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

Artikel: Entwicklungen im Ingenieur-Holzbau
Autor: Strässler, Hansjakob
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-73116

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: 16.07.2025

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

Tabelle 6. Energieverbrauch in kg Kohle-Äquivalent (kg CE)

Stoff	Energieverbrauch
Holz (Schnittware)	0,4
Kohle	1
Beton	60
Kalkstein	90
Stahlbeton	162
Ziegel	245
Glas	1 750
Kunststoff	2 000
Stahl	7 900
Aluminium	11 400

wachstum in diesem Sektor in einen Gleichgewichtszustand überzuführen, lassen den Bau- und Werkstoff Holz in einer *neuen,* bisher *ungewohnten Bedeutung* erscheinen. Deshalb ist es interessant zu untersuchen, wie günstig Holz – verglichen mit anderen Bau- und Werkstoffen – hinsichtlich der investierten technischen Energiemenge abscheidet. Tabelle 6 gibt dazu einen Überblick.

Mit Hilfe kostenloser Sonnenenergie gewachsen, ist also bei Holz – verglichen mit anderen Baumaterialien – ein relativ kleiner Energieaufwand für seine Gewinnung, für die Weiterverarbeitung und den Transport erforderlich.

Zusammenfassend darf man sicher behaupten, dass *Bauen mit Holz weniger Energie beansprucht.* Wenn sich auch dieser Vorteil nicht in Franken und Rappen ausdrücken lässt – dies wäre erst der Fall, wenn die vereinzelt bereits diskutierte Besteuerung des Energieverbrauchs im weitesten Sinne eingeführt würde – so erhält man doch den Eindruck, dass in einer nicht allzu fernen Zukunft der Holzkonsum im Bauwesen von diesem Gesichtspunkt her angeregt werden kann.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. *H. Tromp,* Institut für Forstliche Betriebswirtschaftslehre, ETHZ, Universitätsstrasse 2, 8006 Zürich

Entwicklungen im Ingenieur-Holzbau

Von **Hansjakob Strässler,** EMPA, Dübendorf

DK 694.4

Fortschritte und Entwicklungstendenzen im Bauwesen lassen sich am ehesten dadurch ermitteln, dass man den heutigen Stand mit demjenigen in einem früheren Zeitpunkt vergleicht.

Im *Jahre 1964* beispielsweise erstellte man Fachwerkträger mit Nägeln (sog. Nagelbrettbinder), Ringdübeln und Bulldogs. Man baute Nagelträger mit Stegen aus gekreuzten Brettlagen und Stegträger aus verleimten Trägern (z. B. Kämpfträger, Häringträger) und stellte viele lamellenverleimte Träger her, die man damals zu Ehren ihres Erfinders noch allgemein als *Hetzerbalken* bezeichnete. Die damaligen Kostenvergleiche [1] ergaben, dass die genagelten bzw. gedübelten Fachwerkträger am preisgünstigsten, die brettschichtverleimten Balken eher am teuersten waren. – Von den Sonderbauweisen wurden in jenem Zeitpunkt u. a. Trigonit-, Wellsteg- und DSB-Träger verwendet. Die Zeit der verdübelten Balken und auch diejenige der Greimbauweise schien schon lange vorbei zu sein. – Man wusste schon damals, dass es Zackenplatten, Nagelplatten (z. B. vom Typ «Gang-nail»), verschiedenartige Blechverbinder wie Balkenschuhe usw. gibt; ihre Verwendung hierzulande blieb aber eher in bescheidenem Ausmass.

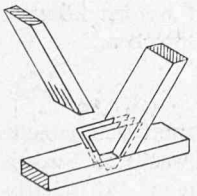
Betrachtet man nun den *heutigen Stand,* so stellt man fest, dass sich in unserem Ingenieurholzbau in den letzten 10 Jahren einiges verändert hat [2]. Fachwerkträger mit Ringdübelverbindungen werden noch bei Lehrgerüsten, jedoch immer weniger für Hallenbauten eingesetzt. Vollwand-Nagelträger sieht man nur noch selten. Die frühere Massenfabrikation von hölzernen Schalungsträgern ist, infolge der Rezession im Bauwesen, sehr stark zurückgegangen. Aus der Vergessenheit aufgetaucht ist hingegen die *Greimbauweise* [3]. Es handelt sich dabei um Fachwerkkonstruktionen, bei denen die Stabkräfte in den Knotenpunkten mittels Nägeln und Stahlblechen übertragen werden (Bild 1).

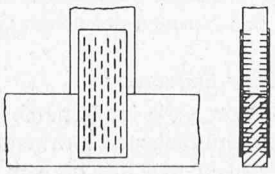
Die Bleche stecken in eingefrästen Schlitzen; beim Durchtreiben der Nägel durch die nur 1–1,75 mm dicken Bleche fransen diese etwas aus, wodurch Festigkeit und Verformungssteifigkeit der Verbindung erhöht werden. Bereits stehen in der Schweiz einige Bauten, die nach diesem Verfahren erstellt wurden und es werden noch weitere folgen, denn eine Innerschweizer Holzfirma widmet sich intensiv dieser Greimbauweise.

Für die Verwendung von *Nagelplatten* vom Typ «Gang-nail» [4], «Beves» u. ä. haben ebenfalls verschiedene einheimische Holzbaufirmen die Lizenz erworben. Serienweise werden Fachwerkbinder bis ca. 20 m Spannweite hergestellt. Feuerverzinkte Nagelplatten werden mittels hydraulischer Pressen gleichzeitig von beiden Seiten her ins Holz der Knotenpunkte und Stoss-Stellen eingetrieben. Es handelt sich also um einseitige Verbindungsmittel, die auf der Träger-Aussenseite sichtbar bleiben. Im Gegensatz dazu sind die «Menig-Nagelplatten» beidseitige Verbindungsmittel; sie werden zwischen die Holzteile eingepresst und sind nur knapp in den Kontaktfugen, nicht aber auf den Träger-Aussenseiten zu sehen (Bild 2).

Viele grössere Sportbauten und Lagergebäude (Bild 3 und Artikel Bogusch) wurden in den letzten paar Jahren aus Fachwerkträgern mit «Menig-Nagelplatten» erstellt; sie gelten, verglichen mit brettschichtverleimten Trägern, Stegträgern usw., als preisgünstig.

Bei *Fachwerken mit hohen Knotenkräften* kann der Bulldog-Verbinder nicht mehr eingesetzt werden. Hingegen findet man ihn mit einseitiger Zahnung und verstärkter Lochleibungsfläche als Mittel zur Lastübertragung grösserer Bolzenkräfte bei Knotenplatten, Stosslaschen und Stabanschlüssen. Doch bei ganz hohen Lasten genügen auch derartige einseitige Bulldogs nicht mehr; es müssen grössere Lochleibungs- und Lastverteilungsflächen angeordnet werden (vgl. Bild 4).





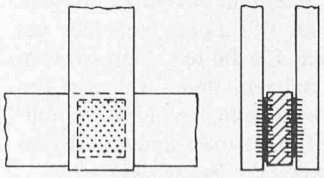
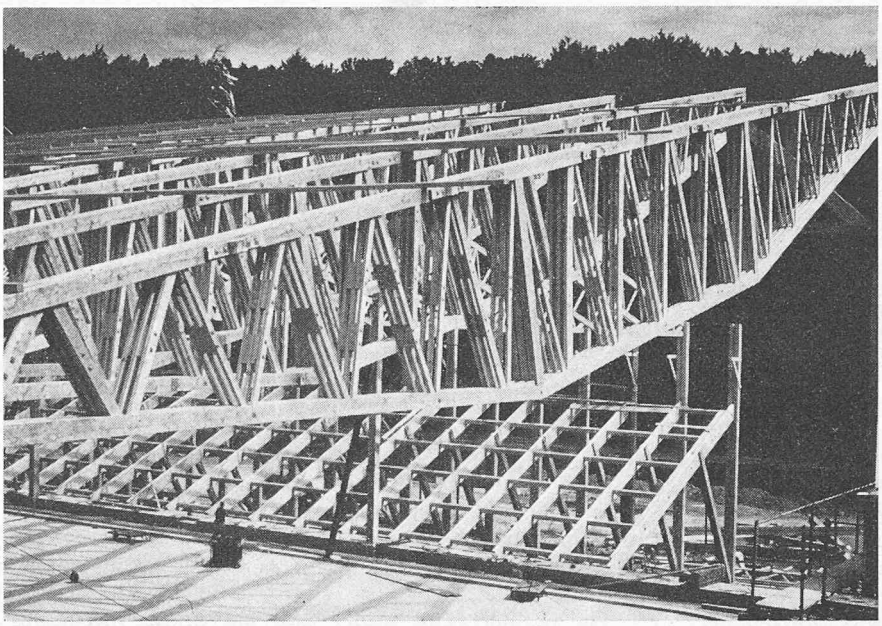


Bild 1. Knotenpunkt in «Greimbauweise» (links aussen)

Bild 2. Stabanschluss mit Nagelplatten vom Typ «Gang-nail», «Beves» usw. (links). Stabanschluss mit «Menig-Nagelplatten» (rechts)



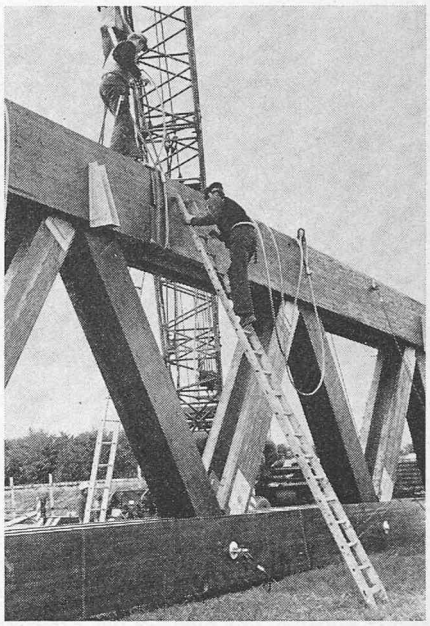


Bild 3 (links). Kunsteisbahn Bülach [5], Bauzustand 1974. Fachwerkträger von 37 m Spannweite; Verbindungsmittel: «Menig-Nagelplatten». Vergleichsweise sei erwähnt, dass für diese Dachlasten bei gleichen Stützweiten und Binderabständen Rundhölzer von ca. 180 cm Durchmesser nötig wären; ihr Gewicht wäre rund achtmal höher als das der verwendeten Fachwerkträger (Totalbreite der Drillingsträger 48 cm, Binderhöhe max. 4,2 m). Bild 4 (rechts). Eissportzentrum Grefrath, BRD, 1971 [6]. Träger kurz vor der Montage. Gurten und Diagonalen lamellenverleimt, Knotenpunkte gelenkig. Zur Verteilung der sehr hohen Anschlusskräfte von ca. 74 Mp vom Gelenkbolzen auf die Holzteile wurden auf Gurt- und Diagonalstäbe verzinkte Stahllaschen aufgenagelt. Stützweite der Binder 60 m, Höhe 4,1 m

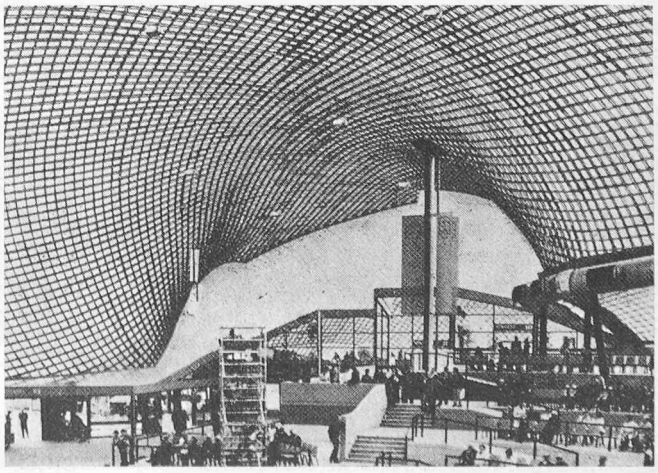
Grosse Ausstellungen und Veranstaltungen geben meistens den Anstoss zu interessanten Neukonstruktionen. In vielen Fällen handelt es sich allerdings oft nur um Höhepunkte von Bauweisen, deren Entwicklungsphasen von der Öffentlichkeit und zum Teil sogar von den Fachleuten vorher unbeachtet blieben. So kennen sicher die meisten Holzbauingenieure die Multihalle von Mannheim (Bild 5), die an der Bundesgartenschau 1975 grosses Aufsehen erregt hat; von den *Holzgitterschalen* in Essen (Bild 6) und der an der Weltausstellung 1967 in Montreal nahm die Fachliteratur kaum Notiz. An der BAU 68 in München bewunderte männiglich die Rippenschale [8] und in vielen Holzzeitschriften sind Bilder der Hängeschale Dortmund 1969 [9] enthalten, doch nur wenige Fachleute wissen, dass bereits ab ca. 1956 vor allem in England [8] erste HP-Schalen (*Hyperbolische Paraboloide,* [10]) erstellt worden waren und dass eine der ersten dieser Konstruktionen an der Schweizergrenze im Elsass steht, von Schweizern entworfen und berechnet (Bild 7). 1971 erhielt die neue Kapelle des Bethanienheimes in Kerns ein Schalendach [12]; es ist bisher das einzige Bauwerk dieser Art in der Schweiz.

In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, dass die spektakulären *Trägerrost*-Konstruktionen in sog. Brettstapelbauweise [13] ihren Vorgänger hatten in der Schweiz. Bereits 1945 stellte Dr. Staudacher Sheddächer aus Trägerrosten her [14] und auch an der EXPO 64 war diese Bauweise zu sehen, z. B. bei Zylindern bis 20 m Höhe und 27 m Durchmesser [15].

Für die Schweizerische Landesausstellung in Lausanne, die EXPO 64, wurde ein *Flächentragwerk mit Sperrholzbändern* erstellt. Diese Konstruktionsart hatte keinen Vorgänger und blieb bisher auch ohne Nachfolger. Die EXPO-Festhalle wird in der Fachliteratur als Markstein in der Entwicklungsgeschichte von hölzernen Flächentragwerken gerühmt und die Holzbauingenieure bedauern, dass die Halle nach der Ausstellung abgebrochen und nicht anderswo wieder aufgestellt worden ist.

Ein Teil der Bauten an der EXPO 64 war aus Vollwandträgern mit *Faserplatten-Steg* errichtet worden; die Verbindung zwischen den Gurthölzern und dem Steg erfolgte durch Nagelung. Schon im Zeitpunkt der Planung erkannte der Ingenieur, dass einerseits die Randfelder gegen Ausbeulen ausgesteift werden sollten. Anderseits befürchtete er eine zu grosse Durchbiegung unter der hohen Dauerbelastung durch Menschengedränge; er unterspannte die Träger daher mittels Drahtseilen. Weitere Biegeträger mit Holzfaser- oder Holzspanplattenstegen kamen bei uns seither nicht mehr zum Grosseinsatz. Dagegen finden die festigkeits- und verformungstechnisch günstigeren *Sperrhölzer* immer grössere Anwendung, sei es in Form von Furnierplatten bei Stegträgern oder Knotenpunkten (Bild 10, F) oder sei es als Brettsperrholz (z. B. bei DOKA-Schalungsträgern usw.).

Bild 5. Innenansicht der Multihalle Mannheim (1975) [7]. Schalenförmiges Holzgitterdach aus total 72 km Holzlatten (5 × 5 cm). Der Gitterrost mit 50 cm Maschenweite wurde am Boden ausgelegt, dann bis zur gewünschten Höhe hochgehoben. Beim Hebevorgang verschoben und verformten sich die Latten, die in diesem Zeitpunkt nur lose an den Kreuzungsstellen zusammengehalten wurden. Dann aber wurden die 8-mm-Schraubbolzen angezogen, und die Ränder der Gitterschale wurden an die brettschichtverleimten Randträger angeschlossen. Überdachte Fläche 7400 m², Kuppelhöhe max. 20 m



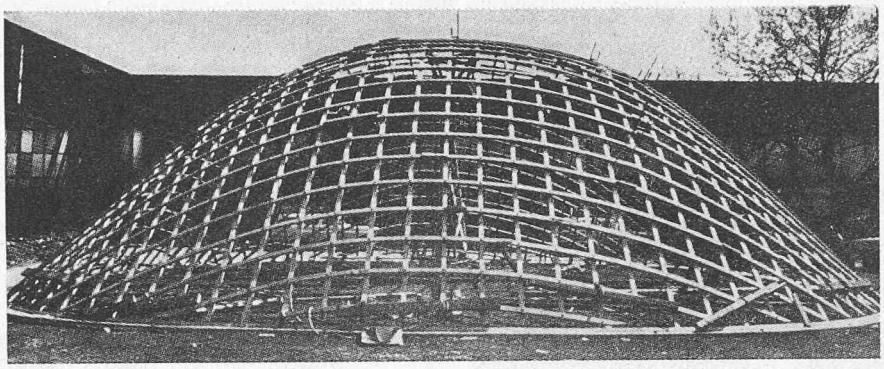


Bild 6. Ausstellungspavillon Essen (1962). Bauzustand nach Hochheben des Gitterrostes. Gitterschale aus Holzlatten. Spannweite 17 m, Höhe max. 5 m

In den letzten Jahren hat vor allem die Leimbauweise einen enormen Aufschwung erlebt. Nachdem die unmittelbar nach dem 2. Weltkrieg an der EMPA durchgeführten Untersuchungen über Verleimverfahren, Holzauslese, Lamellendicke in Funktion der Krümmungsradien u.a.m. lange Zeit genügende Grundlagen zur *Herstellung brettschichtverleimter Träger* bildeten, tauchten bei der Erstellung von Grossbauten, bei der Ausbildung gekrümmter Sattelträger, bei Rahmenecken (Bild 10) und Trägern veränderlicher Höhe neue Probleme auf. Spezialisten, so unter anderem an der TH Karlsruhe (Prof. Möhler), befassten sich daraufhin intensiv mit der Abklärung von Spannungsverhältnissen [22] und Stabilitätsfragen [23].

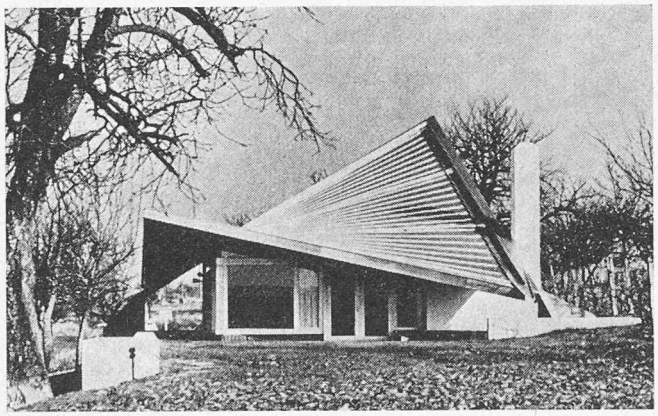
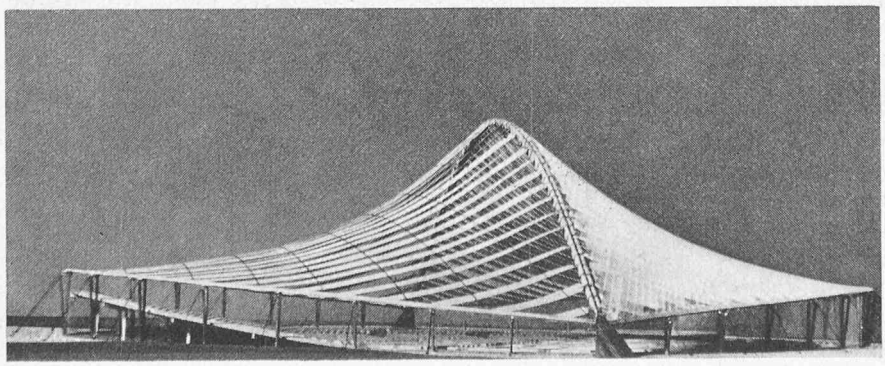


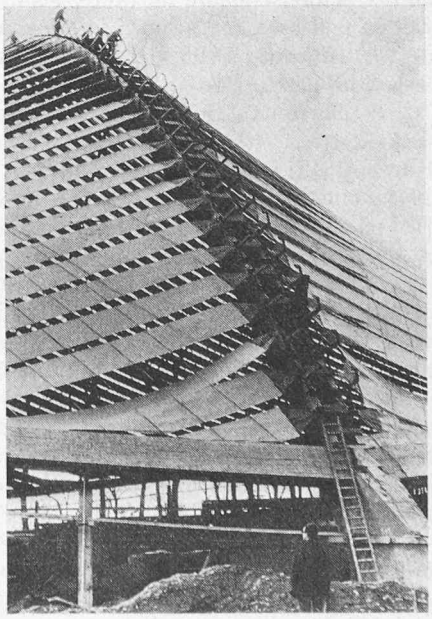
Bild 7. Einfamilienhaus in Hegenheim, Elsass (1961), [11]. Dach als hyperbolische Paraboloidschale aus drei je 15 mm dicken Brettlagen, die kreuzweise aufeinandergeleimt wurden. Pressdruck für die Verleimung mittels Verschraubung. Entwurf: Gutmann+Schwarz, Zürich. Berechnung und Durchführung der Modellversuche: Ing. Hossdorf, Basel

Ein besonderes Problem bilden die Stösse. Bereits anlässlich des internationalen Symposiums 1965 in London [24] lag ein Schwerpunkt auf der Berechnung und Bemessung von *Keilzinkenstössen*. Damals handelte es sich noch um die Stösse der einzelnen Lamellen bzw. um solche bei kleinen Vollholzstäben. Schon Versuche der EMPA an Kiefernbrettern hatten 1945 gezeigt, dass bei der in jenem Zeitpunkt üblichen Art der Keilzinkung grosse Festigkeitseinbussen in Kauf genommen werden mussten. Deutsche Forscher (z.B. Kolb, Stuttgart) führten dann eingehende Untersuchungen durch und gaben Richtlinien [25] über die zweckmässigsten Formen und Abmessungen der Zinken, sowie über die notwendigen Pressdrücke. Diese Grundregeln gelten auch heute noch für hochbeanspruchte Stossverbindungen ganzer Querschnitte, die meist mit 50 mm Zinkenlänge hergestellt werden. Bei den Stössen von Einzellamellen, bei Fensterrahmen usw. dagegen werden oft sogenannte Midizinken (ca. 20 mm Zinkenlänge) oder gar Minizinken (Länge $\leq$10 mm) angeordnet. – Die Verleimung von Rahmenecken (Bild 10) oder anderen Trägerstössen (Bilder 12 und 13) erfordert ein hohes Mass an Erfahrung, Sorgfalt und Materialkenntnis. Nur Firmen mit bewährtem Personal und sachgemässer Einrichtung sollten sich an derart heikle Aufgaben wagen. Ob sich die von einer öster-

Bild 8. Festhalle EXPO 64 [15] [16]. Modell. Vorgespanntes zugbeanspruchtes Flächentragwerk mit Sperrholzbändern (vgl. auch Bild 9). Grundriss der Halle oval 87 × 120 m, über die kürzere Achse überspannt mit parabelförmigen Dreigelenkbogen aus zweiteiligem lamellenverleimten Holzbogen von 80 bis 120 cm Höhe. Horizontale Randträger ebenfalls parabelförmig, mehrfach unterstützt und nach aussen abgespannt (unten)

Bild 9. Festhalle EXPO 64 [15] [16]. Erstmalige Verwendung von Sperrholzbändern bei einem zugbeanspruchten Flächentragwerk. Bänder 100 cm breit, fünflagig, total 13 mm dick. Enden der Bänder mittels Epoxyharz auf Anschlussbleche geleimt und zusätzlich verschraubt (rechts)





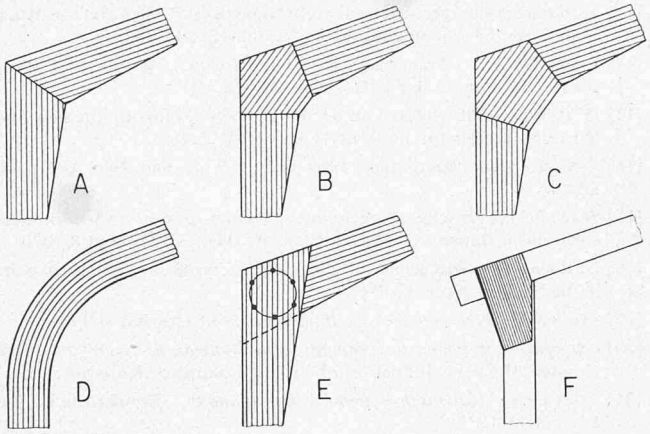


Bild 10. Rahmenecken [17] [18] [19]. A: Keilzinkung in Winkelhalbierender. B: Keilzinkung winkelrecht zu den Aussenkanten; festigkeitsmässig günstiger als A. C: Keilzinkung in Winkelhalbierenden zu den Lamellenrichtungen Eckstück/Riegel bzw. Eckstück/Stiel; günstiger als A und B. D: Gebogene Rahmenecke (vgl. auch Bild 11); bringt evtl. Schwierigkeiten bei Wand- und Dachanschlüssen. E: Eckverbindungen mit Dübeln, Nägeln, Schrauben usw.; Stiel zweiteilig, Riegel einteilig. F: Ecke eines sog. Starr-Rahmens mit aufgenagelten Sperrholzplatten [20]

reichischen Holzfirma neu entwickelte Stoss-Ausführung im «Reissverschluss-System» in der Praxis auf die Dauer bewährt, wird sich erst später zeigen.

Immer wieder tauchen Ideen auf, Holzträger durch eingeleimte *Armierungseisen* [27] oder durch aufgeleimte Lamellen aus Holzarten höherer Festigkeit zu verstärken. Die Verwirklichung solcher Gedanken blieb oft schon in der Versuchsphase stecken oder beschränkte sich auf wenige Anwendungen. Es gibt einige Sheddächer mit hölzernem Obergurt und parabelförmig ausgebildeten Stahluntergurten; bekannt sind die mit Stahlseilen oder -stangen unterspannten Träger. Armierte Querschnitte, ähnlich denjenigen beim Eisenbeton, sieht man in der Schweiz nur in Einzelexemplaren. Weder die neue österreichische Bauweise mit in eingefräste Nuten eingelegten Vorspannkabeln [28], noch die Anregung aus der DDR, das Holz durch Überlaschungen aus Polyester mit Glasfaserarmierung zu verstärken [29], stiessen bei uns auf überbordende Begeisterung; man wartet zuerst die Erfahrungen der Praxis ab.

Schliesslich sei noch kurz auf die Verbindungsmittel hingewiesen: Die *Nagelungen* erfolgen meist mit maschinellen Geräten. Leider wird dabei der Pressdruck nicht immer fachgerecht eingestellt, so dass die Nagelköpfe krummgedrückt oder zu wenig bzw. zu tief ins Holz eingeschlagen werden. Mit der Entwicklung von Nagelmaschinen parallel gehen Änderungen der Nagelkopf-Form. Oft sind die Nagelköpfe derart kleinflächig, dass sie bei der Belastung durchs Holz gezogen werden; der Ausziehwiderstand bzw. die Tragfähigkeit der Nägel wird dadurch vermindert. – Schraubnägel haben sich in der Schweiz immer noch nicht eingebürgert trotz günstigerer bautechnischer Eigenschaften. (Dafür werden von vielen «Fachleuten» die Holzschrauben mit dem Handhammer eingeschlagen; Versuche der EMPA zeigten, dass derart eingetriebene Schrauben nur rund ein Drittel der Tragfähigkeit von Schrauben, die sachgemäss in vorgebohrte Löcher eingedreht wurden, erreichen.)

Die *Verleimung* hochbelasteter und wetterbeanspruchter Holzkonstruktionen erfolgt seit Jahrzehnten mit Resorcin-Formaldehyd-Harz [30]. Die Isocyanatleime werden z. B. im Fensterbau mit Erfolg benützt, im Ingenieurholzbau fanden sie bisher nur wenig Verwendung.

Nach den guten Erfahrungen in Deutschland mit sogenannten *Stabdübeln*, d. h. mit zylindrischen Stahlbolzen ohne

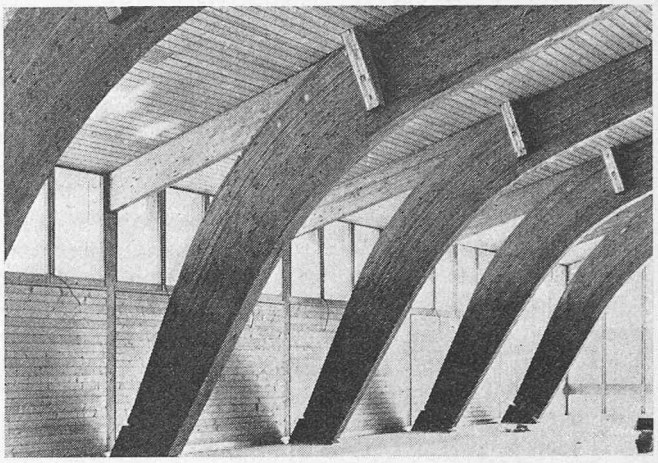


Bild 11. Hallenbad Gstaad (1973) [21]. Binderfüsse. Tragkonstruktion: Lamellenverleimte Dreigelenkbinder mit 21 m resp. 35 m Spannweite

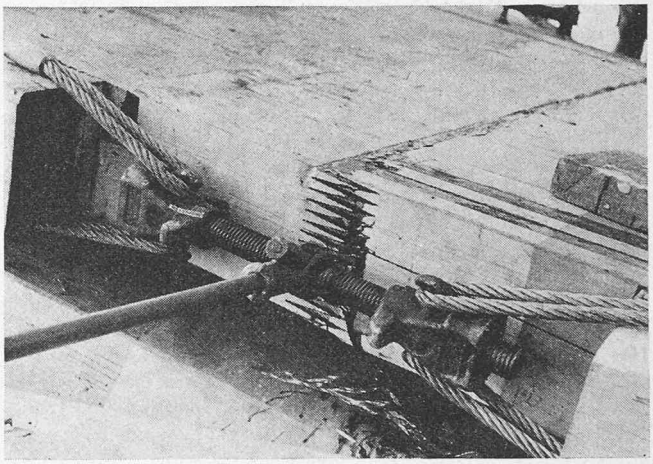
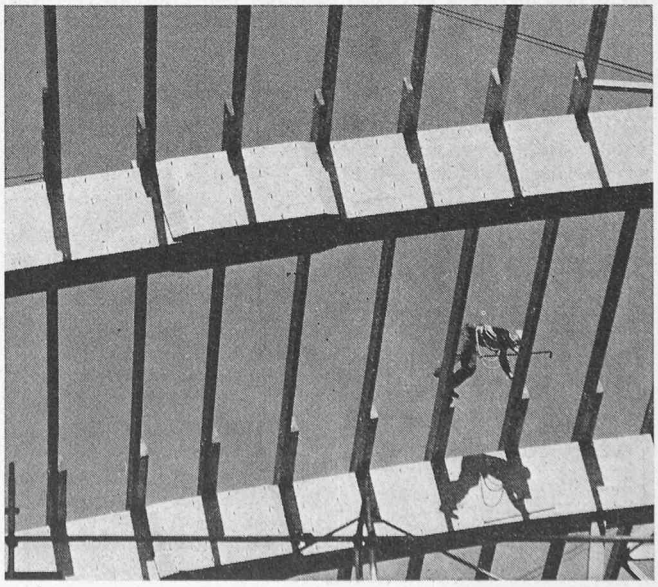


Bild 12. Hängeschale in Dortmund (1969) [9]. Teile der Randträger mittels Keilzinkungen über die gesamte Trägerbreite gestossen; Montageverleimung. Das Bild zeigt die Einrichtung zur Erzeugung des notwendigen Pressdruckes in Längsrichtung

Bild 13. Kunsteisbahn Bern (1970) [26]. Da die Binder wegen ihrer Form und Länge (bis ca. 92,5 m) nur in Teilstücken auf die Baustelle geliefert werden konnten, mussten sie gestossen werden. Die biegefesten Stösse bestehen aus je einem mittleren Füllholz, zwei abgesteppten Gurthölzern und zwei Aussenlaschen (Länge 2 m, Dicke 10 cm). Die Verleimung erfolgte mit Resorcinharz; der Pressdruck wurde durch Bauschrauben und zusätzliche Schraubzwingen erzeugt



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 Polyesteraufblattung 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

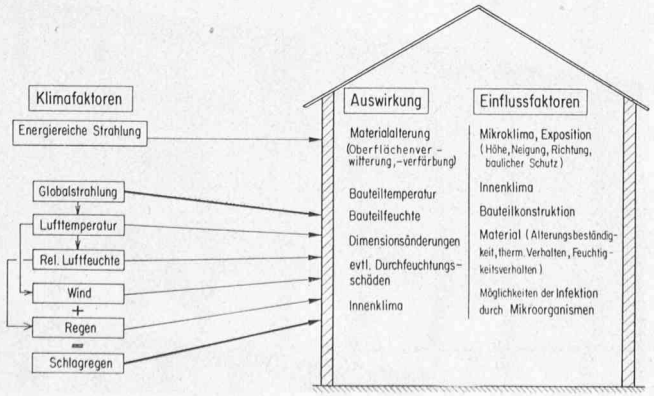
Holz im Aussenbau – Beanspruchungsverhältnisse, anwendungstechnische Konsequenzen

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 Repräsentativumfrage 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.

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



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