Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 11 (1980)

Artikel: Synthese und Schlussfolgerungen

Autor: Gehri, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-11258

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: 12.12.2025

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

II

Synthese und Schlussfolgerungen

Synthesis and Conclusions

Synthèse et conclusions

E. GEHRI
Dipl.-Ing.
Eidgenössische Technische Hochschule
Zürich, Schweiz

Auch im Holzbau vertraut heute der Ingenieur vermehrt den Zahlen und den Formeln. Eigenschaften und Verhalten von Baustoff und Bauteilen werden durch immer kompliziertere Ausdrücke umschrieben. Dabei stösst aber der Ingenieur immer wieder in Bereiche vor, in denen ungenügend gesicherte Aussagen vorliegen, wobei dies im Holzbau häufiger als bei den wesentlich jüngeren Baustoffen wie Stahl und Beton zutrifft.

Für eine erfolgreiche Ausführung von Holzbauten sind unerlässlich eingehende Kenntnisse über die technologischen Eigenschaften des Holzes und der Holzwerkstoffe, sowie über das Verhalten der Tragelemente und deren Verbindungen. Hinzu gehört aber auch ein tiefes Verständnis für die konstruktive Gestaltung und deren Bedeutung auf die Dauerhaftigkeit.

BAUHOELZER

Wissenschaftlich gesicherte Erkenntnisse über Bauhölzer beschränken sich vielfach auf Nadelholzarten, die in Nord- und Mitteleuropa sowie in Nordamerika geläufig vorkommen. Erst in neuerer Zeit wurden analoge Untersuchungen für Laubholzarten durchgeführt. Die Bevorzugung von Nadelholz als Bauholz ist durch reiche Vorkommen in den genannten Gebieten begründet. In Zonen mit gemischtem Vorkommen von Nadel- und Laubholz ist dies zum Teil durch die einfachere Bearbeitung des Nadelholzes bedingt.

Wir sollten uns heute von dieser Bevorzugung der Nadelholzarten lösen. Dies einerseits aus ökologischen Gründen, um in gemässigten Zonen die Mischwaldform zu fördern, aber andernseits um vorhandene technische Vorzüge des Laubholzes wirtschaftlich nutzbar zu machen. Schon heute kommen für gewisse Sonderausführungen wieder vermehrt Laubholzarten in Frage, weil sie eine grössere Dauerhaftigkeit und/oder einen höheren Brandwiderstand aufweisen. Ein Beispiel hiefür ist der Wiederaufbau der niedergebrannten früheren Munitionsfabrik in Hamburg-Altona [1]. Um den Anforderungen des Brandschutzes zu genügen, wurde Bongossi (Lophira alata), auch Azobé oder afrikanisches Eisenholz genannt, verwendet. Die Verwendung von Holzarten hoher natürlicher Dauerhaftigkeit z.B. für

Brückenbauten dürfte vor allem in Entwicklungsländern mit reichlichem Holzvorkommen zu wirtschaftlichen Lösungen führen. In gemässigten Zonen, wie z.B. in Mittel- und Osteuropa mit reichem Vorkommen an Buche sollte vor allem der zweckmässige Einsatz dieser Holzart gefördert werden. Dank der gegenüber Nadelholz höheren Leistungsfähigkeit der Buche, dürfte diese Holzart in Zukunft für grössere Tragwerke, die vor direkter Bewitterung geschützt sind, Verwendung finden. Versuche zeigen, dass mit den gleichen Querschnitten rund 30% höhere Kräfte als beim Nadelholz aufgenommen werden können.

HOLZWERKSTOFFE

Der wichtigste für Tragwerke eingesetzte Holzwerkstoff ist das Brettschichtholz, ein Holzwerkstoff, der seit mehr als 70 Jahren verwendet wird. Kunstharzleime und leistungsfähige Anlagen, sowohl für die Keilzinkung der einzelnen Bretter zu endlosen Lamellen, als auch für die Trägerherstellung mittels Hochfrequenz-Durchlaufanlagen haben seither Einsatzbereich und Wirtschaftlichkeit des Brettschichtholzes wesentlich verbessert.

Trotz des grossen technologischen Fortschrittes sind hier noch nicht alle Fragen geklärt. Dies gilt auch für gekrümmte Träger und für Träger variabler Höhe.

GUTKOWSKI/DEWEY weisen auf die mögliche Versagensform von gekrümmten Trägern und von Satteldachträgern hin. Wegen der geringen Querzugfestigkeit des Holzes - für Nadelholz beträgt die Querzugfestigkeit nur rund 1/50 der Längszugfestigkeit - ist die genaue Erfassung der an sich geringen Querzugspannungen von Bedeutung. Frühere Ansätze wurden nun mittels der Methode der finiten Elemente unter Verwendung orthotroper Elemente überprüft.

Die Versuchsträger verhielten sich praktisch bis zum Bruch noch elastisch. Die Berechnung zeigte denn auch eine gute Uebereinstimmung mit den Messergebnissen. Allerdings war keine genaue Bruchvorhersage möglich, weder über Art des Bruches noch über die Höhe der Bruchlast. Die Brüche ereigneten sich sowohl über Querzug als auch über Biegung, hier eingeleitet durch Keilzinkenbrüche in den gezogenen Randlamellen. Infolge der grossen Streuung in den Festigkeitseigenschaften und dem Fehlen von geeigneten Bruchkriterien für kombinierte Beanspruchung bestehen Bedenken in der praktischen Anwendung allzu exakter Berechnungsverfahren.

Der genaueren Erfassung der Verformung dürfte sekundäre Bedeutung zukommen, da hier in der Regel eine "Sollvorschrift" vorliegt. Hinzu kommt, dass die elastisch ermittelte Verformung nur einen Anteil darstellt. Einen weiteren Anteil liefert noch die Kriechverformung, die normalerweise nur grob geschätzt wird.

YU/CHANG behandelten das Krafteinleitungsproblem in einer orthotropen Scheibe u.a. mit den Eigenschaften von Sperrholz. Die Ergebnisse zeigen die gegenüber isotropen Scheiben geringere Lastausbreitung. In der Regel kann bei Sperrholz und Beanspruchung zu einer der Hauptrichtungen nur mit einem Winkel der Lastausbreitung von rund 15° gerechnet werden. Dieses Ergebnis deckt sich mit der Auswertung von Zugversuchen an genagelten Sperrholzknotenplatten [2].

Die Behandlung von Krafteinleitungsproblemen in Sperrholzplatten darf nicht ohne Beachtung der Art der Einleitung erfolgen. Holz ist bei Zugbeanspruchung besonders kerbempfindlich. Wie Versuche an Buchensperrholz zeigten, spielen

sowohl Lochgrösse als auch die Verteilung eine wesentliche Rolle (siehe Abb. 1). Bei verteilter Anordnung kleiner Bohrungen stellt man eine gute Uebereinstimmung mit den theoretischen Werten, d.h. unter Beachtung des Lochabzuges, fest. Bei Einzelbohrungen stimmt dies jedoch nicht mehr. Der empirische Exponentialansatz zeigt eine gute Uebereinstimmung mit dem schraffierten Bereich der Versuche.

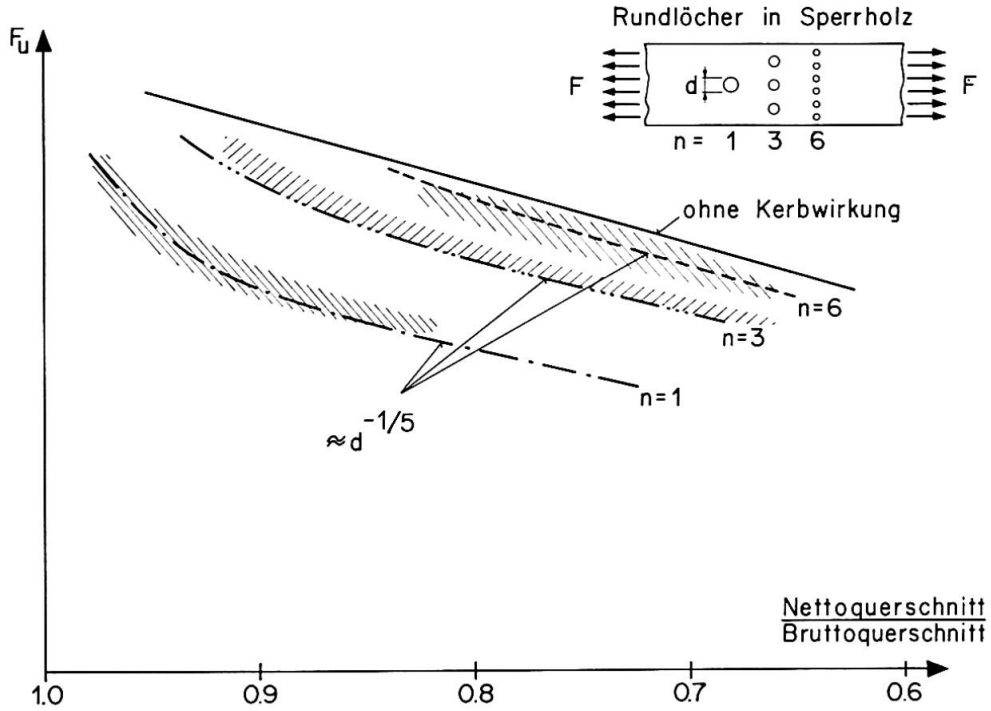

Abb. 1: Kerbgrösse in Abhängigkeit von Lochverteilung und Lochgrösse bei Sperrholz

VERBUNDSTOFFE UND VERBUNDSYSTEME

Nebst den Holzwerkstoffen können auch Verbundstoffe und Verbundsysteme die Einsatzmöglichkeiten des Holzes erweitern. Eine derartige Möglichkeit besteht in der Vorspannung von Holzträgern durch hochwertige Stahldrähte. Obwohl die Zugfestigkeit von strukturstörungsfreiem Holz höher liegt als die Druckfestigkeit parallel zur Faser, wird bei den grossen verleimten Trägern das Versagen in der Regel durch einen Biegezugbruch eingeleitet.

Natürliche Strukturstörungen wie Aeste und Schrägfaserigkeit sowie Fertigungsprobleme mit Keilzinkungen der Lamellen sind hiefür verantwortlich. Durch Vorspannung oder auch nur durch eine Armierung mittels Stahl auf der Biegezugseite können diese Einflüsse begrenzt werden, sodass die Streuungen im Verbundsystem geringer sind und somit die Ausnützung des Holzes höher liegt.

GILFILLAN/SIDWELL gehen noch einen Schritt weiter. Sie entwickeln ein Vorspannsystem bei dem sowohl eine Druck- als auch eine Zugvorspannung möglich ist. Dies wird ermöglicht durch die Entwicklung von in einem Hüllrohr geführten, auf Druck vorspannbaren hochfesten Stahldrähten. Die damit erzielten Erhöhungen der Tragfähigkeit sind bedeutend. Die Erfahrung mit ersten Anwendungen wird aufzeigen müssen, inwieweit Nutzen aus dieser interessanten technischen Lösung gezogen werden kann.

Verbundsysteme bestehend aus tragenden und isolierenden Schichten sind nicht

neu. Diese wurden vor allem für Fassaden, Dächer und z. Teil für Decken insbesondere in Kombination mit tragenden Stahlteilen entwickelt. Neu ist deren Anwendung in Verbindung mit Holz oder Holzwerkstoffe.

PREBENSEN/BUNCH-NIELSEN haben das Verhalten von Sandwich-Elementen mit isolierendem Kern aus Mineralwolle und Aussenschichten aus Sperrholz eingehend untersucht. Wegen des Kriechverhaltens der verwendeten Baustoffe darf man nicht allein auf Kurzzeitversuche abstützen. Je nach Aufbau und Zusammensetzung insbesondere der Kernschicht können infolge Feuchte- und Temperaturänderungen grosse Kriechverformungen auftreten. Bei den durchgeführten Untersuchungen mit konstantem Klima lag nach einem Jahr der Verformungszuwachs bei halbem Bruchlastniveau unter 20%. Dieser Wert ist gering. Versuche mit anderem Kernstoff wie Polystyrol-Hartschaum zeigen eine wesentlich stärkere Kriechneigung und eine starke Temperaturabhängigkeit.

Nebst Versuchen kommt der rechnerischen Erfassung bzw. der Aufstellung eines geeigneten Tragmodells grosse Bedeutung zu. Analog den Stahl-Beton-Verbundsystemen findet auch hier mit der Zeit eine Umlagerung statt, die berücksichtigt werden muss. Um die Grenzzustände zu erfassen, genügen hiefür die bekannten elastischen Modelle nicht mehr. Tragmodelle mit einer elastischen und einer plastischen Phase erlauben eine bessere Erfassung des Trag- und Verformungsverhaltens solcher Verbundsysteme.

HOLZELEMENTE

Die geringen Abmessungen des Schnittholzes zwingen zur Herstellung verleimter Tragelemente oder zur Bildung zusammengesetzter Träger und Stützen.

MALHOTRA untersuchte eingehend das Tragverhalten zusammengesetzter Stützen. Ausgangspunkt seiner Betrachtungen bildet der ideelle, zentrisch gedrückte Stab ohne Imperfektionen. Strukturstörungen, ungewollte Endexzentrizitäten, Stabausbiegungen, die zu einem Abfall an Tragvermögen führen, sind über einen geeigneten Sicherheitsfaktor in den Bemessungsformeln abzudecken. Diese Betrachtungsweise deckt sich nicht mit der heutigen Auffassung, Stabilitätsprobleme als Gleichgewichtszustände im verformten Zustand zu betrachten. Da bei zusammengesetzten Stützen jedoch der Einfluss der Verschieblichkeit der Verbindungen eine massgebende Rolle spielt und diese Grösse erheblichen Streuungen unterworfen ist, sind die Ergebnisse von MALHOTRA, die sich auf eine grosse Zahl von Versuchen abstützen, von grosser praktischer Bedeutung.

EDLUND zeigte die Möglichkeiten zur Nutzung von Tafelelementen aus Holzwerkstoffen zur Stabilisierung der Tragkonstruktion auf. Bei entsprechender Ausbildung ergeben sich wesentlich einfachere und wirtschaftlichere Tragkonstruktionen. Der Ausbildung der Verbindung zwischen den scheibenförmigen Holzwerkstoffen und den Holzrahmen kommt dabei eine entscheidende Bedeutung zu.

VAN DER PUT untersuchte die Kräfteumverteilung in innerlich statisch unbestimmten Systemen an Hand eines Vierendeelrahmens. Infolge der unterschiedlichen Steifigkeit und Verformungsverhalten von geleimten und genagelten Knotenausbildungen können nicht mehr die gleichen Berechnungsmodelle benutzt werden. Die angegebenen Kriterien erlauben eine genauere Erfassung der Grenztragfähigkeit derartiger Systeme.

VERBINDUNGSTECHNIK

Wie aus den meisten Referaten ersichtlich, kommt der Verbindungstechnik entscheidende Bedeutung zu. Nebst Tragfähigkeit spielt insbesondere bei zusammengesetzten Bauteilen auch das Verformungsverhalten eine grosse Rolle. Erwünscht sind insbesondere Verbindungen, die eine grosse Steifigkeit und hohes Tragvermögen und somit einen hohen Wirkungsgrad besitzen, zugleich aber auch noch eine grosse Duktilität d.h. vor dem Bruch ein hohes Verformungsvermögen aufweisen.

In Abb. 2 werden drei mögliche Verbindungsarten schematisch dargestellt. Diese weisen gleiche Tragfähigkeiten aber unterschiedliches Verformungsvermögen auf. Die Verbindungsart mit "weichen" Bolzen besitzt das beste Arbeitsvermögen.

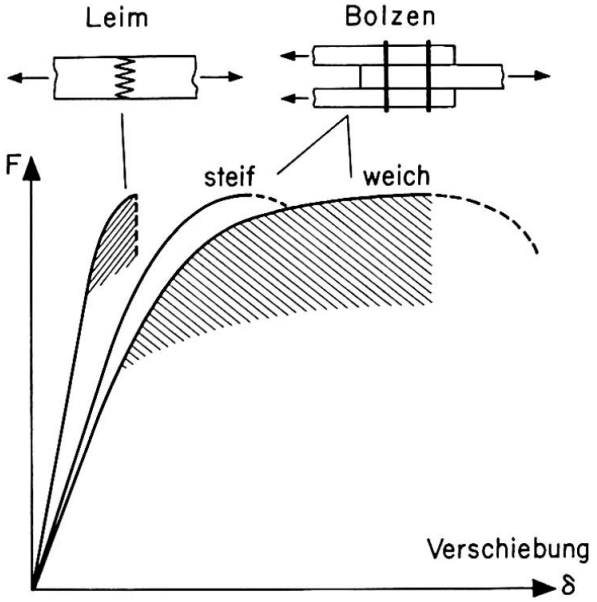

Abb. 2: Verformungsvermögen von Verbindungen

BLUMER stellte in seinem Referat eine entsprechende Verbindung dar. Holzverbindungen bei denen Stahlbleche für die Knotenplatten eingesetzt wurden, sind seit über 50 Jahren bekannt [3]. Seither sind die verschiedensten Ausführungsformen aufgetaucht: nicht alle haben den Erwartungen entsprochen.

Eine Richtung tendierte auf den rationellen Einsatz von Nagelautomaten; dies bedingte die Verwendung dünner Bleche von weniger als 2 mm Stärke, die entweder nur aussen oder in Schlitze eingelegt werden. Andere beruhen auf Nagelplatten, die aussen in das Holz eingepresst werden.

Die Lösung von BLUMER repräsentiert eine dritte Gruppe, bei denen die Stifte oder Bolzen in vorgebohrte Löcher eingetrieben werden. Dadurch lassen sich dickere Knotenplatten und grössere Stiftdurchmesser verwenden. Diese Ausführungsart ist demnach besonders geeignet für grössere Tragwerke. Infolge des Vorbohrens wird die Rissgefahr stark reduziert. Die Abstände der Stifte untereinander können deshalb kleiner gehalten werden. Dadurch ergeben sich wesentlich kürzere Anschlüsse.

Extrem kurze Anschlüsse lassen sich - ohne Verminderung der Tragfähigkeit - durch lokales Absperren der Stabenden mittels dünner Furnierplatten erreichen (siehe hiezu Abb. 3).

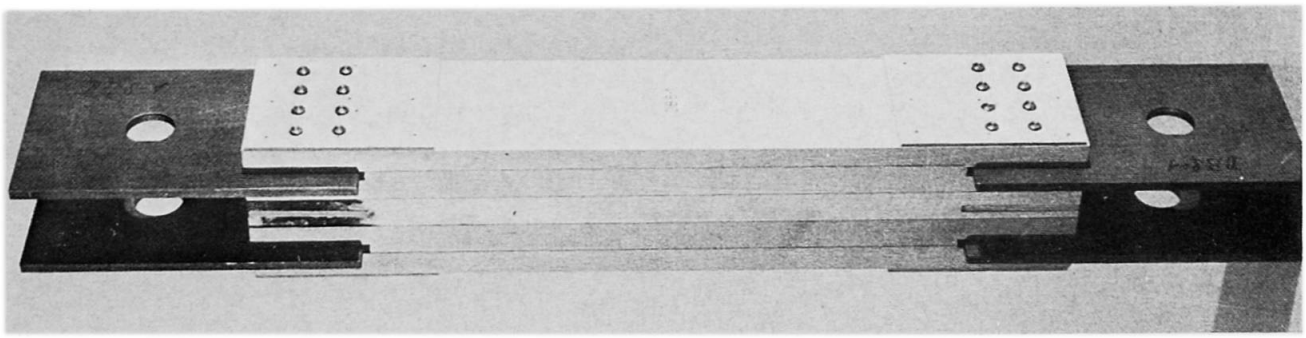

Abb. 3: Stabanschlüsse mit geringer Anschlusslänge

Im Gegensatz zu den ersten zwei Gruppen bei denen sich die Anwendung auf Nadelhölzer beschränkt, sind derartige Verbindungen mit vorgebohrten Löchern für alle Holzarten, insbesondere für Laubholzarten einschliesslich der schweren tropischen Hölzer geeignet.

Eine Abwandlung - mit allerdings etwas geringerem Wirkungsgrad - besteht in der Ausbildung eisenfreier Knotenverbindungen, wie dies in korrosionsgefährdeten Bauten immer wieder angestrebt wird. An Stelle des Stahlbleches tritt ein hochwertiges Sperrholz (z.B. eine Furnierplatte aus Birken- oder Buchenholz) und an Stelle der Stahlstifte treten Holzstifte aus schweren tropischen Holzarten. Gegenüber einer gleichartigen Stahlverbindung weisen derartige Holznagelverbindungen einen um rund 1/3 geringeren Wirkungsgrad auf. Dies ist weitgehend durch die dickeren Schlitze für das Sperrholz und nur sekundär durch den etwas grösseren Durchmesser der Holzstifte bedingt.

ANWENDUNGEN

Die von den Referenten gezeigten Ausführungsbeispiele sind typisch für den heutigen Holzbau.

TURNER/WILSON zeigten, wie ein anspruchsvoller Ingenieurholzbau auch mit bescheidenen lokalen Mitteln durchführbar ist. Die Verarbeitung des Holzes ist - mit Ausnahme von Leimverbindungen - auch heute noch mit geringem maschinellen Aufwand möglich. Bei Anpassung des Entwurfes und der Ausführung an die lokalen Bedingungen, wie verfügbare Holzarten, Ausbildungsstand der Arbeitskräfte, maschinelle Einrichtungen, sind technisch anspruchsvolle und dennoch wirtschaftliche Lösungen möglich.

NATTERER weist mit seinem Beitrag auf die Leistungsfähigkeit des Holzes hin, grosse Spannweiten wirtschaftlicher zu überspannen. Erst das Brettschichtholz ermöglichte die grosse Entwurfsfreiheit sowohl in Form als auch in Spannweite. Die Möglichkeiten in diesem Bereich sind noch nicht ausgeschöpft. Besonders in Verbindung mit agressiven Medien, wie bei der Salzgewinnung, in Kohlenmischanlagen, aber auch bei Müllverwertungs- und Kompostierungsanlagen, hat sich das Holz als besonders widerstandsfähig gezeigt. Eine vermehrte Verwendung von Holz in diesen Bereichen ist deshalb zu erwarten.

MAHIEU geht auf die Ausführung einer Fussgängerbrücke mit der grossen Brücken-

breite von 5 m ein. Infolge der beschränkten Herstellungsmöglichkeit bezüglich Trägerhöhe wurde jeder Hauptträger aus je 3 nebeneinanderliegenden Trägern gebildet, wodurch sich eher ungewöhnliche Anschlussprobleme ergaben. Wie bei allen frei der Witterung ausgesetzten Holzbauwerken sind auch hier konstruktive Detailausbildung und komplementärer Holzschutz von entscheidender Bedeutung für die Lebensdauer solcher Tragwerke.

GUTKOWSKI/WILLIAMSON geben einen ausgezeichneten Ueberblick über den Holzbrükkenbau in den USA. Die heutigen Tendenzen gehen in Richtung eines vermehrten Einsatzes von Brettschichtholz und eines wirkungsvolleren Holzschutzes mittels Druckimprägnierung. Eine neuere Entwicklung besteht in der Anwendung von Furnierschichtholz (Press-Lam). Durch die Verwendung von Furnieren erreicht man eine Homogenisierung der Holzeigenschaften. Zudem zeigte sich, dass sowohl Imprägnierbarkeit als auch Dauerwirkung der Imprägnierung verbessert werden.

Die von GUTKOWSKI/WILLIAMSON skizzierten Entwicklungen sind interessant, da sie zu einer Verminderung des Holzverbrauches bei gleichzeitig höherer Dauerhaftigkeit der Brückenbauten führen. Die rechnerische Erfassung des Tragverhaltens der Fahrbahnsysteme ist infolge des unvollständigen Zusammenwirkens nur bei gleichzeitiger experimenteller Untersuchung möglich. Wichtig ist zudem - wie GUTKOWSKI/WILLIAMSON aufzeigten - die praktische Erprobung derartiger Brückensysteme durch den Bau von Prototypen. Erst durch eine Kombination von Berechnung, experimenteller Untersuchung und praktischer Erprobung kann in der Holzbauweise eine gesicherte Entwicklung gewährleistet werden.

CSAGOLY/TAYLOR befassten sich eingehend mit der konstruktiven Verbesserung der in Nordamerika üblichen Ausführung der Fahrbahn mit längslaufenden hochgestellten Bohlen. Während in den USA die Tendenz besteht diesen genagelten Bohlenbelag, der bei stärkerer Beanspruchung frühzeitige Schäden aufweist, durch verleimte plattenartige Elemente zu ersetzen, zeigten CSAGOLY/TAYLOR eine einfache und bestechende Lösung, um die Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit derartiger Bohlenbeläge wesentlich zu verbessern. Durch die Quervorspannung der längs angeordneten Bohlen, werden die gegenseitigen Bewegungen eliminiert und eine der Verleimung ähnliche Plattenwirkung erzielt. Das ganze System ist übersichtlich und unempfindlich. Vorspannelemente lassen sich auch nachträglich als Sanierungsmassnahme anbringen.

Gerade dieses Beispiel zeigt, wie der moderne Ingenieurholzbau von den in anderen Bauweisen erprobten Techniken zu profitieren weiss und wie eine über die betreffende Bauweise hinausgehende Betrachtungsweise befruchtend wirkt.

NORMUNG

SUNLEY hat im Einführungsbericht eingehend über die internationalen und europäischen Normierungsbestrebungen im Bereich des Holzbaues berichtet. Neuere Normentwürfe sind seither erschienen. Sichtbar sind die Bestrebungen die verschiedenen Bauweisen gleichartig zu behandeln. Dennoch wird eine Holzbaunorm inhaltlich anders aussehen müssen als eine Stahlbaunorm oder eine Norm über Betonbau.

Die wichtigsten Unterschiede resultieren direkt aus den mechanischen Eigenschaften des Holzes, Eigenschaften die infolge der ausgeprägten Anisotropie zudem stark von der Kraft- zur Faserrichtung abhängig sind.

Für die Bemessung von Holzbauten ist die Kenntnis der Einwirkungsdauer der Lasten von Bedeutung. Die heutigen Bestrebungen gehen dahin 5 verschiedene Lastdauerklassen zu unterscheiden. Die einzelnen Lastarten sind jeweils einer solchen Lastdauerklasse zuzuordnen bzw. in gewissen Fällen auch zwei solcher Klassen. So wird in der Regel der Schnee als mittelfristige oder als kurzfristige Last betrachtet, je nachdem ob ein häufiger Wert oder ob ein Extremwert betrachtet wird.

Zu beachten ist auch die jeweilige Feuchte des Holzes, beeinflusst doch die Holzfeuchte entscheidend den Tragwiderstand und die Steifigkeit des Holzes. Holzfeuchteänderungen führen zudem zu grösseren irreversiblen Verformungen.

Versuche zur Ermittlung des Tragwiderstandes von Bauteilen zeigen einen eindeutigen Grösseneinfluss auf. Diese auch Volumeneinfluss genannte Erscheinung ist besonders ausgeprägt bei Baustoffen mit sprödem Bruchverhalten. Beim Holz ergeben sich grosse Bereiche mit hoher Zugbeanspruchung vor allem bei Biegeträgern. Dies führt dazu, dass bei Holzbiegeträgern ein sogenannter Höhenfaktor zu beachten ist.

Wie bei den anderen Bauweisen muss sich der entwerfende Ingenieur von Anfang an mit dem Baustoff und dessen Verarbeitung auseinandersetzen und erst anschliessend kann er sich der eigentlichen Berechnung und Bemessung widmen. Eine klar gefasste vereinheitlichte Normierung kann und wird ihm helfen, diese Aufgabe mit der geforderten Sicherheit zu lösen.

LITERATURVERZEICHNIS

[1] WEBER, M.: Wiederaufbau der "Fabrik" in Hamburg-Altona. Bauen mit Holz, 1980, S. 53-55.

[2] DRÖGE, G.: Tragende Holzwerke aus Vollhölzern mit genagelten Knotenplatten aus Sperrholz. Bauen mit Holz, 1966, S. 357-362.

[3] Ingenieurholzbau - Entwurf und Bemessung von Schnittholz-Konstruktionen mit neuzeitlichen Verbindungen. Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Holzforschung, 1979.