

Holz - Baustoff des 21. Jahrhunderts

Thorsten Helbig

Holz – Baustoff der Vergangenheit

Über Jahrhunderte war Holz neben Lehm und Stein der am häufigsten verwendete Baustoff für Behausungen und Infrastrukturbauten wie Brücken, Tunnel, Türme und weitspannende Dächer. Holz ist als nachwachsende Ressource lokal verfügbar, vergleichsweise leicht zu verarbeiten und bei gutem Schutz vor stauender Nässe lange haltbar. Basierend auf den Erfahrungen der vorangegangenen Generationen wurden die Holzarten entsprechend ihrer Eigenschaften eingesetzt. In Mitteleuropa verwendete man die weichen, leicht zu bearbeitenden Nadelhölzer als allgemeines Konstruktionsholz, Laubhölzer mit hoher Festigkeit und Dauerhaftigkeit wie Eiche für hochbelastete und der Witterung ausgesetzte Tragstrukturen wie z. B. dem Gefache des Fachwerkhäuses.

Mit der rasanten Entwicklung der Stahlindustrie, dem Treiber der zweiten industriellen Revolution in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, löste der neue Baustoff Stahl den traditionellen Werkstoff Holz vor allem bei weitspannenden Tragwerken wie Brücken und Dächern ab; insbesondere bei den Infrastrukturbauten des aufkommenden Eisenbahnverkehrs kam Stahl zum Einsatz. Die großen Bahnhofshallen in Frankfurt (1888), Köln (1898) und Dresden (1898) wurden scheinbar mühelos und mit vergleichsweise geringen Bauteildimensionen überspannt, ebenso wie die für die Bahnstrecken zu querenden Täler, Flüsse und Straßen (z. B. Müngstener Brücke, 1897). Die industrielle Herstellung ermöglichte eine gute Verfügbarkeit standardisierter Bauteile; die Fügeverfahren erlaubten einen hohen Grad an Vorfertigung und damit eine zügige Montage.

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts trat Beton seinen Siegeszug im Bauwesen an.

Mit der Jahrhunderthalle Breslau (1913) zeigte der neue Verbundbaustoff die neuen Möglichkeiten des Bauens auf. Mit den Zeiss-Planetarien und der Dywidag-Versuchsschale in Wiesbaden-Biebrich (1931), die bei einer Spannweite von 7 Metern nur 1,5 cm dick ist, wurde der neuartige Baustoff auch für form- und flächenaktive Strukturen erschlossen.

Der Baustoff Holz wurde immer weiter zurückgedrängt. Zwar war geleimtes Brettschichtholz seit Otto Hetzers Patent 1906 im Bauwesen eingeführt und somit ein dimensionsstabiles und hinsichtlich Festigkeitsparametern eindeutig bestimmtes Holzbauprodukt verfügbar. Der vorwiegend handwerklich geprägte, von kleinen bis mittleren Unternehmen betriebene Holzbau konnte sich jedoch gegen die moderne Bauindustrie, die mit ihren industriell herstellbaren und ständig verbesserten Werkstoffen Stahl und Beton den gesamten Bausektor dominierte, nicht mehr mithalten. Der traditionelle Werkstoff Holz galt als technologisch rückständig und den Hochleistungswerkstoffen Stahl und Beton im Wettbewerb um Spannweiten- und Höhenrekorde weit unterlegen. So wie in der Praxis fokussierte sich auch Forschung und Lehre an den Hochschulen zunehmend auf die technischen Werkstoffe.

Schalen aus Stahl und Beton

Form- und flächenaktive Strukturen werden schon lange als materialeffiziente Dachtragwerke eingesetzt, vorwiegend als gleichsinnig (synklastisch) gekrümmte Formen wie Kuppeln und anderen Gewölbeformen. Erst gegen Mitte des 20. Jahrhunderts wurden vermehrt auch gegensinnig (antiklastisch) gekrümmte Sattelflächen eingesetzt.

Mit dem technologisch weiter entwickeltem Stahlbeton gelangen Candela, Isler, Müther u. a. weit spannende Überdachungen mit sehr geringer Schalendicke. Stahl diente dabei als (in manchen Fällen formgebende) Bewehrung; aus Stahllisten gesponnene Seile bildeten zwischen gekrümmten Rändern spannende Seilnetzflächen aus oder dienten als Randseile für Membranflächentragwerke.

So entstanden seit den 1930er bis in die 1960er Jahren in Nord- und Südamerika und Europa zahlreiche form- oder flächenaktive materialeffiziente Dachtragwerke mit großen Spannweiten., Dem Holzbau kam dabei nurmehr die Funktion einer Hilfskonstruktion als Schalung oder temporäres Gerüst bei der Errichtung zu. Moderne Holzflächentragwerke wurden höchstens als Demonstrations- und Forschungsprojekte weiter entwickelt und kamen nur vereinzelt für dauerhafte Anwendungen zum Einsatz.

Holz für Olympia

Der Entwurf, mit dem Behnisch und Partner den Generalwettbewerb (1967) für die Bauten der Olympiade 1972 in München gewonnen hatte, galt im Preisgericht zunächst als „unbaubar“: Ein weiträumig modelliertes Gelände sollte mit einer scheinbar schwebenden Zeltlandschaft überdacht werden. [1] Es entbrannte eine teils hitzige Diskussion über mögliche Konstruktionen und dafür verwendbare Materialien. [2]

Vor diesem Hintergrund wurde das Büro von Behnisch und Partner von der Arbeitsgemeinschaft Holzbau e.V. für die Planung des Sonnensegels beauftragt. Der Pavillon für die Bundesgartenschau „Euroflor“ in Dortmund sollte als „Demonstrationsobjekt für fortschrittliche Holzbauweise“ belegen, dass „[n]eben Stahl und Beton [...] nun das Holz als dritter gleichberechtigter Partner die architektonische und konstruktive Linie unserer Zeit mitbestimmen werde“ [3]. Im Ringen um das „richtige“ Baumaterial für die weitspannenden, frei geformten Überdachungen für die Olympiade in München sollte somit die Eignung von Holzflächentragwerken unter Beweis gestellt werden. Bekanntlich hatte dieses Ansinnen keinen Erfolg.

Holz als Baustoff verlor danach weiter an Bedeutung. Zwar entstanden auch später noch vereinzelt Flächentragwerke aus Holz; im Hoch- und Infrastrukturbau erlebte der Holzbau aber in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts einen stetigen Rückgang.

Die Wiederentdeckung des Holzbaus

Erst in den frühen 2000er Jahren führten zwei wesentliche Entwicklungen zu einer Renaissance des Holzbaus: zum einen die Erkenntnis, dass die Klimaziele nur mit einer Dekarbonisierung des Bauens, also zum Beispiel dem Werkstoff Holz gelingen kann; zum anderen die zunehmende Industrialisierung des Holzbaus, die neue Produkte entwickelt wie zum Beispiel das Brettsperrholz.

Die Stahlherstellung trägt in Deutschland mit 6% zu den Treibhausgasemissionen bei. Die prozess- und energiebedingten Treibhausgasemissionen von einer Tonne Baustahl („Cradle-to-Gate“) liegen bei circa 1.100 kg CO₂-equ. Zwar ist Stahl rezyklierbar, denn das Bauteil kann direkt

wiederverwendet oder eingeschmolzen und als Sekundärrohstoff wieder verwendet werden. Aktuell lassen sich so jedoch nur circa 40% des Stahlbedarfs decken, auch weil nicht ausreichend Schrott zur Verfügung steht. Auf absehbare Zeit wird deshalb weiterhin überwiegend Eisenerz im Hochofen zu Roheisen eingeschmolzen werden. Erst mit einer noch in den Anfängen stehenden Technologieumstellung auf eine ‚Direktreduktion mit grünem Wasserstoff‘ wird man tatsächlich klimaneutralen Stahl herstellen können.

Ähnlich verhält es sich mit dem Baustoff Zement, dem notwendigen Bindemittel des Betons, der weltweit circa 6-8% der Treibhausgasemissionen verursacht. Zwei Drittel der Emissionen sind prozessbedingt und entstehen auch bei vollständiger Umstellung auf erneuerbare Energiequellen. Die Entwicklung alternativer, vollständig klimaneutraler Prozesstechnologien ist derzeit nicht absehbar. In Deutschland sind die prozess- und energiebedingten Treibhausgasemissionen zu circa 220 kg CO₂-equ. je Kubikmeter hergestelltem Beton – ohne Bewehrungsstahl – (‚Cradle-to-Gate‘) anzusetzen.

Holz ist ein nachwachsender Rohstoff und steht somit unendlich zur Verfügung. Beim Wachstumsprozess wird durch oxygene Photosynthese das atmosphärische Kohlendioxid gebunden und als Kohlenstoff eingelagert. In einem Festmeter Holz werden zwischen circa 700 kg (Fichte) und 1.000 kg (Buche) atmosphärisches Kohlendioxid sequestriert. Die prozess- und energiebedingte Treibhausgasemission bzw. -absorption liegt bei einer Produktion in Deutschland bei circa minus 220 kg CO₂-equ. je Kubikmeter Brettschichtholz.

„Die Rückkehr zum Holzbau ist der wichtigste Beitrag gegen die Erderwärmung“, so zeichnet Hans-Joachim Schellnhuber, Gründungsdirektor des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung den weiteren Weg hin zum klimaneutralen Bauen. [4] Holzbau wird für viele Bauaufgaben wiederentdeckt, von Bauten für das Wohnen und Arbeiten, Kultur und Bildung bis hin zu Industrie und Handel. In vielen Bundesländern wird der Holzbau gefördert und als erste Wahl für öffentliche Bauten gefordert (z. B. Holzbauoffensiven in Baden-Württemberg und Bayern).

Das Mitte der 1990er Jahre entwickelte Brettsperrholz hat den Holzbau verändert, weil es dessen Möglichkeiten radikal erweitert. Die kreuzweise aufeinander verklebten Brettlagen erzeugen ein dimensionsstabiles, flächiges Holzbauelement, das wesentliche Nachteile des anisotropen Naturfaserwerkstoffs (stark unterschiedliche physikalische Eigenschaften quer und längs zur Faser) quasi neutralisiert. Die großformatigen Elemente sind einfach und präzise mit CNC-Technologie bearbeitbar und ermöglichen einen sehr hohen Vorfertigungsgrad. Die mit kreuzweise angeordneten Holzlagen gebildeten Platten können als schubsteife Wandscheiben und Wandträger oder ein- und zweiachsig spannende Decken eingesetzt werden, was bis dahin dem Stahlbeton vorbehalten war.

Brettsperrholz ist der Katalysator des modernen mehrgeschossigen Holzbaus. Die bei vergleichsweise geringem Personalaufwand sehr hohen Montagegeschwindigkeiten bei geringen Prozessrisiken bieten Vorteile gegenüber dem konventionellen Stahlbeton-Geschossbau. Die Produktionskapazitäten in Europa werden aktuell intensiv ausgebaut. Auch in Nordamerika entstanden in den letzten zehn Jahren zunehmend Brettsperrholzwerke, wobei mehr als die Hälfte des rasch zunehmenden Bedarfs derzeit noch durch Importe aus Europa gedeckt wird.

Das Dortmunder Sonnensegel kann aufgrund seiner besonderen konstruktiven Ausführung als Vorläufer der Brettsperrholzbauweise angesehen werden. Drei kreuzweise angeordnete, flächig vernagelte Brettlagen bilden eine schubsteife Schale, so können Kräfte in Schalenebene in alle

Richtungen abgetragen werden. Die flächige Verleimung beim Brettsperrholz ist steifer, bewirkt aber den gleichen Effekt.

Der damalige „Niedergang“ und die jetzige „Wiedergeburt“ des hölzernen Sonnensegels bieten Anlass unsere tradierten Seh- und Deutungsgewohnheiten zu hinterfragen. Die erfolgreichen Leichtbauten des 20. Jahrhunderts – zu denen auch das Münchner Olympiadach gehört – sind sehr material- oder ressourceneffizient, also mit einem minimalen Materialvolumen und teilweise aus rezyklierbaren Rohstoffen hergestellt. Das bedeutet aber nicht, dass sie auch emissions-effizient sind, da die Herstellung der notwendigen Hochleistungswerkstoffe eine hohe Menge an energie- und prozessbedingten Treibhausgasemissionen verursacht. Mit unserem heutigen Wissen um die Auswirkungen des Bauens auf das Klima kann man jedoch nicht mehr – wie in der Vergangenheit – von geringen Bauteildimensionen auf einen a priori nachhaltigen Leichtbau schließen. Konsequenter Weise kann man heute nur noch dann von einem Leichtbau sprechen, wenn eine Konstruktion nicht nur optisch leicht und sogar fast masselos wirkt, sondern auch ohne großen Ballast klimaschädlicher Treibhausgasemissionen hergestellt worden ist.

Das Dortmunder Sonnensegel als „Demonstrationsobjekt für fortschrittliche Holzbauweise“ erinnert uns daran, dass gesellschaftliche Erkenntnisprozesse und nicht nur technologische Fortschritte unsere zivilisatorische Entwicklungen wesentlich beeinflussen.

Es steht heute außer Frage, dass der Holzbau die „architektonischen und konstruktiven Linie unserer Zeit – des 21. Jahrhunderts – mitbestimmen wird“.



Pilotmarkt der neuen Generation Rewe Green Building, Wiesbaden-Erbenheim, 2021
(Architektur: ACME, Tragwerk: knippershelbig)
© REWE / Jürgen Arlt



Pilotmarkt: Stützenkopfausbildung aus geschichteten Kantholzlagen

© Acme / Holzbau Amann



Weltstadthaus Peek & Cloppenburg, Köln, 2005
(Architektur: Renzo Piano Building Workshop, Tragwerk: knippershelbig)
© Michel Denancé

[1] Werner Durth, Günther Behnisch 1922-2020, in: Bauwelt (30), 2020, siehe https://www.bauwelt.de/themen/betrifft/bw_2010-30_Guenter_Behnisch_1922_2010-2089010.html (zuletzt aufgerufen am 21.09.2022)

[2] Sigrid Brandt, Jörg Haspel, Ralph Paschke, John Ziesemer (Hgg.), *Das moderne Erbe der Olympischen Spiele (Icomos – Hefte des Deutschen Nationalkomitees LXXVI)*, Berlin 2021, siehe https://www.icomos.de/icomos/pdf/icomos_olympia_2021.pdf (zuletzt aufgerufen am 21.09.2021)

[3] Stephan Strauß, „Ein Pavillon im Westfalenpark – zur Vorgeschichte des Sonnensegels“, in *Sonnensegel Westfalenpark Dortmund – Machbarkeitsstudie für die Erhaltung des Holzschalenbauwerks*, hg. von der Wüstenrot Stiftung, Ludwigsburg 2017

[4] Hans-Joachim Schellnhuber, zitiert nach „Tagung: Mit Holz aus der Klimakrise“, siehe <https://www.forstpraxis.de/tagung-mit-holz-aus-der-klimakrise/> (zuletzt aufgerufen am 21.09.2021)