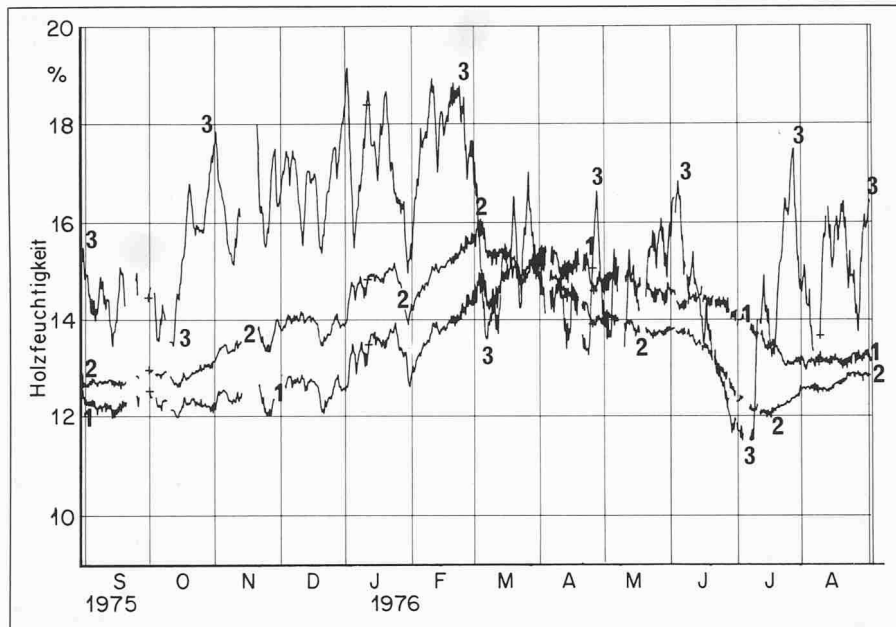


Bild 5. Zeitverlauf der Holzfeuchtigkeiten im Freien unter Dach in der Längsmittle des Messbalkens.  
 Kurve 1: in 80 mm Querschnittstiefe  
 Kurve 2: in 40 mm Querschnittstiefe  
 Kurve 3: in 10 mm Querschnittstiefe

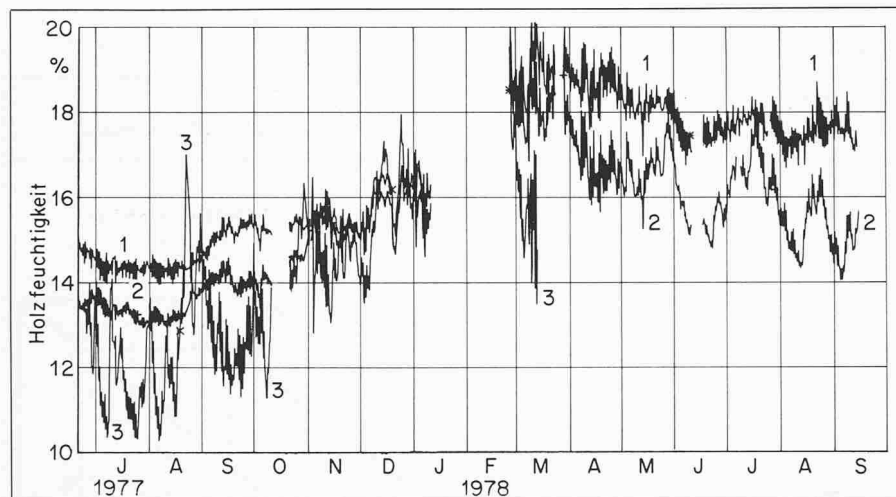


Bild 6. Zeitverlauf der Holzfeuchtigkeiten bei direkter Bewitterung in Längsmittle des Messbalkens.  
 Kurve 1: in 80 mm Querschnittstiefe  
 Kurve 2: in 40 mm Querschnittstiefe  
 Kurve 3: in 10 mm Querschnittstiefe (nur etwa 1. Hälfte der Versuchsperiode)

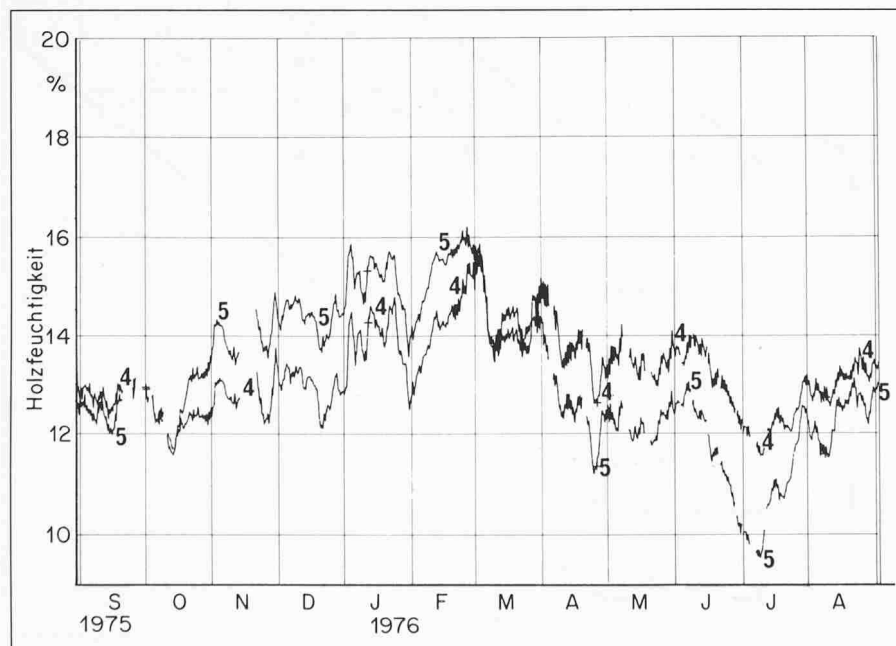


Bild 7. Zeitverlauf der Holzfeuchtigkeiten im Freien unter Dach  
 Kurve 4: angestrichenes Balkenende  
 Kurve 5: unbehandeltes Balkenende

sentlich höheren Temperaturen sind auf die Strahlungserwärmung des Messbalkens zurückzuführen.

Die intensive Strahlungserwärmung der Oberfläche ist eine der kritischsten klimatischen Beanspruchung grossformatiger Holzbauteile (Schema Bild 1). Die Geschwindigkeit und Grössenordnung einer strahlungsbedingten Oberflächen-austrocknung lässt sich aus Bild 9 entnehmen.

Grundsätzlich sind vor allem Feuchtigkeitsverteilungen mit höherer Feuchtigkeit in Querschnittsmittle und niedriger Feuchtigkeit in den Oberflächenzonen ungünstig, da dies schwindbedingte oberflächliche Zugspannungen und damit auch unerwünschte Oberflächenrisse verursacht. Eine umgekehrte Feuchteverteilung (innen trocken, aussen feucht) verursacht geringere Querdruckspannungen an der Oberfläche und Zugspannungen im Innern. Die Feuchtgradienten sind in diesem Fall weniger steil, da die Befeuchtungsvorgänge langsamer verlaufen. Aus einer solchen Feuchteverteilung sind im allgemeinen keine nachteiligen Folgen zu erwarten.

Die effektive Spannungsverteilung quer zur Faser infolge behinderten Schwindens und Quellens ist schwer erfassbar. Durch theoretische Ansätze wurden, basierend auf im Labor erzeugten Feuchteprofilen durch Möhler [8], Eigenspannungsverteilungen ermittelt. Da hierüber noch zu wenig bekannt ist, wurde allerdings dabei die Spannungsrelaxation vernachlässigt, was die rechnerischen Resultate relativiert.

Die in Bild 10 dargestellten Schwind- und Quellverformungen resultieren aus den - durch nichtlineare Feuchteprofile verursachten - Eigenspannungen quer zur Faser. Neben der deutlich sichtbaren, dämpfenden Wirkung des Endanstriches auf die Feuchte-, Schwind- und Quellbewegungen wie auch auf die Rissintensitäten ist vor allem der maximale Verformungsunterschied von Interesse. Diese Bewegungen, die im Freien unter Dach bzw. bei direkter Bewitterung in Balkenmittle rund 0,4% bzw. 1,1% und am unbehandelten Balkenende 0,6% bzw. 2,7% betragen, sind in der Detailkonstruktion, insbesondere bei Anschlüssen und Verbindungen, zu berücksichtigen.

Einige Aufschlüsse geben auch die in den Bildern 11 und 12 dargestellten Feuchteverläufe an unterschiedlich grossen Balken im Freien unter Dach und bei direkter Bewitterung. Im Gegensatz zu den kontinuierlich und lokal gemessenen Feuchtigkeiten des Messbalkens (Bilder 5, 6 und 7) wurden die Feuchteverläufe gemäss den Bildern 11 und 12 durch periodisches Wägen ermittelt. Es handelt sich somit um integrale, d. h. volumengemittelte Feuchtigkeiten. Es lässt sich zeigen, dass zwischen der lokalen Holzfeuchte in be-

stimmter Querschnittstiefe und der integralen Holzfeuchte eines Elements von bestimmter Grösse enge Beziehungen bestehen. Neu ist die Erkenntnis, dass nicht nur die minimalen und die maximalen, sondern auch die zeit- und volumendurchschnittlichen Feuchtigkeiten wesentlich von den Querschnittsdimensionen abhängen (Tabelle 3).

Beim Aufschneiden des Versuchsträgers nach gut einjähriger Freibewitterung wurden Stellen mit weitgehender Delamination, d.h. Zerstörung der Leimfuge beobachtet. Hierzu ist allerdings zu bemerken, dass aus Disponibilitätsgründen Trägerabschnitte mit Harnstoffharz-Verleimung verwendet wurden, d. h. mit einer Verleimung, deren Feuchteempfindlichkeit bekannt ist. In einer Zone, wo Niederschlagswasser durch einen Oberflächenriss eingedrungen war, wurde sogar eine lokale Vermorschung festgestellt (Bild 13).

**Folgerungen**

Neben den beschriebenen Resultaten ergaben sich aus den Untersuchungen sowie aus praktischen Erfahrungen folgende Schlüsse, wobei ausdrücklich auch auf die Empfehlung bezüglich Schutzmassnahmen für Brettschichtholz der EMPA und des SSH (1978) [9] hingewiesen wird:

- für die Dauerhaftigkeit von Brettschichtholz (und anderen grossformatigen Holzbauteilen) sind die Holzfeuchte und die Holzfeuchteänderungen von ausschlaggebender Bedeutung.
- Die notwendige Berücksichtigung und Kontrolle der Holzfeuchte erstreckt sich von der Verarbeitung des Holzes über Transport und Montage bis zur Bauaustrocknung und Inbetriebnahme (im Falle der Verwendung von Brettschichtholz in geschlossenen Räumen). Es empfiehlt sich, die Verarbeitungsholzfeuchte etwas niedriger als die mittlere Gleichgewichtsholzfeuchte am Ort der Anwendung zu halten, z. B. etwa 13% für Aussenanwendung.
- Neben der Innenanwendung ist auch die Verwendung im Freien unter Dach unproblematisch. Ohne eine verhältnismässig diffusionsdichte Oberflächenbehandlung lässt sich allerdings eine gewisse Rissbildung in der trockenen Jahreszeit nicht vermeiden.
- Als sehr ungünstig ist die direkte Bewitterung von Brettschichtbauteilen zu beurteilen. Die Dauerhaftigkeit ist hier nur durch weitgehende Schutzmassnahmen zu erreichen, wobei gestalterische und konstruktive Massnahmen am wirksamsten sind (z. B. Abdeckung). Auch geeignete Oberflächenbehandlungen können bei perfektem Unterhalt einen erheblichen Schutz gewähren. Der chemi-

Tabelle 3. Jahresmittelwert und Streubereich der volumengemittelten Holzfeuchtigkeiten der Massivholzbalken A bis E und der Holzfeuchtigkeiten von Messstellen des Brettschichtträgers bei direkter Bewitterung im Freien unter Dach

| Lage  | Holzfeuchtigkeit (%), Mittel und Streubereich<br>direkt bewittert | im Freien unter Dach |
|---|---|----------------------|
| Balken A (375 cm×17 cm×34 cm)                               | 16,7...19,6...22,5  | 13,3...15,1...16,1   |
| Balken B (180 cm× 8 cm×16 cm)                               | 14,4...18,3...22,7  | 11,1...14,6...17,0   |
| Balken C ( 90 cm× 4 cm× 8 cm)                               | 13,5...19,3...25,2  | 11,1...16,3...19,7   |
| Balken D ( 45 cm× 2 cm× 4 cm)                               | 12,3...20,9...30,3  | 10,9...17,3...21,7   |
| Balken E ( 22 cm× 1 cm× 2 cm)                               | 11,0...23,8...39,2  | 12,1...19,0...24,5   |
| Längsmitte Brettschichtträger<br>in 80 mm Querschnittstiefe | 14,5...17,1...20,4  | 12,0...13,7...15,5   |
| in 40 mm Querschnittstiefe                                  | 13,3...16,1...20,0  | 11,9...13,9...16,0   |
| in 10 mm Querschnittstiefe                                  | ----  | 11,5...15,6...19,1   |

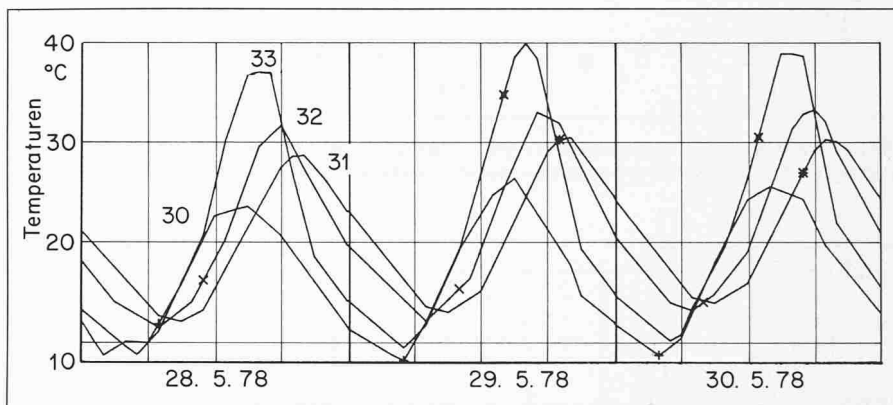


Bild 8. Verlauf der Temperaturen der Aussenluft (Kurve 30) und in Balkenlängsmitte in 80 mm (Kurve 31), in 40 mm (Kurve 32) sowie in 10 mm (Kurve 33) Querschnittstiefe an einem Sommertag bei direkter Bewitterung. Infolge Strahlungseinwirkung liegen die Holztemperaturen im allgemeinen über der Lufttemperatur

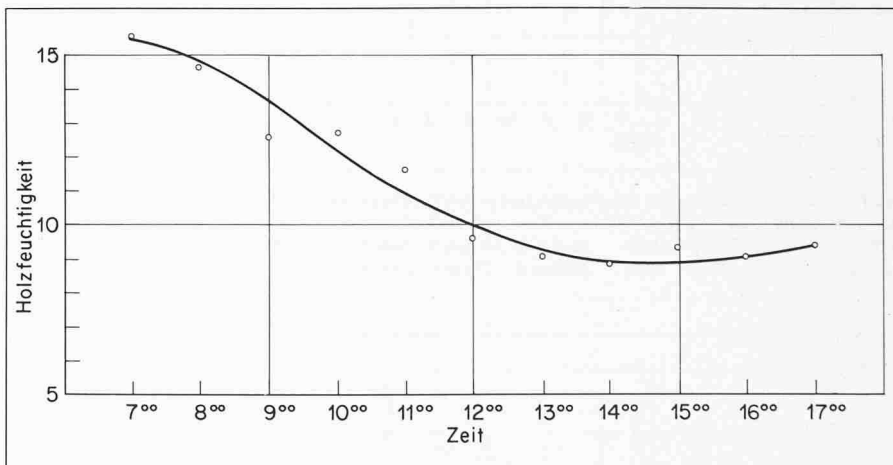


Bild 9. Zeitlicher Verlauf der Holzfeuchtigkeit an der Trägeroberfläche während einer Trocknungsphase an einem warmen Sommertag (7.7.77) bei direkter Bewitterung. Ermittlung der Holzfeuchtigkeit durch Darren von dünnen Spänen

sche Schutz von Brettschichtholz - insbesondere die Behandlung der Lamellen mit Bioziden vor der Verleimung - ist neuerdings Gegenstand von intensiven Forschungs- und Entwicklungsbestrebungen [10].

- Trotz der erheblichen Trägheit grosser Holzquerschnitte bezüglich integraler Feuchteänderungen und trotz Dimensionsstabilisierung durch inneren Spannungsausgleich, können im Jahreszeitenzyklus doch beträchtliche Schwind- und Quellverformun-

gen auftreten, die konstruktiv berücksichtigt werden müssen.

- Bei den Feuchtebewegungen in Holzbauteilen handelt es sich um äusserst komplexe Vorgänge. Die Zeitverläufe der Holzfeuchtigkeiten lassen sich weder im Freien unter Dach und noch viel weniger bei direkter Bewitterung aus dem Verlauf der bestimmenden Klimafaktoren ableiten.

- Die Holzfeuchtigkeiten werden bei massgeblichem Einfluss der Strahlung zu einem guten Teil durch mi-

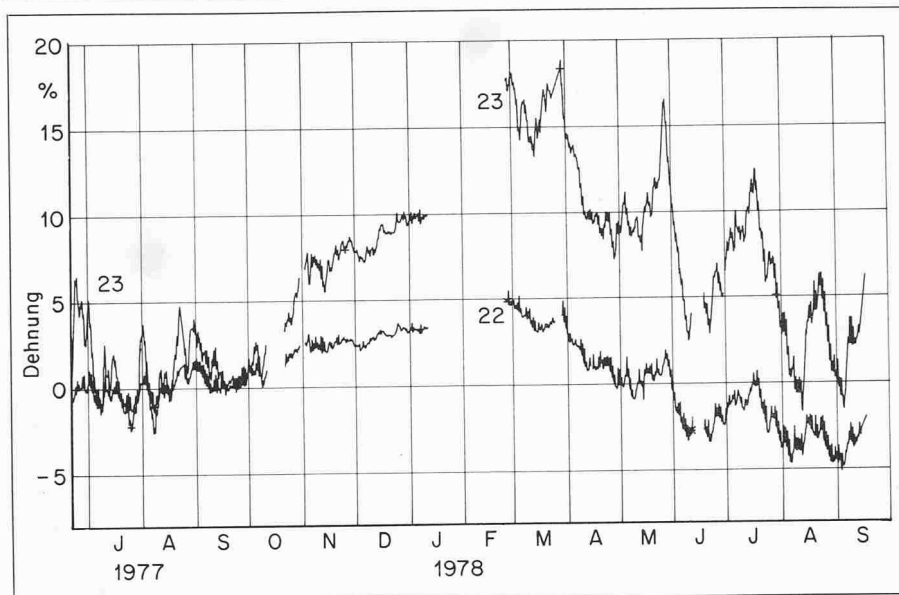


Bild 10. Zeitlicher Verlauf der schwind- und quellbedingten Dimensionsänderungen (Sonnenseite) am angestrichenen (Kurve 22) und am unbehandelten (Kurve 23) Balkenende bei direkter Bewitterung

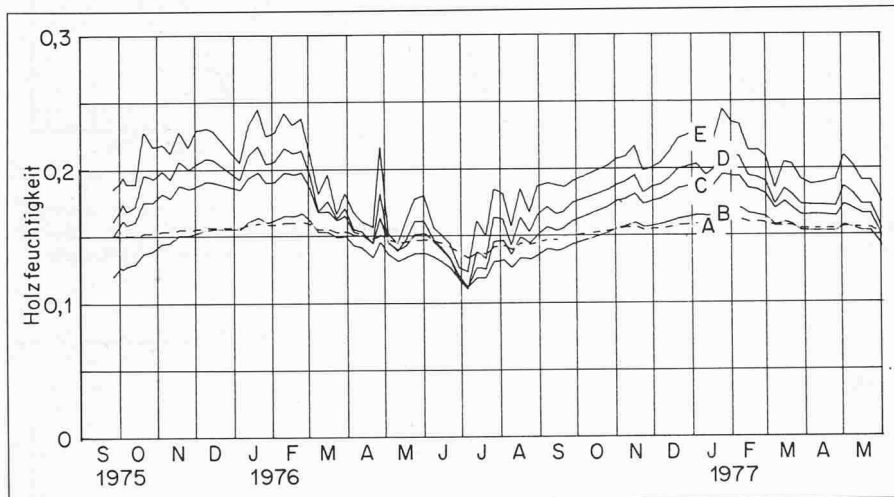


Bild 11. Zeitlicher Verlauf der volumengemittelten Holzfeuchtigkeiten von Fichtenholzbalken unterschiedlicher Abmessung  $L(\text{cm}) \times B(\text{cm}) \times H(\text{cm})$  im Freien unter Dach  
 Balken A  $375 \text{ cm} \times 17 \text{ cm} \times 34 \text{ cm}$  Balken B  $180 \text{ cm} \times 8 \text{ cm} \times 16 \text{ cm}$  Balken C  $90 \text{ cm} \times 4 \text{ cm} \times 8 \text{ cm}$   
 Balken D  $45 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \times 4 \text{ cm}$  Balken E  $22 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$

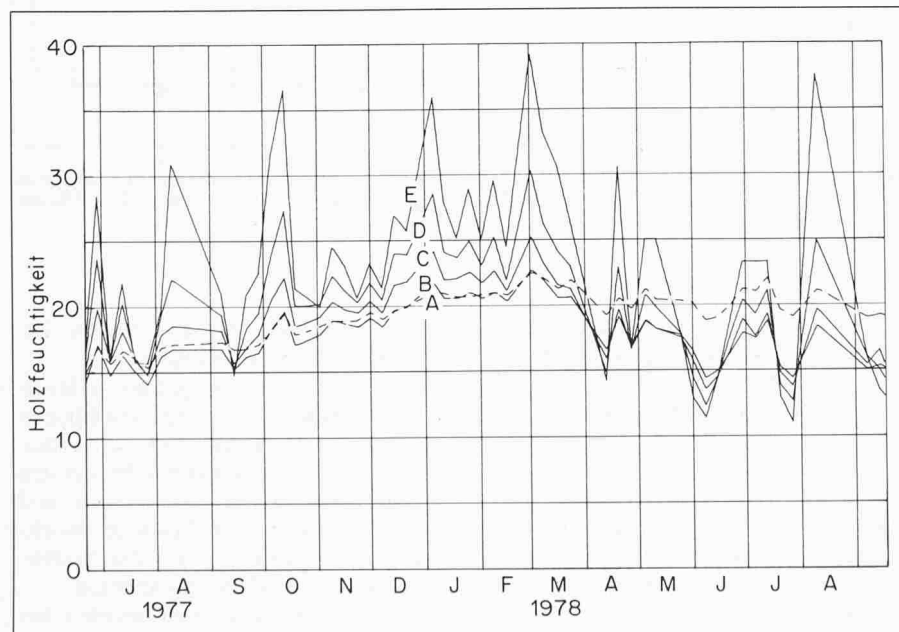


Bild 12. Wie Bild 11, jedoch bei direkter Bewitterung

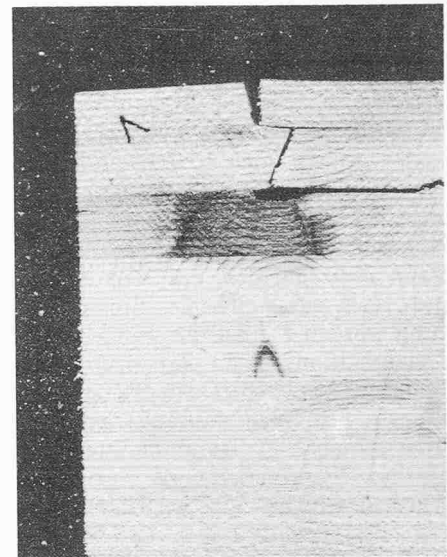


Bild 13. Lokale Fäulnis im Innern des Messbalkens, im Verlaufe eines Jahres verursacht durch Lentizes-Befall nach Durchfeuchtung im Bereich eines Risses auf der Oberseite

kroklimatische Verhältnisse bestimmt. Für eine erwünschte weitergehende Differenzierung der klimabedingten Beanspruchungskategorien sind weitere Forschungsanstrengungen notwendig.

## Schlussbemerkungen

Für die Beurteilung der Qualität und Dauerhaftigkeit von Bauprodukten und -konstruktionen, bietet sich die Lebensdauer von Bauwerken als Massstab an. Dies steht im Widerspruch zu dem heute, auch im Baubereich, üblichen Druck, Neues möglichst kurzfristig auf den Markt zu bringen. Im Gegensatz zu heute gelegentlich geübten Praktiken sollten deshalb neue Materialien und Konstruktionen mit Sorgfalt entwickelt, ausgetestet und mit Bedacht eingeführt werden. Dies gilt insbesondere auch im Bereich des Aussenbaus, wo eine sehr komplexe Wetterbeanspruchung nur in Ausnahmefällen durch kurzfristige Modellversuche angenähert werden kann. Es ist jedoch auch bei sorgfältiger Erprobung nicht möglich, die Dauerhaftigkeit lediglich auf die Qualität der Baumaterialien und -teile abzustellen. Von massgeblicher Bedeutung sind die gestalterischen Massnahmen, die den Umweltinflüssen sowie den positiven und negativen Eigenschaften der zu verwendenden Materialien Rechnung tragen müssen.

Adresse des Verfassers: U. A. Meierhofer, Abteilung Holz, EMPA, 8600 Dübendorf

Das Literaturverzeichnis zum Artikel befindet sich auf der folgenden Seite.

## Literaturverzeichnis

- [1] Meierhofer U., 1976. «Klimabedingte Feuchtebewegungen und deren Auswirkungen auf Holzbauteile». Teile 1 bis 3. Schweiz. Bauwirtschaft 75 (20): 17-18; 75 (25): 12-15; 75 (28): 15-16
- [2] Sell J., 1978: «Physikalische Vorgänge in wetterbeanspruchten Holzbauteilen». 1. Mitteilung: Ausgangssituation, Ziel, Grundlagen und Methodik einer langfristigen Untersuchung. Holz Roh/Werkstoff 36 (12): 461-466.
- [3] Meierhofer U., Sell J., 1979: «Physikalische Vorgänge in wetterbeanspruchten Holzbauteilen». 2. Mitteilung: Tragende Holzbauteile im Freien unter Dach. Holz Roh/Werkstoff 37 (6): 227-234
- [4] Kühne H. et. al. «Freiland-Bewitterungsversuche an Holz und Aussenanstriche für Holz». EMPA-Bericht Nr. 198. Dübendorf 1972
- [5] Leukens U., Sell J., 1969: «Verwitterungserscheinungen an Holzoberflächen». Schweiz. Schreinerzeitung 80: 911-913
- [6] Kühne H., 1966: «Holzschutz als Aufgabe des projektierenden Baufachmannes». Schweiz. Bauzeitung 84: 99-106
- [7] Meierhofer U., Sell J., 1979: «Physikalische Vorgänge in wetterbeanspruchten Holzbauteilen». 3. Mitteilung: Träger mit direkter Wetterbeanspruchung. Holz Roh/Werkstoff. Im Druck.
- [8] Möhler K., Steck G., 1977. Rissbildung in Brettschichtträgern durch Trocknung oder Trocknung nach vorheriger Feuchtigkeitsaufnahme. Informationszentrum Raum und Bau der Fraunhofer-Gesellschaft. Forschungsbericht F 1423.
- [9] EMPA (Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt) und Studiengruppe für Holzleimbau 1978: «Klimabeanspruchung von Brettschichtholz, Empfehlung für Schutzmassnahmen». Eigenverlag
- [10] Göldi M., Sell J., Strässler H., 1979: «Scherfestigkeit der Klebverbindungen von vorimprägniertem Holz - Beitrag zur Entwicklung wetterbeständigen Brettschichtholzes». Holz Roh/Werkstoff 37 (7): 241-250

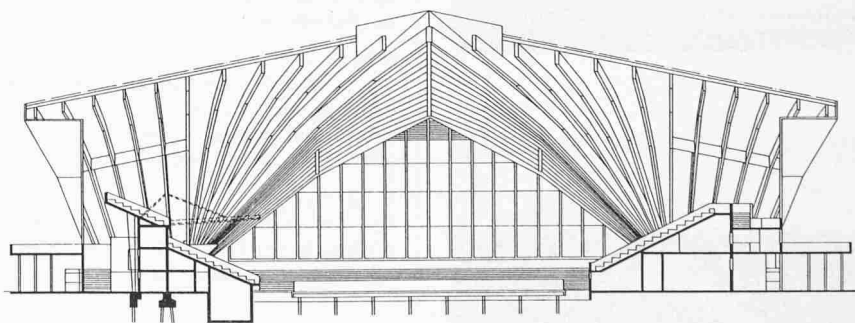
## Holzbau

## Eissporthalle Davos

## Vorgeschichte

Die Idee, die im Jahre 1960 in Betrieb genommene offene Kunsteisbahn in Davos zu Überdecken, wurde erstmals 1968 aufgegriffen und anhand verschiedener Projekte zu realisieren versucht. Es blieb jedoch bei ersten Ansätzen (Fertigstellung von vier Betonfundamenten), da das geplante Bauvorhaben (Halle in Stahlkonstruktion) aus Kostengründen abgebrochen werden musste. Die in der Folge ausgearbeiteten Überdachungsvarianten in Holz erwiesen sich als wertvolle Diskussionsgrundlagen für die im Frühjahr 1979 aktuell wie dringlich gewordene Realisierung einer Eishalle.

Im Zusammenhang mit dem neulichen sportlichen Erfolg des HC Davos ist den Clubverantwortlichen seitens des Schweiz. Eishockey-Verbandes (SHEV) die Auflage gemacht worden, die Meisterschaftsspiele der Saison 1979/80 auf einer gedeckten Eisbahn auszutragen. Zur Diskussion standen die Überdachung der bestehenden «offenen» Eisbahn oder die Erstellung einer Eissportanlage mit neuem Standort. Nachdem der Kleine Landrat einstimmig den Grundsatzbeschluss gefasst hatte, die bestehende Anlage mit den vor 10 Jahren erstellten Betonpfeilern zu überdachen, bewilligte auch der Grosse Landrat das bauliche Vorhaben. Im Rahmen einer ausserordentlichen Generalversammlung sprach sich die Mehrheit der Mitglieder des Kurvereins, der die Bauherrschaft übernommen hatte, für das vom Kurvereinsvorstand bewilligte und von der vorbereitenden Baukommission empfohlene Projekt der Architekten Krähenbühl, Davos, aus.



## Vorzug für das Holzbauprojekt

Im Abstimmungsergebnis kam eine klare Befürwortung des von Ing. W. Bieler, Chur, konzipierten, reinen Holztragwerkes gegenüber der konkurrierenden Stahl/Holz-Variante zum Ausdruck, und zwar nicht zuletzt der günstigeren *Erstellungs- und Unterhaltskosten* wegen. Zudem lag seitens der Projektierenden wie der Ausführenden die Zusage einer termingerechten Fertig-

stellung vor. Eishallen sind grösstenteils funktionell bestimmt: sie müssen die konstruktiven, räumlichen und betriebstechnischen Voraussetzungen für den Leistungs- und Freizeitsport auf dem Eis bieten. Hinzu kommt eine optisch-ästhetische Komponente, die mit den funktionellen Kriterien eine Einheit bilden sollte. Diesem Anforderungskatalog wird das ingenieurmässige Bauen mit Holz in geradezu optimaler Weise gerecht. Die Vielzahl der statischen Systeme gestattet planerische