

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 94 (1976)
Heft: 25

Artikel: Holz im Aussenbau - Beanspruchungsverhältnisse, anwendungstechnische Konsequenzen
Autor: Sell, Jürgen
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-73117>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 21.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Kopf und ohne Gewinde, sind auch in der Schweiz Bauten mit Stabdübel-Anschlüssen (vgl. auch Bild 10, E) entstanden. In der heute noch gültigen Fassung der SIA-Holznormen sind Stabdübel nicht erwähnt, in der bald kommenden neuen Auflage werden sie berücksichtigt. Die Neufassung der *Normen SIA 163 und 164* wird derart viele Änderungen und Ergänzungen enthalten, dass in einem späteren Zeitpunkt ausführlich über deren Inhalt und Anwendung berichtet werden muss.

Zusammenfassend zeigt sich somit, dass sich der Ingenieurholzbau dauernd weiterentwickelt. Momentan liegen die Schwerpunkte beim Trägerbau bei den Fachwerken mit Nagelplatten und vor allem bei brettschichtverleimten Konstruktionen. Der Bau von Flächentragwerken bleibt meist auf relativ wenige Einzelausführungen beschränkt.

Literaturverzeichnis

- [1] G. Hempel: «Die Wirtschaftlichkeit freitragender Holzkonstruktionen» in Bauen mit Holz 7/1964.
- [2] S. Affentranger: «Holz als zeitgemässer Baustoff – neue Entwicklungen im Tragwerkbau», Sonderdruck der LIGNUM 1975.
- [3] «Greimbau» in Informationsdienst Holz, Bericht der Arbeitsgemeinschaft Holz, Düsseldorf.
- [4] «Gang-nail-System» in Informationsdienst Holz 1975.
- [5] W. Menig: «Überdachung der Kunsteisbahn Bülach» in Holzbau 1/1975.
- [6] «Eislaufstadion in Grefrath» in Bauen mit Holz 8/1971.
- [7] «Schalenförmiges Holzgitterdach» in Bauen mit Holz 6/1975.
- [8] G. Minke: «Holzflächentragwerke» in Informationsdienst Holz.
- [9] G. Scholz: «Hölzernes Hängedach der Bundesgartenschau in Dortmund», Sonderdruck der Arbeitsgemeinschaft Holz, Düsseldorf.
- [10] G. Hempel: «Hyperbolische Paraboloid-Schalendächer» in Bauen mit Holz 10/1967.
- [11] «Haus Mme A. V. in Hegenheim, Frankreich» in WERK April 1963.
- [12] H. H. Gasser: «Räumliche Holztragwerke: Faltwerke und Schalenkonstruktionen» in Schweizerische Holzzeitung HOLZ 47/1972.
- [13] J. Natterer: «Trägerroste und Stabtragwerke» in Informationsdienst Holz über die Fachtagung in Karlsruhe 12. 10. 1972.
- [14] E. Staudacher: «Träger aus Holz» in Holz in Technik und Wirtschaft, Bulletin 13 der LIGNUM, Zürich.
- [15] W. F. Ende: «Holzbauten an der EXPO 64» in Holz in Technik und Wirtschaft, Bulletin 37/38 der LIGNUM, Zürich.
- [16] Schweizerische Bauzeitung, 1963 Hefte 15, 47 und 1964 Hefte 18, 22, 36.
- [17] H. Kolb: «Versuche an geleimten Rahmenecken und Montagestössen» in Bauen mit Holz 6/1968, 10/1968, 3/1970 und 8/1970.
- [18] N. Wienecke: «Dreigelenkrahmen und Sparrendächer asymmetrisch» in Bauen mit Holz 2/1976.
- [19] «Das Keilzinken von grossen Binderteilen» in Holzbau 1/1976.
- [20] «Starrahmengebäude aus kanadischem Douglas fir Sperrholz» vom Council of Forest Industries of British Columbia, Karlsruhe.
- [21] «Das neue Hallenschwimmbad in Gstaad», Sonderdruck der LIGNUM 1973.
- [22] H. Blumer: «Spannungsberechnungen an Brettschichtträgern mit gekrümmter Längsachse und veränderlicher Trägerhöhe» in Holzbau 6/1975, 7/1975 und 8/1975.
- [23] H. Brüninghoff: «Kippaussteifung von Brettschichtträgern» in Informationsdienst Holz über die Fachtagung in Karlsruhe vom 12. 10. 1972.
- [24] H. Strässler: «Internationales Symposium über Verbindungen im Holzbau» in Hoch- und Tiefbau, Mai 1955.
- [25] DIN 68140, Juni 1960 «Holzverbindungen: Keilzinkenverbindungen als Längsverbindungen».
- [26] «Die Dachkonstruktion der Kunsteisbahn in Bern» in Holzbau, Sonderdruck 1970.
- [27] «Stahlarmierte Holzträger» in Hoch- und Tiefbau, Mai 1955.
- [28] «Die neue Klagenfurter Messehalle» in Holzbau 3/1976.
- [29] W. Gad: «Verstärkung von Holzbalken durch Polyesterabflattung mit Glasfaserbewehrung» in Kunststoffe im Bau 10/1975.
- [30] G. Steinger: «Die Alterungsbeständigkeit von Holzverleimungen» in Hoch- und Tiefbau 25/1967.

Adresse des Verfassers: H. Strässler, dipl. Ing. ETH, EMPA, 8600 Dübendorf

Holz im Aussenbau – Beanspruchungsverhältnisse, anwendungstechnische Konsequenzen

Von Jürgen Sell, EMPA, Dübendorf

DK 674.04

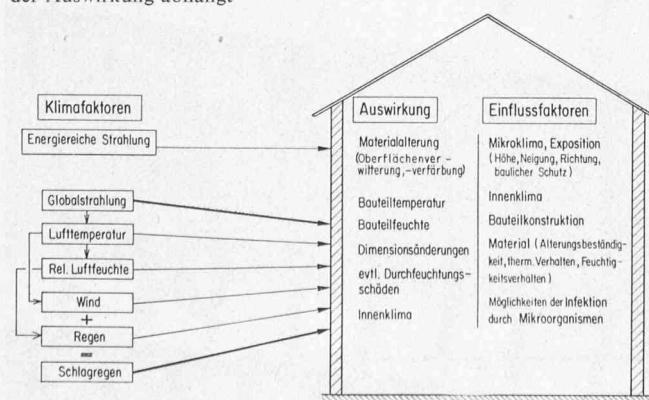
Die langfristige Funktionstüchtigkeit von Bauteilen setzt – allgemein und baustoffunabhängig – voraus, dass Konstruktion und Materialwahl den Beanspruchungsverhältnissen sowie der Bauteilfunktion angepasst werden. Dieser Grundsatz erscheint trivial, wird aber vor allem im Aussenbau häufig nicht beachtet, wie aus dem bedenklichen Umfang von Bauschäden geschlossen werden muss. So ergab eine Repräsentan-

tativumfrage unter rund 2000 Einfamilienhausbesitzern in einem Bundesland der BRD, dass fast 25% dieser Häuser nach relativ kurzer Nutzungsdauer beträchtliche Bauschäden aufwiesen [1]; bemerkenswerterweise war hierbei die Bauteilgruppe Aussenwand mit rund 45% (einschliesslich Fenstern und Türen 55%) der Schadensfälle weitaus am stärksten beteiligt. Dieser Befund, der auch durch Feststellungen der EMPA-Bauschadenabteilung bestätigt wird [2], weist auf die scharfe Wetterexposition der Aussenwand hin.

Gerade in diesem Anwendungsbereich wird Holz seit alters her in grossem Umfang verwendet; historische Bauten bezeugen seine Witterungsfestigkeit eindrücklich. Nun haben sich aber die Beanspruchungsbedingungen mit dem Wandel der architektonischen Gestaltung, der Bauweise und des Bauablaufs in den letzten Jahrzehnten erheblich geändert. Diesem Umstand mussten die anwendungstechnischen Grundregeln angepasst werden, was aber naturgemäß Zeit brauchte. Im *Nachhinken der konstruktiven und materialtechnischen Erfahrungen hinter den veränderten Beanspruchungsbedingungen* ist wohl die eigentliche Ursache der Häufung von Bauschäden zu sehen, von denen das Holz keineswegs stärker als andere Baustoffe betroffen wurde.

Ein grosser Teil des Lernprozesses, den die Veränderungen des Bauens erforderlich machten, ist abgeschlossen. Jedoch bleibt noch viel zu tun; insbesondere muss in der Praxis mehr über Art und Intensität der Wetterbeanspruchung bekannt

Bild 1. Schematische Darstellung der Klimagrössen und ihrer Abhängigkeiten, der Auswirkung der Wetterbeanspruchung auf eine Aussenwand und der massgebenden Einflussfaktoren, von denen die Intensität der Auswirkung abhängt



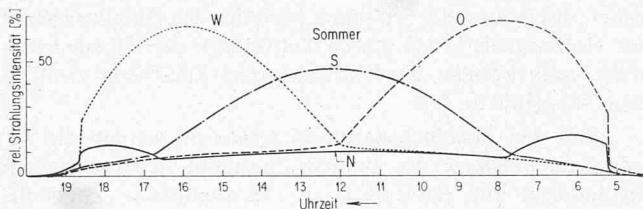


Bild 2. Täglicher Zeitverlauf der relativen Globalstrahlungsenergie auf Vertikalfächen mit Orientierung gegen die Haupthimmelsrichtungen im Sommer; Messung der Meteorolog. Zentralanstalt/Zürich an wolkenlosen Tagen in Lugano

werden, ferner über die Einflussfaktoren, durch deren Veränderung die Beanspruchung vermindert werden kann und über die verfügbaren chemischen Schutzmassnahmen. Einige wesentliche Gesichtspunkte werden im folgenden dargelegt.

Kennzeichen und Auswirkung der Wetterbeanspruchung

Die Wetterbeanspruchung ist ein vielgestaltiger und sehr komplexer Vorgang, der das Verhalten wetterexponierter Bauteile in Abhängigkeit von zahlreichen, überlagerten Einflussfaktoren massgebend mitbestimmt. Die grundsätzlichen Zusammenhänge lassen sich anhand einer grafischen Darstellung veranschaulichen (Bild 1).

Die auf die Erdoberfläche auftreffende Strahlung kann

nach ihrer photochemischen und ihrer thermischen Wirkung unterteilt werden. *Photochemische Reaktionen*, d.h. Veränderungen der chemischen Struktur von Stoffen, vermag die energiereiche kurzwellige Strahlung (besonders aus dem UV-Bereich) auszulösen.

Die in Wärmeenergie umgesetzte Strahlung, die sogenannte *Globalstrahlung* (Summe der direkten Sonnenstrahlung und der diffusen Himmelsstrahlung), stellt den dominanten Faktor der Bauteilbeanspruchung dar [3]. Von der Globalstrahlung hängen die übrigen Klimagrößen sowie die Vorgänge im Außenbauteil ab. Von besonderer Bedeutung für die Beanspruchungsintensität ist hierbei das Ausmass der *Schwankungen* dieser Klimafaktoren bzw. ihr zeitlicher Verlauf, weniger ihre Grösse an sich.

Der Zeitverlauf der Globalstrahlung wird hauptsächlich von folgenden, sich überlagernden Vorgängen bestimmt:

- kurzfristige zufällige Schwankungen infolge Änderung der Himmelstrübung (Wolkenbildung),
- kurzfristig periodische (wellenartige) Schwankungen im Tag-Nachtrhythmus (Bild 2),
- mittelfristige zufällige Schwankungen infolge Änderung der Wetterlage (Bild 3),
- langfristige periodische Schwankungen infolge jahreszeitlicher Änderung des Sonneneinfallswinkels und der täglichen Strahlungsdauer (Bild 3)
- langfristige zufällige Schwankungen infolge Änderung der klimatischen Bedingungen (Bild 3).

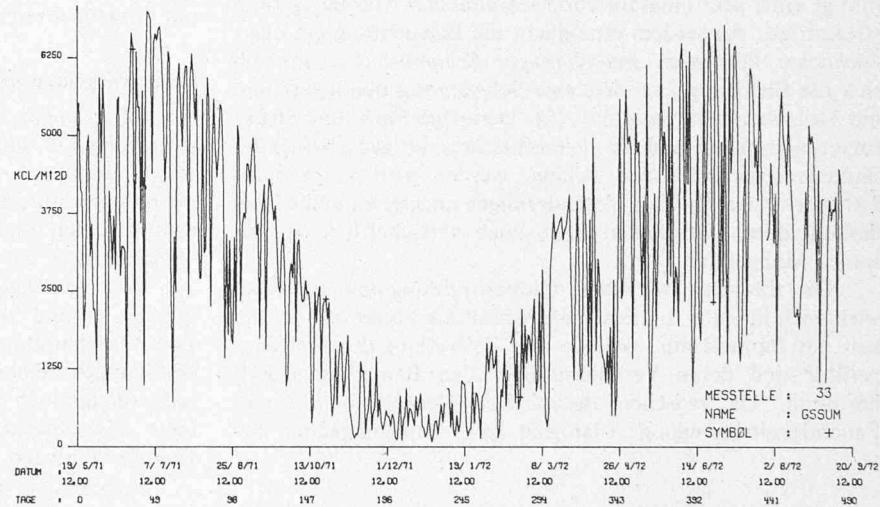


Bild 3. Globalstrahlung Horizontalfläche. Langfristiger Zeitverlauf der täglichen Globalstrahlungsenergie (in kcal/m^2 Tag); Messung der Flugwetterzentrale Zürich-Kloten in den Jahren 1971/72. Die ausgeprägte, jahreszeitliche Energieänderung wird überlagert von sehr intensiven kurz- bis mittelfristigen Schwankungen; aus [3]

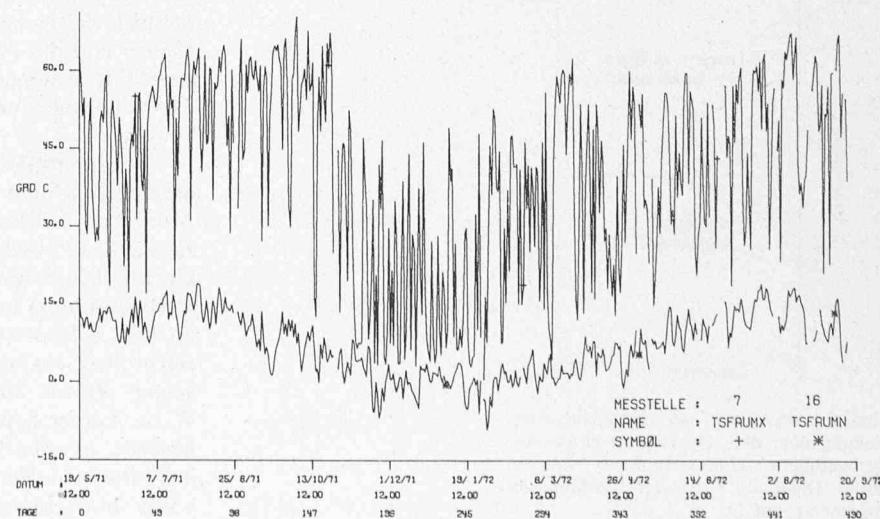


Bild 4. Holztemperatur schwarzes Fenster aussen. Langfristiger Zeitverlauf der täglichen Temperaturmaxima und -minima der Rahmenoberfläche eines schwarz gestrichenen, südwestexponierten Fensterrahmens. Gleicher Versuchszeitraum (1971/72) wie auf Bild 3; aus [3]

In ähnlicher Weise wie die Globalstrahlung verläuft die Temperatur der Außenluft, da diese in erster Linie von der strahlungswärmeten Erdoberfläche her konvektiv erwärmt wird sowie die Temperatur bestrahlter Körper (Bild 4). Schliesslich zeigt auch die relative Außenluftfeuchte derartige kurz- bis langfristige Schwankungen, weil der maximal mögliche Dampfgehalt (Sättigungsgehalt) der Luft stark temperaturabhängig ist und sich folglich die relative Luftfeuchte (Verhältnis des bestehenden Dampfgehaltes zum Sättigungsgehalt) bei Temperaturschwankungen ebenfalls ändert.

Für viele Werkstoffe, so gerade auch für Holz, stellt die Feuchtigkeitseinwirkung eine erhebliche Beanspruchung dar, weshalb dem Klimafaktor Niederschlag bezüglich der Langzeit-Funktionstüchtigkeit von Bauteilen eine grosse Bedeutung zuzumessen ist. Dies gilt in erster Linie für Regenwasser, das unter Windeinwirkung mehr oder minder schräg gegen den Bauteil befördert wird, d.h. für *Schlagregen*. Bereits Wind von geringer Geschwindigkeit vermag Regentropfen vom senkrechten Fall abzulenken und in Bauteilfugen oder Risse von hundertstel Millimeter Weite hineinzudrücken [4].

Die möglichen Folgen der Wetterbeanspruchung für Außenbauteile wurden schematisch bereits in Bild 1 dargestellt; hierzu sind noch einige Erläuterungen anzufügen:

Gegenüber dem *photochemischen Angriff* durch energiereiche Strahlung ist Holz verhältnismässig widerstandsfähig. So werden bestimmte Holzbestandteile nur im oberflächennahen Bereich abgebaut; hierdurch kommt es zu einer allmählichen Holzbräunung. Falls das Holz auch regenexponiert ist, werden die braunen Abbauprodukte allerdings ausgelaugt. Dies bewirkt einen Bleichungseffekt; ferner wird die Oberfläche infolge einer sehr langsam voranschreitenden Abtragung rau strukturiert. Ausserdem ermöglicht die Befeuchtung ein *oberflächliches Wachstum dunkelfarbiger Schimmelpilze*, weshalb sich die Bleichung fast stets eine Schwärzung überlagert und die Holzoberfläche vergraut [5]. Derartige Farb- und Strukturveränderungen sind für die mechanischen Eigenschaften der Bauteile praktisch ohne Belang, werden aber zumeist als ästhetisch unerwünschte Veränderungen angesehen und stellen deshalb unter Umständen einen auch wirtschaftlich bedeutsamen Mangel dar.

Die thermisch wirksame Globalstrahlung demgegenüber wirkt sich in erster Linie auf die technische Funktionstüchtigkeit des Bauteils aus, weil sie den Zeitverlauf der Holztemperatur und deren Verteilung über den Bauteilquerschnitt bestimmt. Da zwischen thermischen Vorgängen und der Feuchtigkeitsbewegung Analogien bzw. Abhängigkeiten be-

stehen, beeinflusst die Strahlung auch den Feuchtigkeitsgehalt der Holzbauteile sowie dessen Zeitverlauf. Die Holzfeuchteänderungen können demzufolge bereits kurzfristig ziemlich gross sein (Bild 5), [3].

Von den Feuchteänderungen wiederum werden die *Dimensionsänderungen* des Bauteils bestimmt, die zu inneren Spannungen und schliesslich zu Deformationen, Fugenöffnungen und Rissbildungen führen können. Solche Bauteilöffnungen stellen Eingangspforten für tropfbares Wasser, vor allem für Schlagregenwasser dar, das kapillar über Hirnholzflächen tief einzudringen vermag. Da die Austrocknung sodann meist wesentlich langsamer verläuft, das Material also während langer Zeit feucht bleibt, ist bei biologisch wenig widerstandsfähigen Hölzern die Gefahr einer Infektion durch holzzerstörende Pilze bzw. von Vermorschungsschäden gegeben. Solche Schäden sind in den letzten zehn Jahren häufig an stark wetterexponierten Fenstern, Fensterläden, Balkonbrüstungen u.a. aufgetreten [6, 7].

Auch wenn es – normalerweise – nicht zu Fäulnis kommt, können die temperatur- und feuchtigkeitsbedingten Dimensions- und Formänderungen die Bauteilfunktionstüchtigkeit beeinträchtigen; bei Fenstern z.B. kann die Schall-, Luft- und Regendichtigkeit vermindert werden. Vorsicht ist diesbezüglich bei manchen Holzwerkstoffplatten geboten, die infolge besonderer herstellbedingter Gefügemerkmale teilweise ziemlich feuchteempfindlich sind. Beispielsweise quellen Holzspanplatten, auch wenn sie «wetterfest» (z.B. mit Phenolharz) verleimt sind, bei Feuchtigkeitsaufnahme in der Dicke stark an, wodurch sich Kantenschäden, Oberflächenverletzungen u.a. ergeben. Span- und Faserplatten sind daher für Einsatzgebiete mit direkter Wetterbeanspruchung in der Regel nicht geeignet.

Schutzvorkehren und chemische Massnahmen

In welchem Ausmass sich die komplexe Wetterbeanspruchung auf die Funktionstüchtigkeit von Bauteilen auswirkt, hängt stark von einigen Einflussfaktoren ab (vgl. Bild 1), die teilweise miteinander verknüpft sind. Durch ihre Veränderung lässt sich folglich die Intensität der Wetterbeanspruchung vermindern [3, 8].

Von vorrangiger Bedeutung ist, wie stark Strahlungsimmision und der Niederschlags- bzw. Schlagregenanfall sind. Dies hängt im wesentlichen von der Expositionsrichtung des Bauteils, seiner Neigung, der Höhe über dem Boden und selbstverständlich von der geografischen Lage ab. Durch *bauliche Massnahmen* kann die Beanspruchung innerhalb bestimmter Grenzen beschränkt werden.

Ferner wird die Bauteilbeanspruchung durch die *Detailkonstruktion* beeinflusst. So lassen sich durch geeignete Massnahmen Strahlungs- und Niederschlagsanfall vermindern. Als Beispiele seien das Kleindimensionieren der Rahmenaußenflächen und das Abdecken konstruktiver Fugen bei Fenstern angeführt. Hauptzweck solcher Massnahmen muss es sein, dass Eindringen und Stagnieren von flüssigem Wasser zu verhindern.

Die Intensität der zeitlichen Holzfeuchteänderungen sowie der Schwind- und Quellbewegungen hängt weiterhin von der *Holzart* ab. Hölzer mit grossem Schwind- und Quellmaß und zugleich mit rascher Anpassung des Feuchtegehaltes an die klimatischen Bedingungen des Umgebungsklimas (wie z.B. Rotbuchenholz) sind deshalb für den Einsatz in Bauteilen mit grosser Anforderung an die Dimensionsstabilität wenig geeignet; die einheimische Fichte als wichtigstes Bauholz dagegen genügt diesen Anforderungen in durchaus befriedigender Weise. Ferner bestimmt die biologische Resistenz der Hölzer darüber, ob eine längere Holzdurchfeuchtung auch zu Pilzinfektion und Vermorschung führt. So sind unsere Nadelhölzer biologisch nicht widerstandsfähig. In dieser Hinsicht

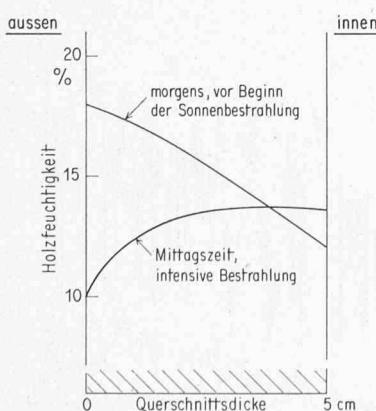


Bild 5. Änderung der Holzfeuchteverteilung über dem Querschnitt eines Außenwandteiles (Fensterrahmen) während eines Tages als Folge der Strahlungswärme; aus [3]

ist jedoch auch die kapillare Wasseraufnahmefähigkeit von Bedeutung, die eine derartige Holzdurchfeuchtung erst ermöglicht. Die geringe Permeabilität der Fichte ist daher bezüglich der Schadensanfälligkeit von Vorteil, im Hinblick auf die Imprägnierbarkeit allerdings ungünstig.

Wesentlich ist es ferner, auch bei dem für die Außenverwendung vorgesehenen Holz darauf zu achten, dass die *Verarbeitungsholzfeuchte* den späteren Bedingungen angepasst wird, so dass nach Einbau keine zu grossen Holzfeuchte- bzw. Dimensionsänderungen eintreten. Dies ist besonders bei dimensionsstabilen Bauteilen (Fenstern, Türen) wichtig. Für die Fensterherstellung vorgesehenes Holz soll künstlich auf Holzfeuchten unter 13%, am besten auf 11 bis 12% herabgetrocknet sein (und in der Werkstatt fertig gestrichen werden um Wiederbefeuertungen im Bau zu vermeiden).

Neben diesen baulichen, konstruktiven und material-technischen Vorkehrungen zur Sicherung der Funktionstüchtigkeit von Holzbauteilen kommt der *Oberflächenbehandlung* eine erhebliche Bedeutung zu:

Wasserdampf- und Wasserdichtigkeit sowie die Farbe der Oberflächenbehandlung sind mitbestimmend für das Ausmass der Feuchtigkeits- und Dimensionsänderungen des Holzbau-teils und folglich für dessen Funktionstüchtigkeit (Bilder 6 und 7), [9].

Grundsätzlich gilt, dass die Feuchtigkeitschutzwirkung der Oberflächenbehandlung um so grösser sein muss, je grösser die Anforderungen an die Dimensionsstabilität des Bauteils und auch an die Haltbarkeit der Oberflächenbehandlung selbst sind. Beispielsweise sollte Fensterholz eher dicht, keinesfalls jedoch «offenporig» gestrichen werden. Der Farbton der Oberflächenbehandlung beeinflusst die kurz- bis langfristigen Dimensionsänderungen des Holzes bemerkenswerterweise eher wenig, wirkt sich dagegen stark auf das Holzfeuchteniveau aus (vgl. Bild 6). Auch Bauteile mit grosser Anforderung an die Bemessungsstabilität könnten folglich demzufolge dunkelfarbig gestrichen werden, sofern die Verarbeitungsholzfeuchte genügend niedrig lag (etwa bei 10%).

Die Notwendigkeit *chemischer Holzschutzmassnahmen* für feuchtigkeitsexponierte Holzteile ist unumstritten. Abgesehen vom im Außenbau weniger relevanten vorbeugenden Insektenschutz, kommt ihnen im Hochbau die Aufgabe einer flankierenden Massnahme zu, die bei Bauteilen mit starker Wetterexposition vermehrt berücksichtigt werden sollte [10]. Bereits durch eine nur oberflächlich wirksame Imprägnierung lässt sich nämlich eine Verminderung der Infektionsgefahr erzielen. In angelsächsischen Ländern haben sich ferner Holzschutzmittel bewährt, die neben einem fungiziden auch einen

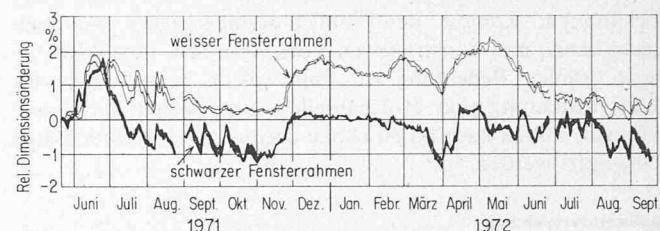


Bild 6. Langfristiger Zeitverlauf der täglichen rel. Breitenänderungen eines Fichtenholz-Fensterrahmens (bezogen auf Ausgangsdimension bei 12% Holzfeuchte). Die Kurvenzüge werden durch die täglichen Maxima und Minima gebildet. Gleches Fenster und gleicher Zeitraum wie auf Bild 4; aus [3].

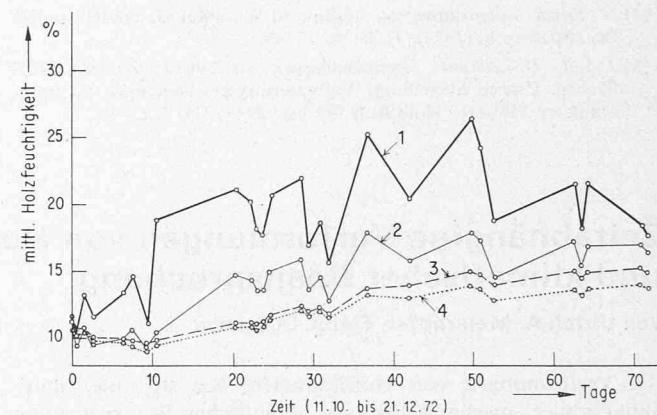


Bild 7. Zeitlicher Verlauf der Holzfeuchte von Täferbrettern auf einer Südwestfassade in Abhängigkeit von der Feuchtigkeitsschutzwirkung der Oberflächenbehandlung. Angaben für Fichtenholz: 1 unbehandelt, 2 mit rel. durchlässigem Imprägnieranstrich, 3 mit rel. undurchlässigem Imprägnieranstrich, 4 mit Kunstharzfarbanstrich

wasserabstossenden Wirkstoff enthalten. Die Eignung solcher Produkte für die Anwendung unter hiesigen Verhältnissen wird derzeit geprüft [11].

Zusammenfassung

In Bild 8 sind die möglichen Auswirkungen der Wetterbeanspruchung von Holzbauteilen – in ihrer ursächlichen Abfolge – und die verfügbaren Schutzmassnahmen schematisch zusammengefasst. Da es grundsätzlich sinnvoll ist, die Ursachen von Schäden und nicht nur ihre Auswirkungen zu

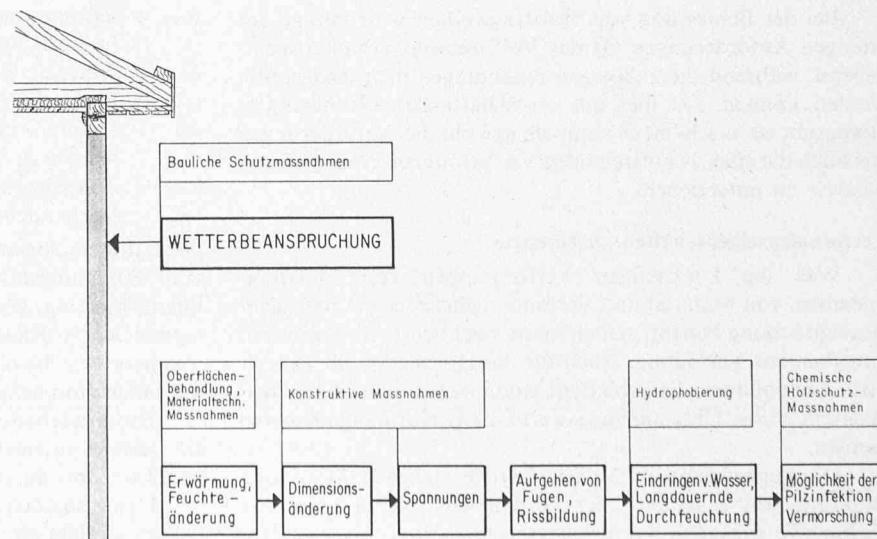


Bild 8. Schematische Darstellung der kausalen Abfolge von Auswirkungen der Wetterbeanspruchung am Beispiel einer Außenwand aus hygroskopischen Baustoffen wie Holz. Die verfügbaren Schutzmassnahmen zur Vermeidung von Schäden werden an unterschiedlichen Stellen dieser Kausalkette wirksam

bekämpfen, kommt den baulich-gestalterischen, material-technischen und konstruktiven Vorkehren bzw. dem Pilzbefall eine primäre Bedeutung zu. Falls solche Massnahmen die Durchfeuchtung von Holzbauteilen nicht sicher verhindern können, sollten auch im Hochbau chemische Holzschutzmittel eingesetzt werden.

Literaturverzeichnis

- [1] E. Schild, R. Oswald, D. Rogier: Untersuchungen über das Ausmass und die Schwerpunkte der Bauschäden im Wohnungsbau. Rhein.-Westf. Tech. Hochschule Aachen, Ber. PM-47, (1973), Seite 1 bis 11.
- [2] V. Würgler: Die Bauschaden-Dokumentation der EMPA. Material & Technik 4 (1976), S. 23-27.
- [3] J. Sell: Physikalische Vorgänge in wetterbeanspruchten Holzbauteilen. Veröffentlichung in Vorbereitung.
- [4] W. Frank: Einwirkung von Regen und Wind auf Gebäudefassaden. Ber. Bauforsch. (1973), H. 86, S. 17-40.
- [5] J. Sell, U. Leukens: Untersuchungen an bewitterten Holzoberflächen. Zweite Mitteilung: Verwitterungerscheinungen an ungeschützten Hölzern. Holz Roh-Werkst. 29 (1971), S. 23-31.
- [6] H. Kühne, J. Sell: Über Schäden an neuzeitlichen Holz-Aussenfenstern. Holz-Zbl. 94 (1968), S. 1857-1860.
- [7] E. Seifert, H. Froelich, J. Schmid, K. Laun: Untersuchung über die Ursachen von Schäden an Holzfenstern durch holzzerstörende Pilze - Abschlussbericht 1970. Inst. f. Fenstertechnik e.V./Rosenheim (1971), S. 1-34.
- [8] H. Kühne: Holzschutz als Aufgabe des projektierenden Baufachmannes. Schweiz. Bauztg. 84 (1966), S. 99-106.
- [9] J. Sell: Grundsätzliche Anforderungen an Oberflächenbehandlungen für Holz im Aussenbau (Literaturübersicht). Holz Roh-Werkst. 33 (1975), S. 336-340.
- [10] O. Wälchli: Erfahrungen und Entwicklungen im Bauholzschutz. Schweiz. Zeitschr. Forstwesen 119 (1968), S. 446-464.
- [11] J. Sell: Wirkungsweise und Einsatzmöglichkeiten hydrophobierender Holzschutzmittel und Oberflächenbehandlungen für Aussenbauteile. Holz-Zbl. 101 (1975), S. 1474-1475.

Adresse des Verfassers: J. Sell, a.i. Leiter der Abt. Holz der EMPA, 8600 Dübendorf.

Zeitabhängige Verformungen von Holzbauteilen unter mechanischer und klimatischer Beanspruchung

Von Ulrich A. Meierhofer, EMPA, Dübendorf

DK 674.04

Verformungen von Holzbauteilen, wie sie unter langandauernder, mechanischer und klimatischer Beanspruchung auftreten können, gehören zu den alltäglichen Erscheinungen und sind vor allem bei alten Bauten zu beobachten. Es sei hier nur auf die «durchhängenden» Dachfirste hingewiesen, die zur pittoresken Erscheinung von Altstadt-Häuserzeilen beitragen (Bild 1). In den meisten Fällen haben diese, im Laufe der Jahrzehnte, manchmal auch Jahrhunderte entstandenen Durchbiegungen zu keinen Schäden oder Beeinträchtigungen der Nutzung geführt. Die Konstruktionsweise, zimmermannsmässiges Tragwerk und Ziegeldach erwies sich als verformungsunempfindlich.

Bei den heutigen Bauten sind im allgemeinen viel strengere Anforderungen bezüglich der maximalen Deformationen von Bauteilen zu erfüllen. Dies kann durch verschiedene Ursachen bedingt sein, so etwa durch die Kombination von Holz mit wesentlich steiferen Materialien, durch die Nutzung einer Baute mit mechanisierten Geräten, die eine Unterlage mit wenig Verformung voraussetzen oder zur Verhütung ungünstiger Auswirkungen wie die Wassersackbildung bei Flachdächern.

Bei der Bemessung von Holztragwerken wird infolge der strengen Anforderungen oft das Verformungsverhalten massgebend, während die zulässigen Spannungen nicht ausgenutzt werden können. Da dies aus wirtschaftlichen Gründen unerwünscht ist, erscheint es sinnvoll, sowohl die Anforderungen wie auch die effektiv auftretenden Verformungen einer genauen Analyse zu unterziehen.

Verformungseigenschaften, Normwerte

Was die kurzzeitigen Verformungen von Holztrag-systemen, von Material und Verbindungen unter mechanischer Beanspruchung betrifft, stehen heute reichlich Unterlagen und Angaben zur Verfügung. Auch für die Holzwerkstoffe (Sperrholz, Spanplatten, Faserplatten) sind, wenn auch in bescheidenem Mass, Untersuchungswerte, bzw. Normangaben vorhanden.

Die gegenwärtig in *Neubearbeitung* stehende SIA-Holzbaunorm soll gegenüber der bestehenden Norm *vermehrte Richtwerke bezüglich Verformungseigenschaften*, insbesondere

für Holzwerkstoffe und Verschiebungsmoduln für Verbindungsmitte enthalten.

In den gängigen Normen werden bisher die zeitabhängigen Verformungen im allgemeinen nur durch geringfügig verminderte Kurzzeit-Verformungsmoduln berücksichtigt, dies, obwohl die zeitabhängigen Verformungen unter ungünstigen Bedingungen ein Mehrfaches der ursprünglichen (elastischen) Verformungen betragen können.

Die detailliertesten Angaben über Langzeitverformungen innerhalb eines Normenwerks finden sich – soweit bekannt – in den französischen Règles C.B.71 [1]. Die zeitabhängige Verformung wird hier durch eine Modifikation des Kurzzeit-E-Moduls mit einem Faktor Θ berücksichtigt.

$$E_{\infty} = \frac{E_i}{\Theta}$$

$$\Theta = 1 + \left(\frac{u + \Delta u}{12} \right) \left(\frac{\Delta u + 15}{20} \right) \left(\frac{\sigma_d}{\sigma_{zul}} - 0,2 \right)$$

wobei

E_{∞} = Rechnerischer E-Modul zur Ermittlung der langfristigen Verformungen

E_i = Kurzzeit-E-Modul

u = Einbauholzfeuchte in %

Δu = Differenz zwischen maximaler und minimaler Betriebsfeuchte in %

σ_{zul} = Zulässige Spannung des Bauteils

σ_d = Vorhandene Dauerspannung

Nach diesem Ansatz sind die Langzeitverformungen abhängig vom Spannungsniveau, d. h. vom Mass der mechanischen Beanspruchung, von der ursprünglichen Holzfeuchte und der maximalen Holzfeuchteänderung. Nicht berücksichtigt ist die Temperatur, obwohl deren Einfluss auf das Kriechverhalten seit längerem nachgewiesen ist [2, 3, 4].

Um die Grösse von Θ aufzuzeigen, soll nachfolgend kurz ein Beispiel an einem Biegeträger aus einer Dachkonstruktion im Mittelland durchgerechnet werden:

Die Schneelast ist hier relativ klein und auch von mässiger Dauer, so dass ein Wert von 0,7 für σ_d/σ_{zul} gerechtfertigt er-