

# 70 Jahre geleimte Holz-Tragwerke in der Schweiz

Autor(en): **Kühne, Helmut**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **97 (1979)**

Heft 32-33

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-85510>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

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

## 70 Jahre geleimte Holz-Tragwerke in der Schweiz

Von H. Kühne, Zürich

Der Verfasser hatte während fast 40 Jahren Gelegenheit, an der EMPA die Entwicklung geleimter Holz-Tragwerke aus nächster Nähe, teilweise in enger Zusammenarbeit mit Ingenieuren und Holzbau-Unternehmungen zu verfolgen. Auch war es ihm vergönnt, mit dem ersten Pionier schweizerischen Holzleimbaues, Ingenieur Charles Chopard, während Jahren nachbarlichen Gedankenaustausch zu pflegen.

Es erschien ihm nützlich, einmal rückblickend die historische Entwicklung zu beleuchten und die technischen Probleme in Erinnerung zu rufen, welche zu lösen waren, um die zahlreichen, z. T. bahnbrechenden, geleimten Holz-Grossbauten zu verwirklichen. Viele der gemachten Erfahrungen sind im Generationenwechsel und in der veränderten Baupraxis verloren gegangen, was wohl einen solchen Rückblick ebenfalls rechtfertigt. Die beigegebene bildliche Schau soll Erinnerungen wecken, gibt aber keine Einzelheiten. Durch Hinweise auf das angehängte Literaturverzeichnis wird jedoch dem Leser die Möglichkeit gegeben, auf ausführlichere Veröffentlichungen zurückzugreifen.

Um 1908/09 hatte sich das Ingenieurbüro *Terner & Chopard* in Zürich nach eingehenden Vorstudien Nutzungsrechte am deutschen Patent DRP 197773 (1906) erworben, nach dem Namen seines Erfinders kurz «Hetzer-Patent» genannt. Es handelte sich dabei um die bautechnische Auswertung von Kaseinleimen («Kaltleimen») für aus Holzlamellen verleimte Tragkonstruktionen, hauptsächlich in Form von Bögen [1].

In der Folgezeit wurde durch Lizenzvergabe an Holzbaufirmen ein Konsortium, die «Schweizerische A.G. für Hetzersche Holzbauweise»/«Société suisse pour constructions en bois Système Hetzer S.A.», auch kurz «Hetzer A.G.», mit Sitz in Zürich gebildet. Gemäss Angabe von *Hübner* [7] waren vier Zimmerunternehmen daran beteiligt, während dem Verfasser von anderer Seite sechs Firmen genannt wurden. Dieser Schritt sollte sich bis heute immer wieder als fruchtbar erweisen.

Die Schweiz ist keineswegs das einzige



Montage einer Salzlagerhalle in Schweizerhalle, 1970. Stützweite 34 m. (Foto LIGNUM)

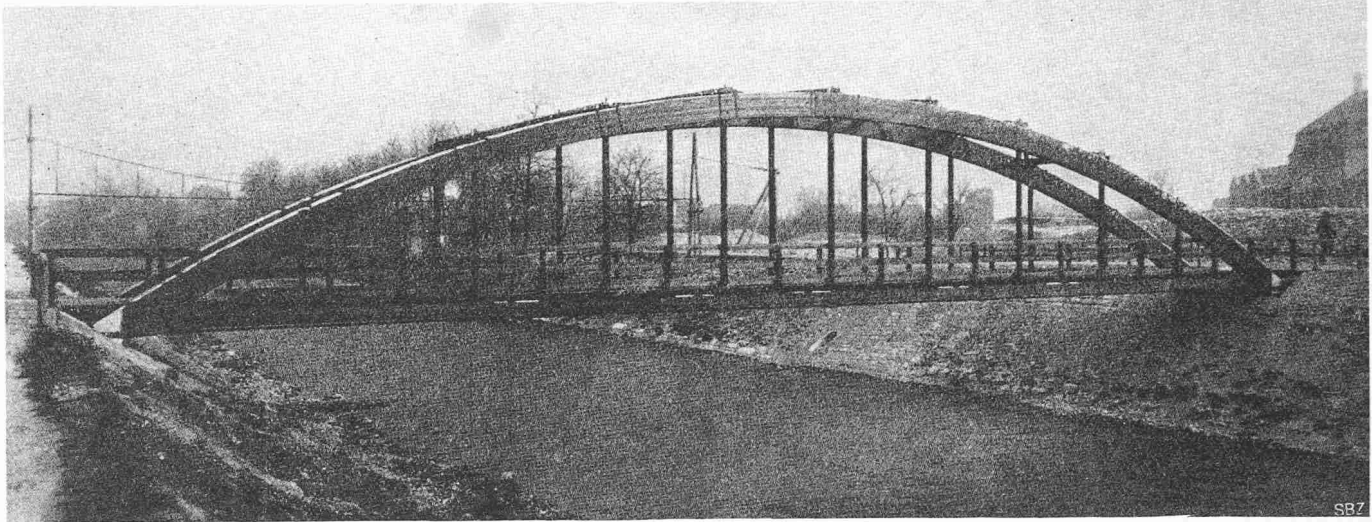


Bild 1. Fussgängersteg über die Wiese bei Basel, 1911. Stützweite 33 m [1]

Land, in welchem Tragwerke auf Grund des Hetzerpatentes realisiert wurden. Bei den schweizerischen Ingenieuren und Bauunternehmungen scheinen aber die Voraussetzungen besonders günstig gewesen zu sein. Hinzu kamen aber auch die Materialengpässe in der Schweiz während des Ersten Weltkrieges, die – wie übrigens auch in den Jahren 1940 bis 1945 wiederum – zum Ausweichen auf Holz herausforderten. Es entstanden innert kurzer Zeit zahlreiche, z. T. recht eigenständige Leimbauwerke.

Um zu verstehen, wieso der Kaseinleim den Weg zu solchen Holztragwerken öffnete, muss man sich vergegenwärtigen, dass vorher im Holzgewerbe sozusagen ausschliesslich Leime auf Gelatinebasis (Glutinleime) Anwendung fanden. Solche Leime zwangen zu einem Warmauftrag des Leimes auf vorgewärmtes Holz und waren daher für Arbeiten in grossem Massstab ungeeignet. Zudem waren solche Verbindungen

sehr wasserempfindlich und daher für Grossbauten und besonders für den Bauplatz nicht einsetzbar. Kaseinleime wiesen eine verbesserte Nassfestigkeit auf, wenn auch nicht in dem Ausmass, das man sich damals unter der Bezeichnung «wasserunlöslich» vorstellte. Anders ist es wohl kaum erklärlich, dass man es schon in den ersten Anfängen wagte, eine ungedeckte Brücke von 33 m Stützweite zu erstellen (Bild 1).

## Die Frühzeit, 1909 bis 1939

### Erste Bauten

Erste verleimte Holzbauten wurden in der Schweiz 1909 ausgeführt. Es ist interessant, festzustellen, dass man sich jener Risiken von Anfang an bewusst war, welche die noch in den Kinderschuhen steckende Grossleimtechnik in sich barg. Fast überall wurden Flacheisen-Umschnürungen angebracht, welche die verleimten Querschnitte bei

möglichem Versagen von Leimfugen vor einem Auseinanderfallen sichern sollten. Die Verleimung erfolgte zunächst durchwegs mit liegenden Lamellen von etwa 20 bis 45 mm Dicke, meist in natürlich getrockneter Fichte. Tanne, Föhre und Lärche wurden eher gemieden.

Man übte bewusst grosse Zurückhaltung hinsichtlich der Übertragung von Schub- und Querkraftbeanspruchungen. Die bedeutenderen früheren Konstruktionen waren daher fast ausnahmslos Dreigelenkbögen und -rahmen, welche in dieser Hinsicht keine ernsthaften Probleme boten. Die für den geleimten Holzbau ins Feld geführten Vorteile waren in erster Linie die Möglichkeiten freier, der Baustatik angepasster Querschnittgestaltung, des Einsatzes der Bogenform und des günstigen brandtechnischen Verhaltens grosser Querschnitte. Dieses letztere Argument scheint erst in neuester Zeit einen ausdrücklichen Niederschlag in den Feuerpolizeivorschriften gefunden zu haben, nachdem die Möglichkeiten des Holzbaues mit der Zeit immer stärkere Einschränkungen erfahren hatten.

Wo die Horizontalkräfte an den Auflagern der Bogenkonstruktionen nicht über die Fundamente aufgenommen werden konnten, bediente man sich zunächst ausschliesslich des Rundstahls für die Zugbänder. Er stellte auch keine schwierigen Probleme an den Kämpferanschlüssen. Bei Bögen und Rahmen mit First wurde der Scheitel in der Regel mittels Kehlzange und Scheitelpfosten ausgesteift, um die Biegespannungen zu vermindern.

### Anwendungsgebiete

Häufige Anwendungsgebiete waren Hallenbauten für Fabrikationsräume, Remisen und Lager, Turnhallen, Ausstellungs- und Festhallen. Auch Brücken und Lehrgerüste im Freien wurden erstellt. Ebenso liessen sich formal-architektonische Forderungen leicht er-



Bild 2. Lokomotivremise Aebigut der SBB in Bern, 1912. Vier Hallen mit 20–24 m Stützweite. Ingenieurbüro Terner & Chopard, Zürich, und Holzbauunternehmung Gribi & Cie. AG, Burgdorf. Dieser Bau ist heute noch in Betrieb [3]

füllen, wie etwa an den Perronüberdachungen, bei den Korbbögen und Kuppeln von Hallen der Landesausstellung 1914 und bei den Formspanten für die Kuppeln der Universität Zürich, 1913, sowie der SUVAL in Luzern, 1914. Die Stützweiten lagen meist um 15 bis 35 m. In einem Prospekt vom Juni 1917 stellte das Konsortium mit Stolz fest, dass in den Jahren von 1909 bis 1917 180 Holzleimbauten ausgeführt werden konnten, von denen 106 als besonders bemerkenswert genannt und teilweise in Bildern festgehalten wurden (Bilder 2-7), [3, 4].

### Versuche

1913 berichtete Chopard über Bruchversuche an Hetzerkonstruktionen [2]. Anfang der zwanziger Jahre wurden auf Veranlassung des Konsortiums an der EMPA Biegeversuche durchgeführt, über die *Hübner* 1924 Bericht erstattete [7]. Es zeigt sich aus diesen Versuchen eine gewisse Tendenz, auch grössere, auf Biegung und insbesondere auf Schub beanspruchte Tragelemente in Hetzerkonstruktionen einzusetzen. Die Schubversuche mit Probekörpern praxisnaher Grösse ergaben teilweise erstaunlich niedrige Festigkeitswerte (bis unter 20 kg/cm<sup>2</sup>). Diese Erkenntnis scheint aber praktisch nicht beachtet worden zu sein. Auch *Hübner* gab dazu keinen besonderen Kommentar. An den frühen, z. T. heute noch stehenden Hetzerbauten wurden gelegentlich auf Veranlassung von Bauherrschaften oder Ingenieuren Nachprüfungen durch die EMPA vorgenommen, welche die noch vorhandene Tragfähigkeit und häufig aufgegangene Leimfugen zum Gegenstand hatten. Dabei musste festgestellt werden, dass die Leimtechnik in der Tat noch recht primitiv war. Als Ursache offener Leimfugen und anderer Schäden wurden u. a. ermittelt:

- unregelmässig wechselnde Holzdicke der Lamellen
- unausgehobelte, sägeraue Brettzonen
- Verunreinigung zu belemender Brettflächen durch Sägespäne
- grobe Risse parallel zu Leimfugen bei markhaltigen Brettern
- uneinheitliche Schnittart in Verbindung mit unregelmässigem Wassergehalt
- Verwendung stark hygroskopischer Flammenschutzmittel, welche zu einem Aufweichen und Aufgehen der Kaseinleimfugenränder führte
- ganz vereinzelter Befall durch den Hausbock in unmittelbarer Umgebung von Kaseinleimfugen; soweit durch die EMPA untersucht, wurde jedoch diese Erscheinung nur in Bauteilen festgestellt, welche infolge Dachundichtigkeiten durchfeuchtet waren.

Dank der auf offene Fugenzonen wenig empfindlichen Dreigelenksysteme sind

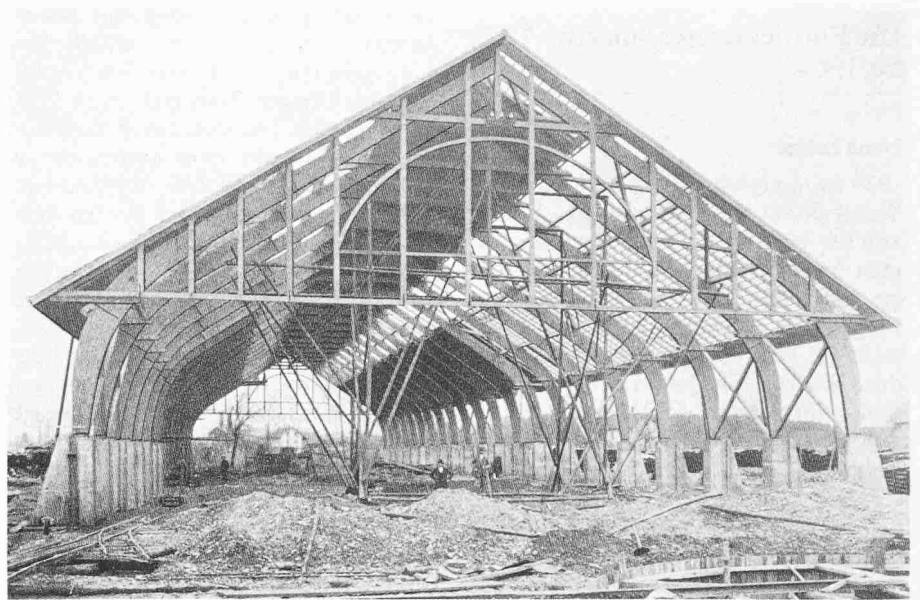


Bild 3. Werkhalle der Zellulosefabrik Attisholz, 1916. Stützweite 25 m [4]

aber manche dieser frühen Leimbauten mit nicht unbeträchtlichen offenen Fugen auch heute noch funktionstüchtig. Dabei darf angenommen werden, dass ein wesentlicher Teil dieser Fugen schon in den ersten Jahren nach Erstellung vorhanden oder entstanden war.

### Weiterentwicklung

*Ritter* nennt 1921 [5] ein Leimbau-System «Thurnheer», das sich durch Ver-

wickelt (siehe Abschnitt «Die Entwicklung von 1939 bis 1965»).

In den zwanziger und dreissiger Jahren hat sich die Aktivität der Holzleimbauer gegenüber der stürmischen Anfangszeit eher etwas beruhigt. Massgebende Neuerungen scheinen damals nicht entstanden zu sein, wenn man von gelegentlicher Verwendung hölzerner Zugbänder absieht. Namhafte Bauten sind

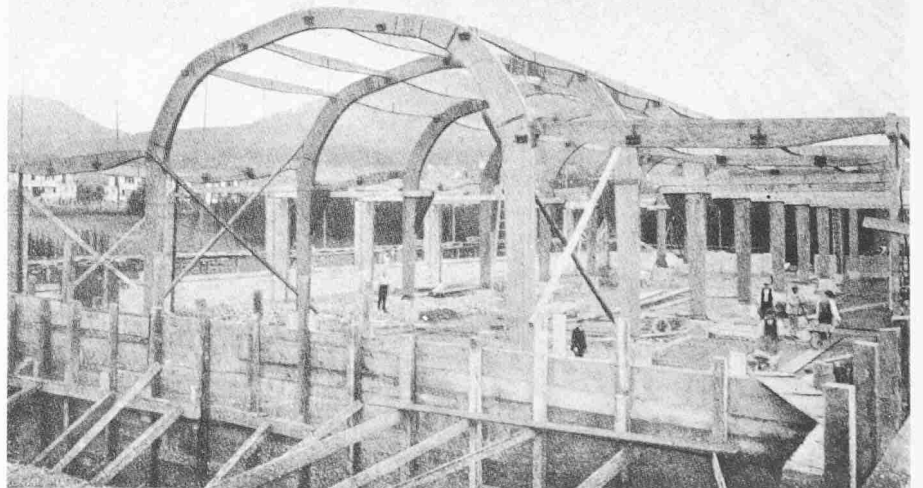


Bild 4. Montagehalle der Maschinenfabrik AG Olma in Olten, 1918. Mittelschiff 18 m, Seitenschiffe je 6,5 m Stützweite. Ingenieurbüro Terner & Chopard, Zürich, und Holzbauunternehmung Nielsen-Bohny & Co. AG, Basel [12]

tikalanordnung der Holzlamellenquerschnitte auszeichnet. Er bildet auch einen so erstellten Bau ohne Nennung der Baustelle sowie das Konstruktionschema einer Rahmenecke ab. Das Schema mutet wegen der dargestellten Lamellenstückelung mit viel Anpassungsarbeit und Verschnitt recht unrealistisch an. Grössere Verbreitung scheint das System nicht gefunden zu haben. Erst viel später wurde diese Idee von *Kämpf* wieder aufgegriffen und zu einem praktikablen System weiterent-

wickelt worden. Beispiele finden sich in EMPA-Berichten über den schweizerischen Holzbau von 1925 und 1936 [9 und 12]. Einen gewissermassen abschliessenden Querschnitt über den Holzbau dieser Periode, so auch über die verleimte Holzkonstruktion, bot der Pavillon «Unser Holz» an der Landesausstellung 1939 in Zürich. Photographische Aufnahmen der Ausstellungstafeln befinden sich in der Photosammlung der Holzabteilung an der EMPA (Bilder 8, 9, 16-19), [8].

## Die Entwicklungen von etwa 1939 bis 1964

### Neue Leime

1939 ist in verschiedener Beziehung ein Wendepunkt im Holzleimbau. In der zweiten Hälfte der dreissiger Jahre kamen in Deutschland die Kunstharzleime auf, zunächst hauptsächlich im Flugzeugbau. Etwa 1938/39 begann auch die schweizerische chemische Industrie Holzleime auf Harnstoff- und Melaminbasis auf den Markt zu bringen, die bald auch im Holzleimbau Anwendung fanden. Der Zeitpunkt war insofern günstig, als der Holzbau unter den immer knapper werdenden Reserven an Stahl und Kohle (Zementherstellung) einen raschen Aufschwung nahm. Diese Entwicklung dauerte den Krieg hindurch und noch etwa zehn Jahre darüber hinaus an.

Technisch gesehen haben die Kunstharzleime hauptsächlich deshalb Eingang gefunden, weil man sich von ihnen eine bessere Resistenz gegen Wasser versprach und weil durch Variation der Härterzugabe eine wesentlich gezieltere Steuerung der Härtingszeit unter Berücksichtigung der Raum- bzw. Materialtemperatur möglich wurde [22, 23].

Die hier zunächst zur Diskussion stehenden Kunstharz-Leimarten gehörten zu den sogenannten «säurehärtenden Kunstharzen», einer Gruppe der vernetzenden Duroplaste. Von den drei Typen, Harnstoff-Formaldehyd-, Melamin-Formaldehyd- und Phenol-Formaldehyd-Harzen, fand zunächst praktisch nur die erste Eingang in den Leimbau, wobei neben technischen Gesichtspunkten hauptsächlich der Preis massgebend war. Die nachfolgenden Betrachtungen beziehen sich daher vorläufig ausschliesslich auf die Harnstoff-

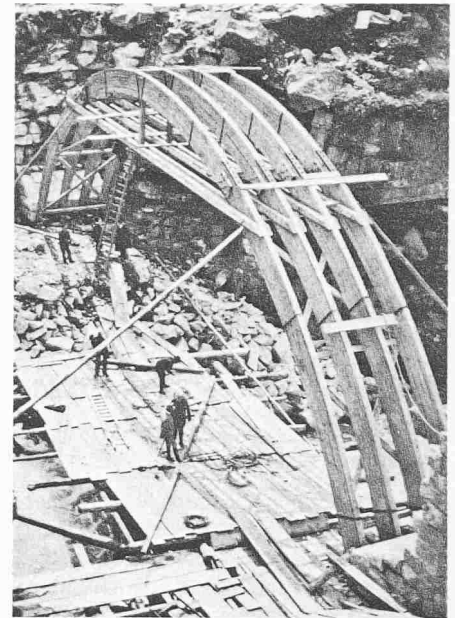


Bild 6. Lehrgerüst für eine Mauerwerksbrücke über die Schöllenen bei Göschenen, 1915. Stützweite 27 m [4]

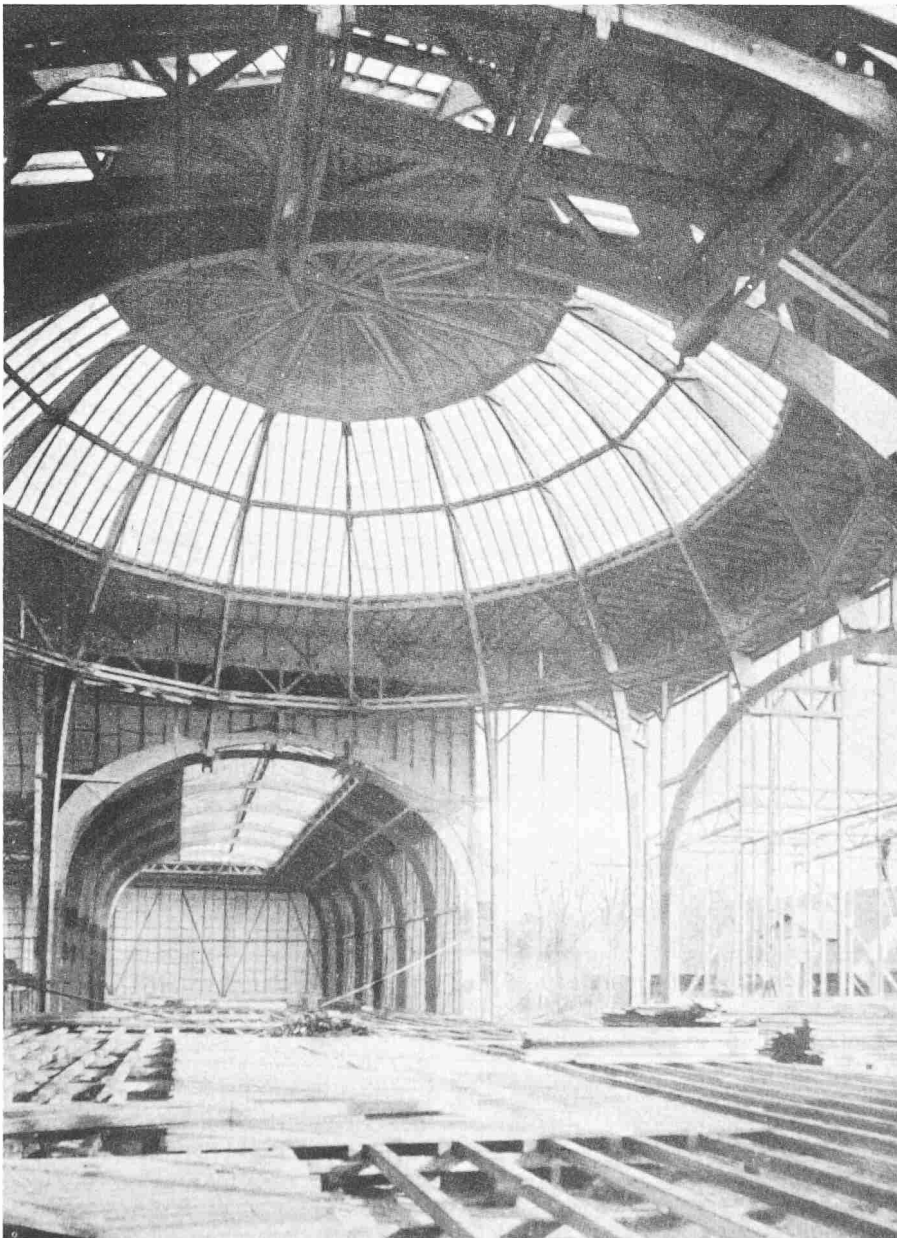


Bild 5. Pavillon «Ernährung», Schweizerische Landesausstellung, Bern 1914. Kuppeldurchmesser 33 m, Stützweite der Hallen-Korbbögen 22 m [4]

leim-Verleimung und mit ihr hergestellte Konstruktionselemente. Es sei hier erwähnt, dass der damalige bekannte amerikanische Spezialist für Ingenieurholzbau am Forest Products Laboratory in Madison, Wisc., L.J. Markwardt, 1947 nach Besichtigung von harnstoffverleimten Bauten in der Schweiz schwere Bedenken gegen die Verwendung dieser Leimart für Tragwerke äusserte. Eine Abklärung ergab dann aber, dass damals offenbar in den USA nur Harnstoffleime für die Sperrholzfabrikation im Handel waren, deren Viskosität sie von einer Verwendung im Holzleimbau praktisch ausschloss.

Trotzdem die Grundlage des Hetzerpatentes Kaseinleime waren, hat sich der Ausdruck «Hetzerbauweise» auch auf die kunstharzverleimten Konstruktionen übertragen. Erst in neuerer Zeit scheint sich der in Deutschland geprägte Ausdruck «Schichtholz-Bau» auch in der Schweiz einzubürgern, obschon diese Formulierung keineswegs glücklich ist. Als Oberbegriff schien dem Verfasser das Wort «Holzleimbau» besser.

Die Verarbeitung der Kunstharzleime stellte in der Praxis einige Probleme, die öfters und noch lange zu gelegentlichen Fehlschlägen Anlass gaben. Diese Leime mussten in der Zimmereiunternehmung in genau definierten Mischungsverhältnissen angesetzt werden. Beim Kaseinleim gab man einfach Wasser zu, bis der Leim «richtig» vom Spachtel floss. Hier musste man nun vier Bestandteile in richtiger Reihenfolge und Menge mischen und dazu noch nach der Raumtemperatur angepasster Rezeptur. Auch musste die Leimauftragstechnik der grösseren Zähigkeit des Kunstharzleimes angepasst werden. Wie oft kam es vor, dass man den Leim nachträglich mit Wasser verdünnen wollte und dabei das Harz ausflockte.

Es hat sehr lange gebraucht, bis diese Notwendigkeiten in der Praxis ohne Murren akzeptiert wurden. Noch nach 1970 hat der Verfasser bei einer Betriebskontrolle erlebt, dass Kunstharzleim für eine bedeutende Tragkonstruktion in einem rostigen Blechkübel durch gefühlsmässiges Abfüllen aus Säcken und Giesskanne gemischt wurde.

Im weiteren musste die Forderung nach dünnen Leimfugen ( $d \leq 0,15-0,2$  mm) gestellt werden, da sonst ein erheblicher Festigkeitsabfall zu erwarten war. Dies bedingte hohe Anforderungen an Schnittart, Wassergehalt und Hobelgenauigkeit des Holzes, die heute möglich sind, damals aber vielfach wegen fehlender Einrichtungen nur sehr begrenzt erfüllbar waren. Durch besonders entwickelte Füllstoffe konnten die Hersteller ihrerseits die strengen Forderungen an die Leimschichtdicke etwas lockern. Anfänglich eingesetzte anorganische Füller (u. a. Gips) wurden aus technischen Gründen wieder verlassen. Dagegen kamen dann Cerealmehle in Gebrauch, insbesondere speziell zusammengesetzte Wickenmehle, die günstige Einflüsse auf den Abbindevorgang und die Eigenschaften der Leimverbindung ausübten. Der Füllerszusatz lag in der Regel zwischen etwa 40 und 100% des Leimpulvergewichtes. Mit der Zeit ging

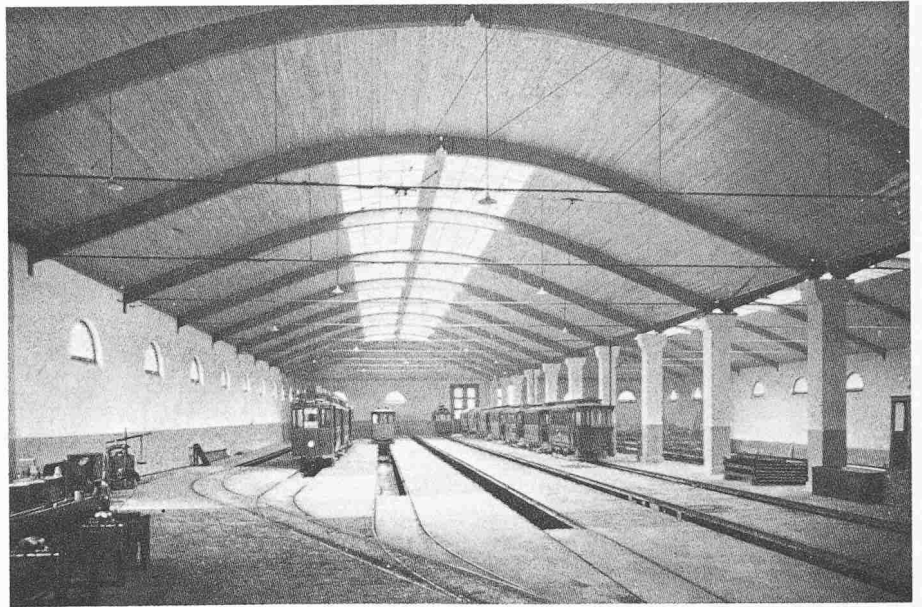


Bild 7. Tramdepot der Stadt Basel, 1915. Stützweite 22 m [4].

man dann eher an die untere Grenze zurück.

In den vierziger Jahren wurden eingehende Untersuchungen über Holzverbindungen mit Kunstharzleimen an der EMPA durchgeführt [u. a. 20, 22, 25, 26]. Die gemachten materialtechnischen Bemerkungen sollen nur einige Probleme andeuten. Für eine eingehendere Orientierung sei auf die eben erwähnte

Literatur hingewiesen, die auch Untersuchungen an ganzen Bauelementen und Konstruktionen einschliesst.

#### Konstruktionen mit hohen Schubspannungen

Strengere Anforderungen an Material und Verarbeitung wurden aber keineswegs nur durch die neuen Leime not-

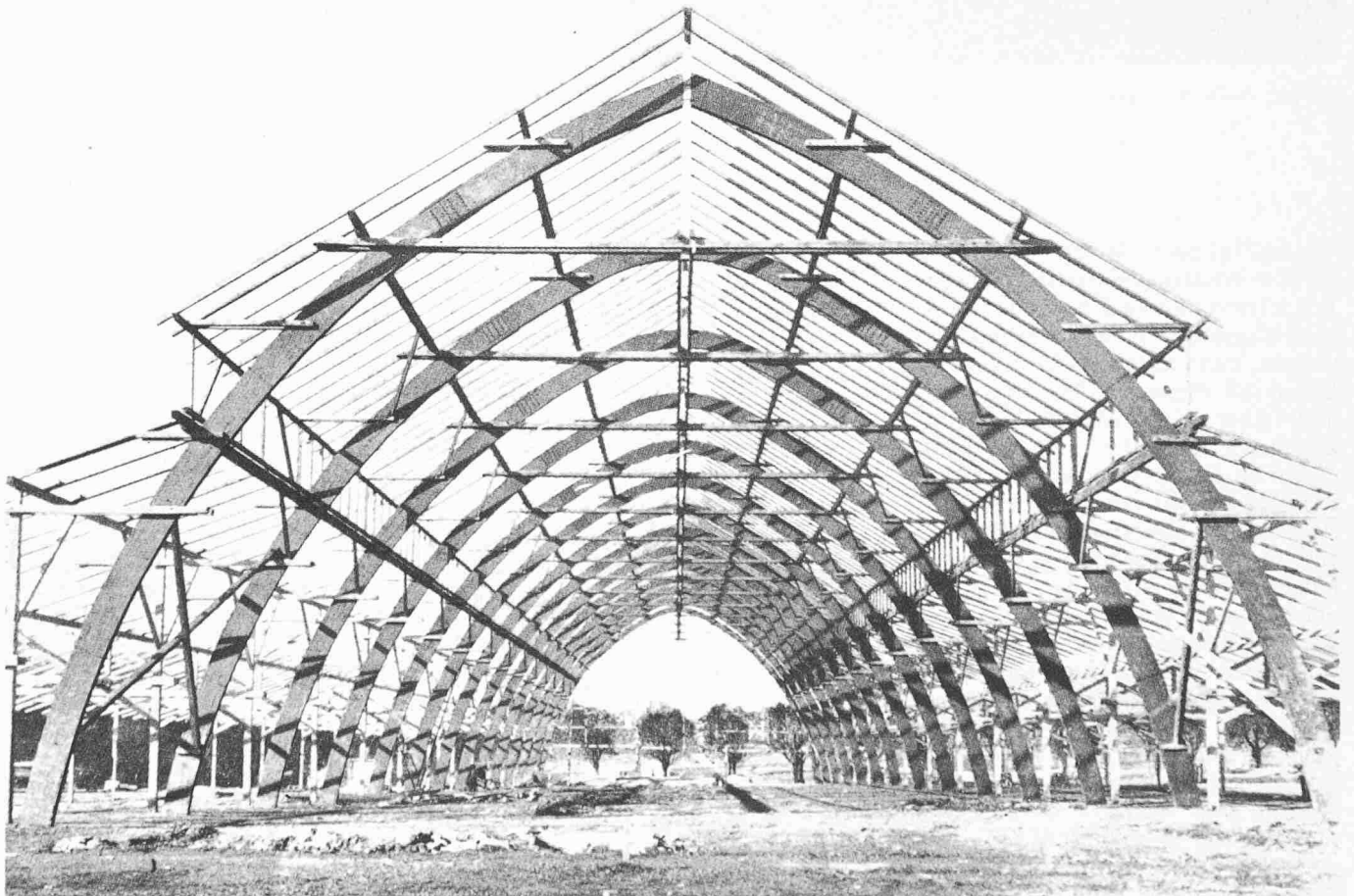


Bild 8. Halle des Eidg. Schützenfestes Aarau, 1924. Stützweite 30 m [9]. Ingenieurbüro Terner & Chopard, Zürich, und Holzbauunternehmung B. Zöllig, Arbon. Die vorliegende Halle wurde 1933 in Bern erneut aufgerichtet. Eine ganz gleichartige Halle war bereits 1911 für das Sängersfest in Küssnacht errichtet worden

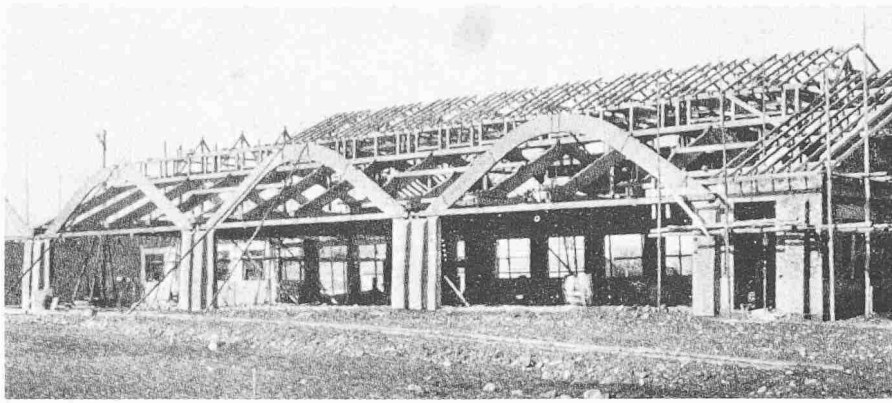


Bild 9. Flugzeughangar Dübendorf, 1918. Torbinder 15 m, Querbinder 20 m Stützweite [12]. Ingenieurbüro Terner & Chopard, sowie Holzbauunternehmungen B. Zöllig, Arbon, und Fietz & Leuthold AG, Zürich

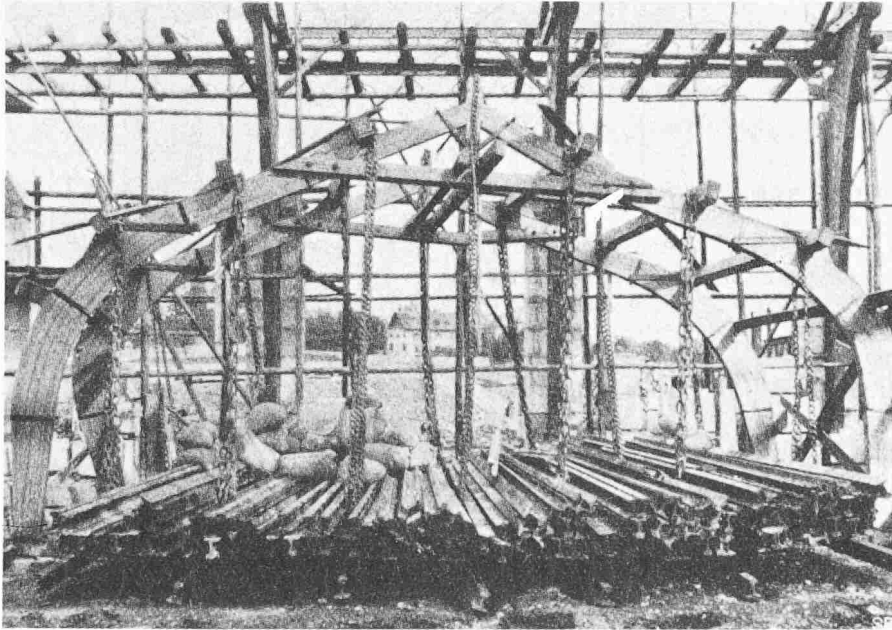


Bild 10. Durch Ch. Chopard vorgenommene Bruchversuche an Dreigelenkrahmen [2]

Formulierungen, wie etwa «unschädlich», «tunlichst astfrei» usw.

Es ist eines der Verdienste von Dr. E. Staudacher, diese Probleme erkannt, eingehende Studien und Vorschläge für Holzausleseregeln verwirklicht zu haben [14, 15, 18]. Die Norm SIA 163 (1953) ist weitgehend sein Werk. Für die SBB hat er damals eine besondere Materialspezifikation für den Holzleimbau ausgearbeitet. Die kritische Auseinandersetzung mit diesen Unterlagen bildet auch den Ausgangspunkt der Ausleseregeln, die in den zurzeit in Revision befindlichen Normen SIA 122/163/164 zur Anwendung gelangen sollen.

**Ausführungsbeispiele**

Kehren wir nach diesem materialtechnischen Exkurs zu den ausgeführten Bauten nach 1939 zurück. Ein bedeutendes Beispiel ist die von E. B. Geering projektierte Dachkonstruktion der Mustermesse-Halle VIII in Basel (Bild 20) mit 45,5 m Stützweite, ausgeführt in den Jahren 1941/42 [19, 22]. Abgesehen von der bedeutenden Stützweite, waren bei dieser Dreigelenk-Bogenkonstruktion Holz-Zugbänder vorgesehen, deren End-Widerlager mit je nahezu 1 m<sup>2</sup> Scherfläche die hohen Horizontalkomponenten am Bogenaufleger aufnehmen sollten. Die ungewöhnlich grossen Scherflächen machten Vorversuche an der EMPA notwendig. Sie wurden von E. Staudacher geleitet, der damals mit einer kleinen Arbeitsgruppe wissenschaftliche Untersuchungen an der EMPA ausführte. In zwei Grossversuchen ergaben sich Längsscher-Festig-

wendig. Im neuen Holzbau-Boom des Zweiten Weltkrieges wurden nun neben Bogenkonstruktionen mehr und mehr auch Biegeträger mit hohen Schubspannungen, dann auch biegebeanspruchte Bögen mit kleinem Krümmungsradius und ferner hoch beanspruchte Holz-Zugglieder ausgeführt. An die Leimfugen, einschliesslich der Lamellen-Längsstösse, wie auch an das Holz (Rissfreiheit, Holzauslese in Hinblick auf Zugbeanspruchungen), waren erhöhte Anforderungen zu stellen. Es musste auch berücksichtigt werden, dass die handwerkliche Disziplin in Fragen der Holzauslese unter Industrialisierungsbestrebungen und anderen Einflüssen erheblich nachliess. Als Reaktion ergab sich bei den verantwortlichen Ingenieuren die Tendenz, in Normen und Verträgen die Anforderungen an das Holz eingehender zu umschreiben. Dies war in der freiheitlich gesinnten Schweiz, im Gegensatz zu anderen Ländern, bisher nur in sehr allgemein gefasster Form üblich gewesen, in

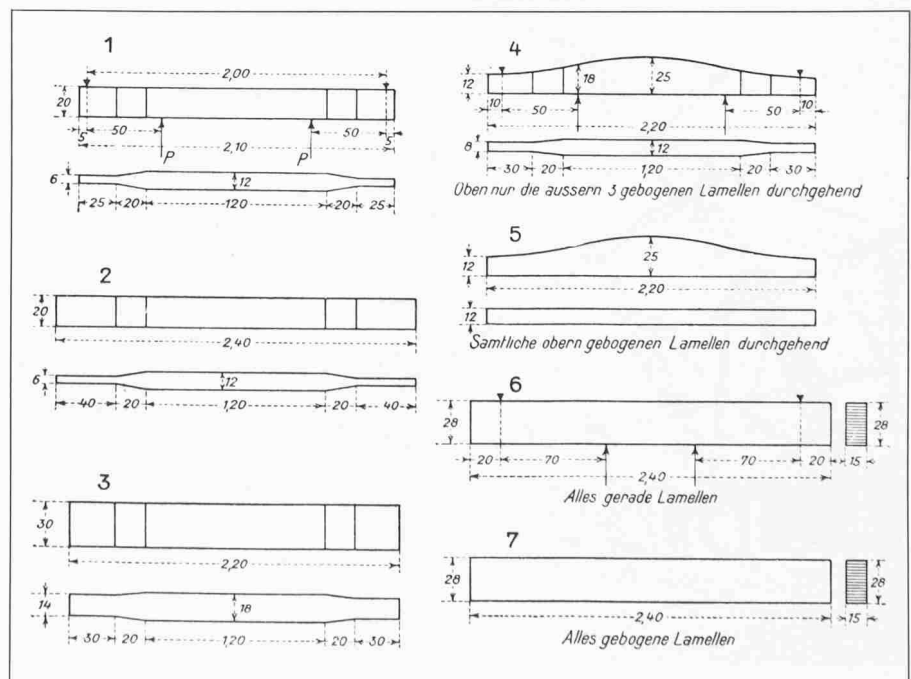


Bild 11. Durch F. Hübner an der EMPA Zürich untersuchte Typen verleimter Biegebalken, 1919 [7]

keiten von nur 21 bzw. 18 kg/cm<sup>2</sup> (Bild 13) [22] bei dominierendem Holzbruch an Jahrringgrenzen. Dieses Ergebnis lag weit unter den mit kleineren Normkörpern erzielten rund 50 kg/cm<sup>2</sup>. Die bereits in Ausführung befindliche Konstruktion wurde daher mit zusätzlichen Rundstahl-Zuggliedern gesichert. (Vergleiche hierzu die weiter oben erwähnte Veröffentlichung von Hübner, [7].)

Ein anderes Problem ergab die Verleimung der rund 45 m langen Holz-Zugbänder, da eine geschlossene Halle solcher Abmessungen nicht zur Verfügung stand. Bei den im Freien herrschenden Verhältnissen unter dem Gefrierpunkt musste die Leimabbindung mit unterstellten Heizvorrichtungen und Blachenabdeckung gefördert werden. Es grenzt an ein Wunder, dass dieses improvisierte Vorgehen gelang. Abgesehen vom Aufgehen einzelner Fugenränder der Bögen an Stellen temporärer Dachdichtigkeiten oder Kondenswasserbildungen hat sich die Konstruktion bis heute gut gehalten. Sie ist lange Zeit die weitest gespannte Holz-Leimkonstruktion in der Schweiz geblieben. Mit den Laternenbindern der Halle VIIIa der Mustermesse Basel hat E. B. Geering ein anderes Holzleimbau-Tragsystem konzipiert und erprobt. Es handelt sich um einen kontinuierlichen Stabbogen mit zusätzlicher Aussteifung durch einen unten angeordneten Vollwand-Biegeträger und einem oben durchlaufenden Fachwerkträger. Die Verformungscharakteristik dieses kombinierten Tragwerkes wurde seinerzeit von der EMPA überprüft [19, 22].

Ein weiteres bemerkenswertes Bauwerk ist die von F. Stüssi berechnete Tragkonstruktion der Festhalle auf der Allmend Bern aus dem Jahre 1946, Dreigelenkbögen mit Stahlzugband. Um eine gute Lastübertragung von den Bogenfüßen auf die metallenen Zugbandschuhe zu gewährleisten, wurden PVC-Platten eingelegt. Infolge unerwartet starken Querfließens dieser Platten traten Querzugspannungen im Holz auf, die stellenweise zu Rissen führten, allerdings ohne massgebliche Beeinträchtigung der Tragfunktionen.

Die Mangelsituation im Zweiten Weltkrieg führte dazu, dass verleimte Holzkonstruktionen für alle erdenklichen Zwecke und in vielerlei Konstruktionsarten eingesetzt wurden [u. a. 21, 26, 28-31]. Sogar schwere Stützen, die bisher Mauerwerk, Stahlbeton oder Stahl vorbehalten gewesen waren, wurden aus Holzlamellen verleimt. Besondere Probleme, wie etwa die Brettstossausbildung in zugbeanspruchten Elementen, wurden an mehreren Stellen Untersuchungen unterzogen. Sie führten allmählich weg vom stumpfen Stoss und der einfachen Schäftung zu den heute weitgehend gebräuchlichen Fingerzinken-Stössen. Letztere ergaben bei fachgerechter Ausführung Zugfestigkeiten,

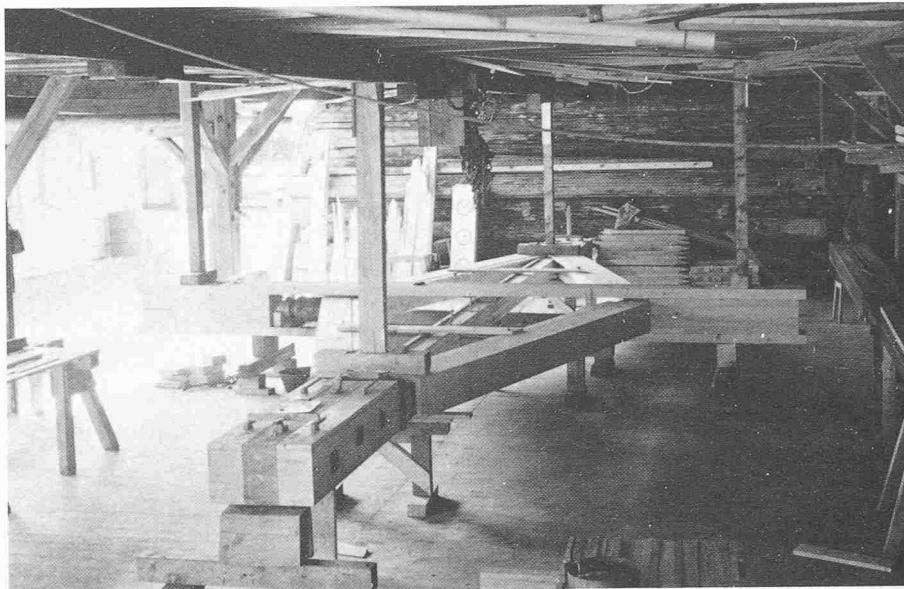


Bild 12. Versuche über die Festigkeit verschiedenartiger Lamellenstösse in geleimten Holzzugbändern, durchgeführt bei Geiger & Co. in Bern, 1947, in Zusammenarbeit mit der EMPA. (Foto EMPA-Holz)

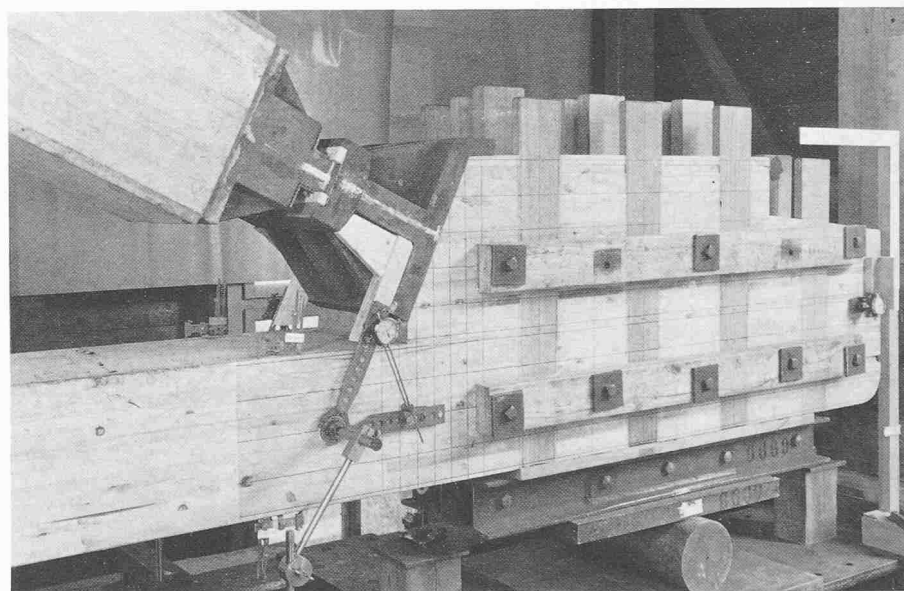


Bild 13. Versuche an der EMPA über die Festigkeit sehr grosser Scherflächen, in Zusammenhang mit dem Bau der Mustermessehalle VIII in Basel, 1941. (Foto EMPA-Holz) [22]

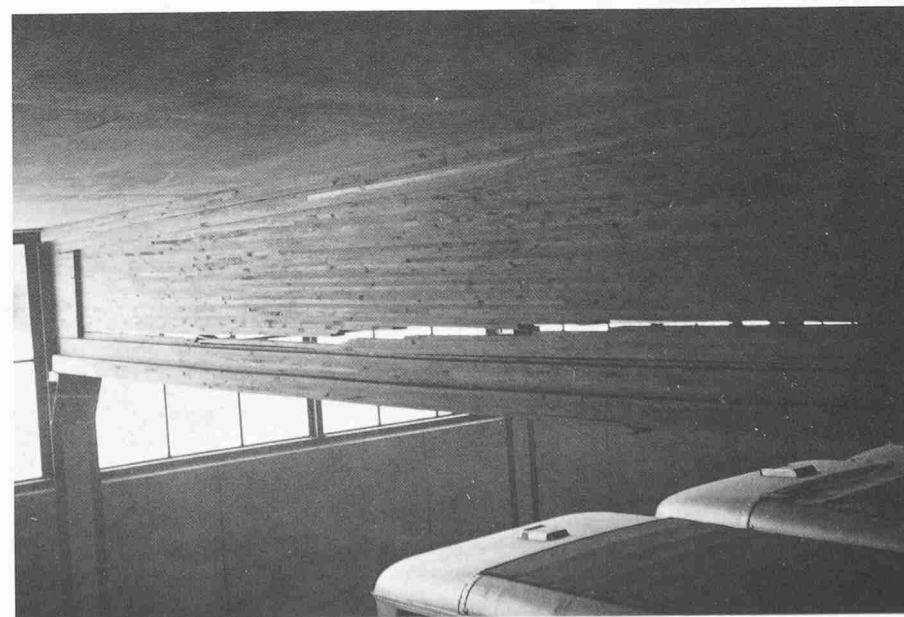


Bild 14. Schubbruch-Schäden an ausgeführten Biegebalken, um 1944. (Foto Hertner)



die etwa astigem Holz der Güteklasse II nach SIA 163 (1953) entsprechen. Die Fingerzinkung erleichterte dabei nicht nur die konsequente Einhaltung von Holzausele-Erfordernissen (Heraus-schneiden unzulässiger Holzfehler und Störungen). Sie erlaubte auch ein Aus-hobeln am kontinuierlichen, «endlo-sen» Brett, was wesentlich zur Ein-haltung enger Toleranzen der Brett-dicken beitrug. Dieser kontinuierliche Hobel-vorgang wurde u. W. in der Schweiz zu-nächst im Flugzeugbau, später aber auch mit Erfolg im Bauwesen einge-setzt.

**Besondere Entwicklungen**

Als interessante Neuerungen der vier-ziger und fünfziger Jahre sind im übrigen folgende Entwicklungen besonders er-wähnenswert: Einführung von verleim-ten Querschnitten mit stehenden statt liegenden Lamellen. Es ist das Ver-dienst des ideenreichen, leider früh ver-

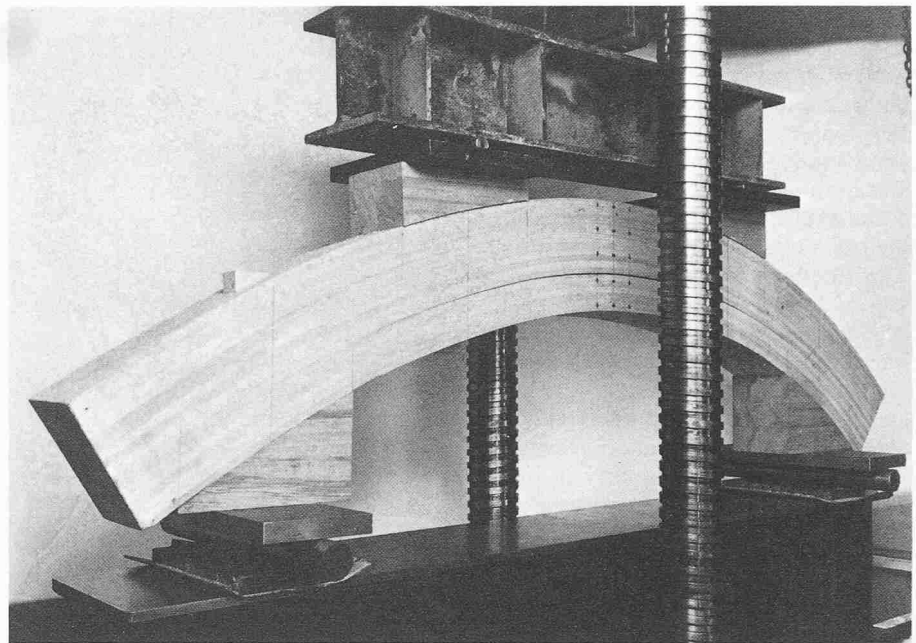


Bild 15. Versuche über die Auswirkung der bei Biegung in verleimten Bögen auftretenden Quersugspannungen, EMPA 1947. (Foto EMPA-Holz)

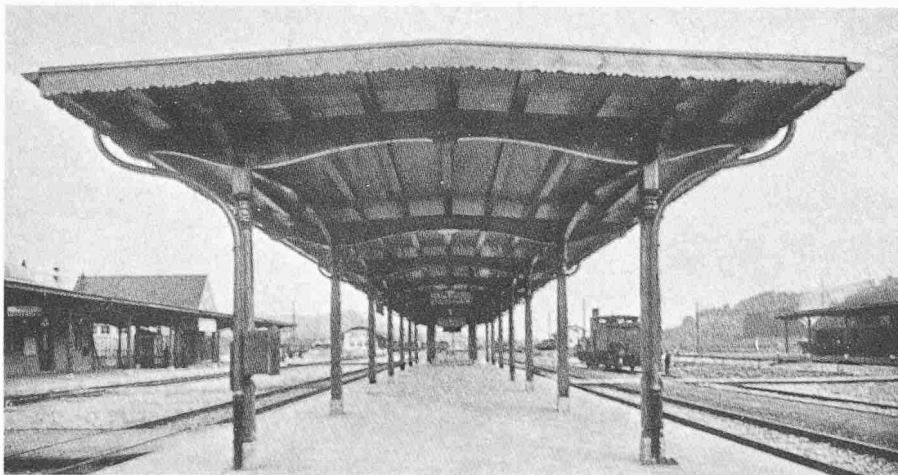


Bild 16. Mehrstieliges Perrondach im Bahnhof Gossau SBB, 1915. Ingenieurbüro Terner & Chopard, Zürich, und Holzbauunternehmung B. Zöllig, Arbon [12]

storbenen Zimmermeisters G. Kämpf, Rapperswil, diese Anordnung wieder aufgegriffen und in origineller Weise zu einer technisch durchdachten, vielseitigen Anwendung gebracht zu haben (Bild 38e-g). Er richtete sich für die industrielle Verleimung von Platten aus dünnen, hochkant gestellten Brettern ein, die je nach Verwendungszweck mit wechselnder oder einheitlicher Faser-richtung der Brettlagen hergestellt wurden. Solche Platten fanden und finden u. a. auch heute noch Verwendung als Stegplatten von Biegeträgern, die durch seitlich paarweises Anleimen von Holz-gurten Doppel-T-förmige Querschnitte erhielten. Als erfolgreiche Idee Kämpfs erwies sich besonders auch die Verlei-mung solcher Platten mit einer Faser-

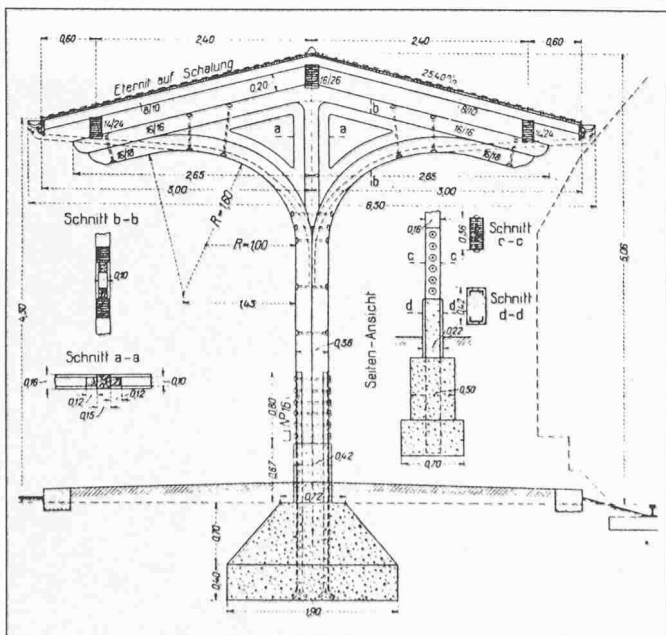


Bild 17. Einstieliges Perrondach Bahnhof Interlaken West, 1921 [8]. Die einzel-nen verleimten Teile sind noch mit Schrauben zusammengehalten. (Bild 18: spä-tere Lösung)

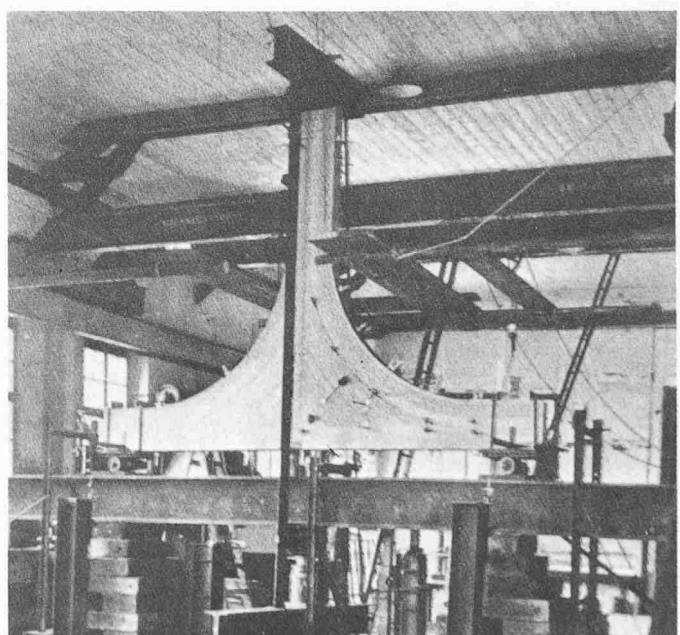


Bild 18. Versuche an einstielligen Perronbindern 1944. Kreisdirektion II der SBB in Zusammenwirken mit der EMPA. Der untersuchte Typ wurde in mehre-ren SBB-Bahnhöfen ausgeführt, so u. a. in Däniken [22]

verschränkung von etwa  $15^\circ$ , wodurch ohne wesentliche Verluste an Druck- und Zugfestigkeit die Schubfestigkeit namhaft erhöht und auch die Sicherheit gegen Risse und offene Leimfugen verbessert werden konnte (Bild 23). Er erkannte auch die Bedeutung einwandfreier Verleimung der schmalen, seitlichen Brettstöße, die er durch zusätzliche Pressvorrichtungen in der Fabrikation verbesserte. Von Lage zu Lage unter  $90^\circ$  verleimte Platten («Brettsperrholz») wurden auch als tragende Bodenplatten eingesetzt, wie es schon Ing. W. Pfeiffer, Winterthur, im Jahre 1942 versucht hatte [22].

Auch auf dem Gebiet verleimter Fachwerke hat G. Kämpf Konstruktionen entwickelt, wie etwa bei den Trägern der Materialtransport-Einrichtung am Kraftwerk Zervreila, sowie für das «Trigonit»-System, das ähnliche Einsatzmöglichkeiten wie das deutsche System des «Dreieckstrebenbaues» bot.

Im Jahre 1944 gelangten erstmals Decken-Tragroste aus sich kreuzweise durchdringenden, verleimten Holzelementen zur Untersuchung. Wegen ungünstiger Querzugspannungen an den Durchkreuzungsstellen wurde die vorliegende Lösung nicht weiter verfolgt. E. Staudacher gelang es dann aber um 1946, ebene und tonnenförmig gewölbte Rostkonstruktionen zu entwickeln, die von den Zimmereifirmen Gribi & Co. in Burgdorf sowie Osterwald & Bischof in St. Gallen hergestellt werden konnten. Die Kreuzungspunkte waren bei diesem System starr verleimt, mit wechselweise in beiden Richtungen durchlaufenden Lamellen. Es liessen sich so verhältnismässig leichte, sehr steife und feste Elemente in grossen Montageeinheiten bis zur Grössenordnung von 30 m Länge herstellen. Durch aufgeleimte Diagonalschalungen liess sich noch eine zusätzliche Aussteifung herbeiführen. Diese Schalungen konnten gleichzeitig als Wandabschluss oder Dachhautträger dienen. Solche Elemente wurden insbesondere im Industriebau als selbsttragende und windsteife Aussenwände und Shedkonstruktionen eingesetzt (Bild 21), [24, 25, 48]. Auch an der EXPO 1964 waren in Lausanne zylindrische Türme auf diese Weise erstellt worden [28, 29]. Besondere Probleme bot die Herstellung gewölbter Roste. Um den für die Verleimung erforderlichen, gleichmässigen Pressdruck zu erzielen, wurden hydraulische Pressschläuche zwischen Form und Element eingelegt.

Fachwerke in Holz zeichnen sich meist wegen der in mehreren Ebenen liegenden Konstruktionsglieder durch erhebliche Nebenspannungen und einen grossen Platzbedarf aus. Auch hier hat E. Staudacher durch die Einführung von Holz-Metallverleimungen eine interessante Idee verwirklicht. Durch Einleimen von Metallaschen an den

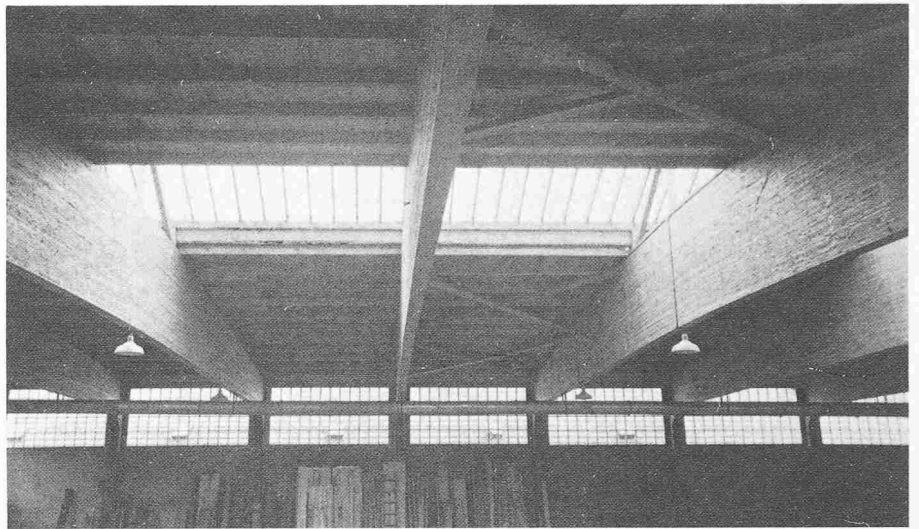


Bild 19. Werkhalle der Caisserie Despond & fils, Bulle, 1937. Stützweite 27 m. Ingenieurbüro J. Barras, Bulle. Diese Biegeträger mit einem Querschnitt von 1,82 m Höhe und 18 cm Breite ohne besondere seitliche Aussteifung dürften zu den schlanksten und höchsten in der Schweiz ausgeführten Leimbau-Querschnitten gehören. (Fotosammlung EMPA-Holz)

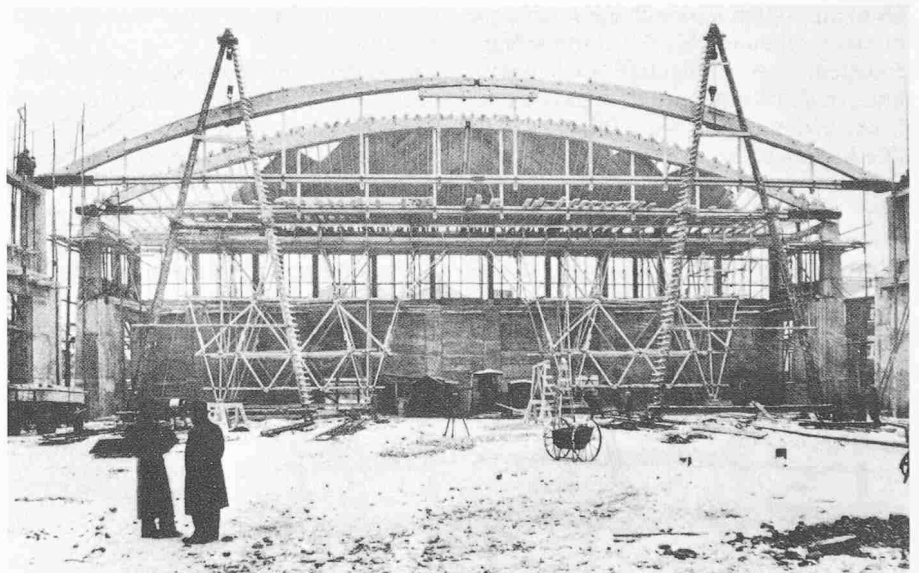


Bild 20. Halle VIII der Mustermesse Basel, 1941/42, bei der Montage. Stützweite 45,5 m. Ingenieurbüro E. B. Geering, Basel, und Holzbauunternehmungen Nielsen-Bohny & Cie. AG, Basel, sowie Gribi & Co. AG, Burgdorf. (Fotosammlung EMPA-Holz)



Bild 21. Schalenrost nach E. Staudacher in der Shedkonstruktion einer Industriebaute, 1948. 2 Felder mit je 17 m Stützweite und durchlaufenden Elementen. Jede Shed-Einheit besteht aus einer Rostschale, einem ebenen Rost als Rinnenelement und einem verleimten, ebenen Fensterteil. Ingenieurbüro E. B. Geering, Basel, und Holzbauunternehmungen Osterwald & Bischof, St. Gallen, sowie Gribi & Co. AG, Burgdorf. (Foto EMPA-Holz)

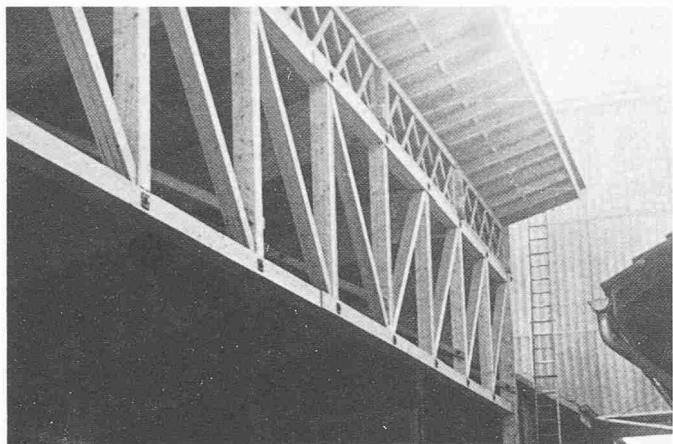


Bild 22. Fachwerksträger mit eingeleimten Metall-Laschen an den Knotenpunkten bei Gribi & Co AG, Burgdorf, 1949. Ingenieurbüro Dr. E. Staudacher, Zürich und Holzbauunternehmung Gribi & Co. AG, Burgdorf, 1949. Ingenieurbüro Dr. E. Staudacher, Zürich, und Holzbauunternehmung Gribi & Co. AG, Burgdorf. (Foto EMPA-Holz)

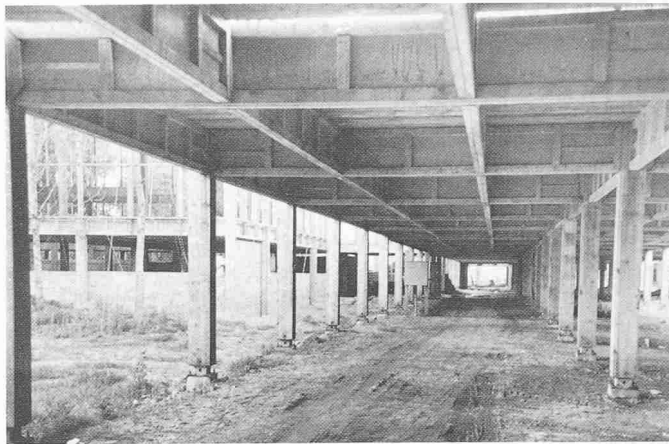


Bild 24. Biege-Tragkonstruktion mit Stegen aus Holzfaser-Hartplatten. Sektor «Feld und Wald» an der Schweizerischen Landesausstellung 1964 in Lausanne. Ingenieurbüro W. Menig, St. Gallen, und eine Arbeitsgemeinschaft des Zimmergewerbes. (Foto EMPA-Holz)

Knotenpunkten liess sich ein Fachwerk in einer schmalen Konstruktionsebene erstellen, das eindeutige Gelenkwirkung in den Knotenpunkten besass und leicht demontierbar war (Bild 22), [48]. Die Metallaschen wurden zunächst mit Hilfe eines Epoxidharzes mit Birkenfurnier überzogen, dann auf die Lamellendicke durch Schleifen kalibriert und anschliessend wie Holzlamellen in die

aber leider nicht zu einer zuverlässigen Lösung. Ein weiteres, nicht nur als architektonische Meisterleistung beachtenswertes Beispiel, das durch Holz-Metall-Leimungen möglich wurde, war die Festhalle an der EXPO 1964 (Bild 28). Bei dieser Konstruktion wurde die transparente Dachhaut von durchscheinenden Sperrholzstreifen getragen, die mittels

spanplatten, für den Holzleimbau einzusetzen. Neben dem eben erwähnten Beispiel seien hier in erster Linie die «Wellstegträger» genannt, die nach deutscher Erfindung auch in der Schweiz hergestellt werden und eine vielseitige Anwendung bei kleineren bis mittleren Stützweiten gefunden haben. Auch Doppel-T-Profile und Kastenträger wurden bei Gelegenheit mit ebenen

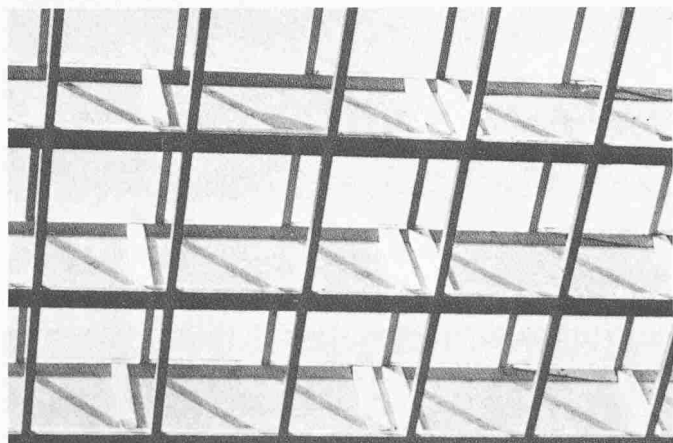


Bild 23. Kämpfsteg-Träger mit faserverschränkten Brettlagen des Steges. Holzbauunternehmung G. Kämpf, Rapperswil [30]

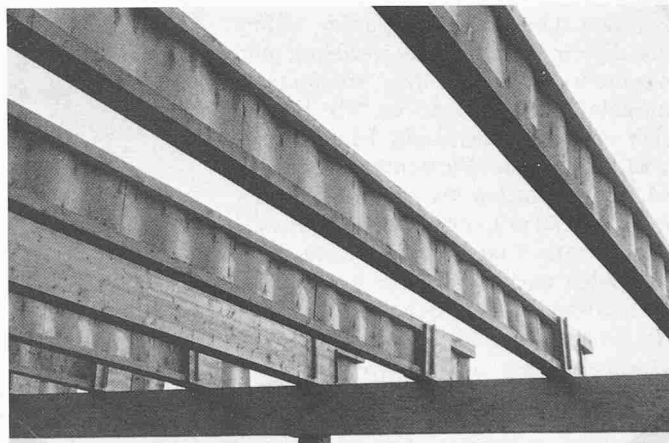


Bild 25. «Wellsteg»-Träger mit in Massivholz-Gurten eingeleimten, gewellten Sperrholzstegen (mit deutscher Lizenz in der Schweiz hergestellt). Fabrikation Wellsteg SA, Domdidier. (Foto LIGNUM)

Fachwerkglieder mit eingeleimt. Leider machte die Notwendigkeit einer Heissleimung bei der Epoxidharz-Verbindung einige Umstände. Als später kalt-härtende Epoxidharze erhältlich wurden, veranlasste die LIGNUM, Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für das Holz, Untersuchungen an der EMPA über die Möglichkeit, die Metallaschen direkt mit Epoxidharz einzuleimen. Die mit den Harzherstellern gemeinsam durchgeführten Versuche mit verschiedenen Harzvarianten führten

Metallbeschlägen an die Bogen-Tragkonstruktion oben und unten angehängt waren. Die Metallbeschläge wurden mit Epoxidharz mit den Sperrholzstreifen verbunden. Diese Verbindungen erwiesen sich aber nicht durchwegs als zuverlässig, einer der Gründe, warum die imposante Halle von 87 m Spannweite bedauerlicherweise später abgebrochen wurde. In dieser Periode hat man auch gelegentlich versucht, Holzwerkstoffe, wie Sperrholz, Holzfaserplatten oder Holz-

Sperrholzstegen ausgeführt, jedoch haben sie nicht die Verbreitung gefunden, wie etwa in den Vereinigten Staaten. Zu nennen sind an dieser Stelle auch die Bemühungen von Dr. G. Esser, Benken SG, Formsperrholz in Profilen als auf Biegung tragende Elemente im Decken- und Vordachbau zu verwenden. Die Verwendung von Holzspanplattenstegen scheint im ersten Versuchstadium stecken geblieben zu sein, wohl im wesentlichen bedingt durch ungünstiges Verhalten am Wetter, durch die gerin-

gen Quersugsfestigkeiten und Scherfestigkeiten parallel zur Plattenebene. Bei der Verwendung von Holzfaser-Hartplatten ergaben sich aus den unterschiedlichen Quellmassen zwischen Massivholz längs zur Faser und Faserplatte in Plattenebene Beulerscheinungen bei feuchten Verhältnissen, welche die Tragfähigkeit beeinträchtigten. Als Beispiel sei der Pavillon für Landwirtschaft an der EXPO 1964 genannt (Bild 24).

Es wurden auch verschiedentlich Versuche ausgeführt, neben der vorwiegenden Verwendung von Fichtenholz, andere Holzarten, wie etwa die Rotbuche und exotische Laubholzarten, im Holzleimbau einzusetzen. Soweit dem Verfasser bekannt, haben aber solche Bestrebungen in der Schweiz keine umfassendere Bedeutung erlangt.

**Verhalten am Wetter**

Es seien an dieser Stelle noch einige Bemerkungen über das Verhalten verleimter Holzkonstruktionen am Wetter angefügt (Bilder 1 und 27), [33]. Diese Frage hat nicht nur Bedeutung im Hinblick auf ungeschützte Bauten im Freien. Sie betrifft ebensowohl das Verhalten fertiggestellter Bauelemente bei Zwischenlagerung im Freien, Transport und Montage. Auch bei Leimungen mit Harnstoff-Formaldehyd-Harzen kann eine «Wetterfestigkeit» der Leimfugen nicht erwartet werden. Zumindest werden die Leimfugenränder bei direkter Bewitterung lokal aufgehen. Längerfristig können aber auch grössere Schäden auftreten, abgesehen von der Gefahr, dass das Holz selbst von holzerstörenden Pilzen angegriffen werden kann. In der Regel sollte man ungeschützte Holzleimbauten höchstens für kurzfristige Provisorien ins Auge fassen. Eine solche Entscheidung hängt aber ebensowohl von den zu erwartenden mechanischen Beanspruchungen ab. Wo hohe Schubspannungen oder Quersugs zu erwarten sind, ist grösste Zurückhaltung am Platze. Für Lagerung, Transport und Montage hat man in dieser Periode oft die Oberflächen der Leimbau-Elemente mit dem Leim selbst gestrichen, was den Feuchtigkeitsaustausch und die Gefahr der Rissbildung vermindert [22]. Im Freien verbleibende Konstruktionsteile wurden oft oberflächlich mit einem fungiziden, eventuell auch insektiziden Holzschutzmittel behandelt, was aber einen dauernden und integralen Holzschutz nicht gewährleistet. Eine Vorbehandlung der Lamellen vor Verleimung, z. B. im Kesseldruckverfahren mit einem leimverträglichen Schutzmittel, ist zwar theoretisch möglich. Die praktische Realisation ist aber sehr problematisch, da die Lamellen nach der Imprägnierung gehobelt werden müssen und die Eindringtiefe des Schutzmittels bei Fichte auch im Kesseldruck-



Bild 26. Iehrgerüst des Pont de la Jonction, Genf 1944/45. Stützweiten 57,9-52,3-45,8 m mit verleimten Gurten. Projekt SA Conrad Zschokke und Entreprises réunies Pulver-Olivet zusammen mit Locher & Cie., Zürich [22]



Bild 27. Kühmattobel-Brücke der Brienzer-Rothorn-Bahn, 1942, mit harnstoffharz-verleimten, fast ungeschützten Hauptträgern. Die nach rund 25 Jahren ersetzte Konstruktion wurde jeweils im Winter wegen der Lawenniedergänge demontiert und deponiert. Projekt F. Hübner und M. Cosandey, Lausanne. Holzbauunternehmung Fietz & Leuthold AG, Zürich [22/33]

verfahren gering bleibt. Hinsichtlich der Wetterbeständigkeit der Leimfugen waren aus Weiterentwicklungen der Kunstharzleime gewisse Fortschritte zu erwarten. Mischleime aus Melamin- und Harnstoffharzen, Resorzinharze und Gemische von solchen mit Phenolharzen, Leime auf Polyurethan- und Isocyanat-Basis kamen u. a. in den Handel und wurden auch in Einzelfällen für den Holz-Leimbau eingesetzt [u. a. 30]. Ausser mit Resorzinharzen scheinen aber in der Schweiz bis in die

neueste Zeit hinein keine umfassenden Erfahrungen vorzuliegen.

**Ursachen gelegentlicher Schäden**

Es ist fast unvermeidlich, dass bei fortschreitenden Entwicklungen gelegentlich Rückschläge in Kauf zu nehmen sind. Folgende Erscheinungen seien hier erwähnt, die mehrfach auftraten und deren Ursachen noch kurz kommentiert werden sollen:

- Versagen von Leimfugen infolge fehlerhafter Leimmischungen, so bei zu

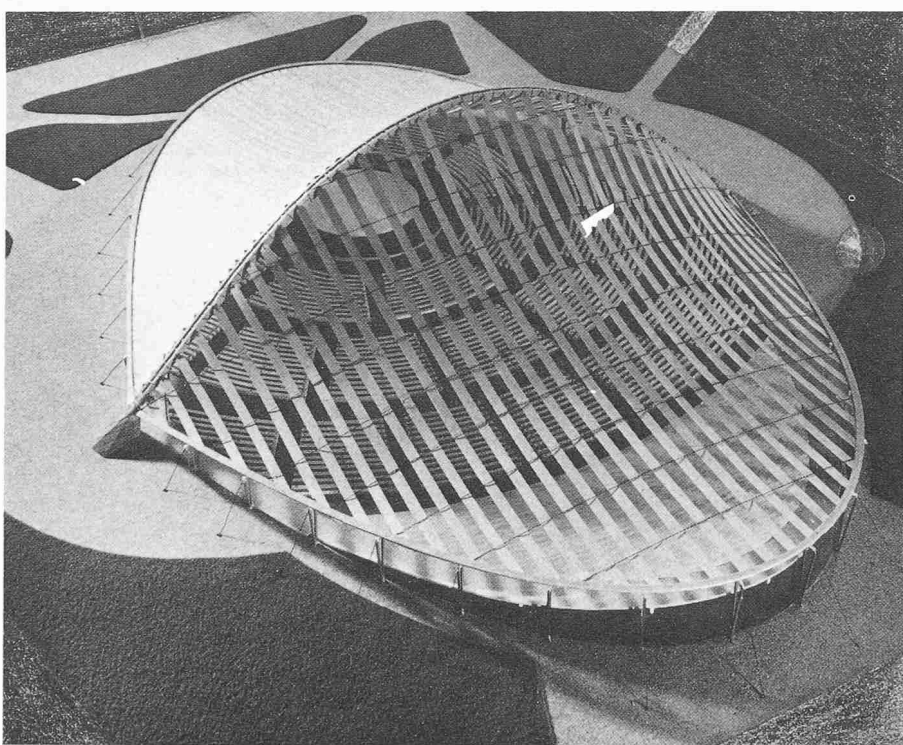
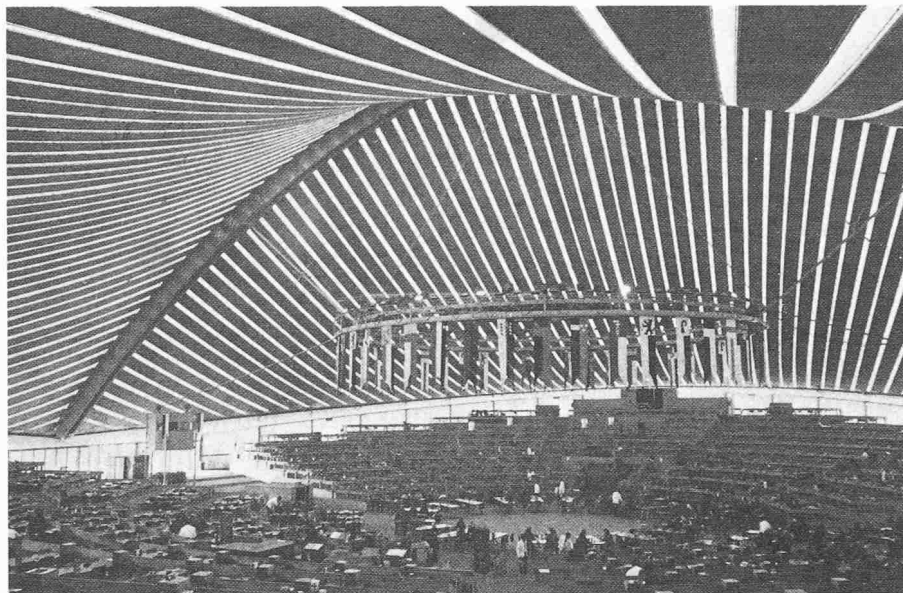


Bild 28. Festhalle an der EXPO 1964 in Lausanne, Stützweite 87 m. Die Dachhaut wurde durch Sperrholzbänder getragen, die mittels angeleimten Metall-Anschlussgliedern an den geleimten Holzbögen angehängt waren (s. auch Text) [50]. Architekten: A. Lozeron, M. Mozer, C. Michaillet, G. Châtelin, F. Martin; Ingenieure: R. Perreten und P. Milleret; Spez. Arbeitsgemeinschaft des Zimmereigewerbes. Oben: Innenaufnahme; unten: Modellaufnahme

hoher Wasserzugabe, Vergessen des Härters oder unregelmässiger Beimischung des Füllers

- Gelatinieren des Leimes vor Aufbringung des Pressdruckes bei unrichtiger Härterzugabe bzw. bei zu hohen Raumtemperaturen, des weiteren bei Verleimung sehr hoher Lamellenpakete, die eine zu lange Zusammenlegzeit erfordern
- unzureichende Fugenfestigkeit infolge ungenügendem oder unregelmässig verteiltem Pressdruck (Fehlen von Verteilunterlagen, zu grosse Zwingenabstände, ferner bei Doppel-T-Querschnitten mit liegenden Lamel-

len am Übergang von den breiteren Gurten zum Steg)

- Rissgefahr bei extremen Wassergehaltsunterschieden im Holz, besonders bei Verwendung uneinheitlicher Schnittart, ferner auch bei Einschluss markhaltiger Bretter
- ungleichmässige Fugenfestigkeit infolge Dickendifferenzen der gehobelten Lamellen (ungleiche Hobeldicken der Einzelbretter, Hobelschläge an Brettenden, nicht geradläufiger Schliff oder starke Scharten der Hobelmesser). Solche Dickendifferenzen treten auch auf, wenn die getrockneten und gehobelten Lamellenpakete vor der Verleimung zu lange liegen bleiben

- Annahme zu hoher zulässiger Schubspannungen in hohen Biegeträgern. (Erfahrene Holzleimbauer rechneten in der Regel mit Werten, die etwa bei 60–80% der nach SIA 164 (1953) angegebenen Spannungen lagen.)
- Abreissen des Untergurtes von verleimten Querschnitten – besonders häufig bei Doppel-T-Querschnitten – bei unzulässigem, direktem Anhängen hoher Lasten im unteren Querschnittsbereich (Kranbahnen, Lagerböden usw.). Solche Lasten müssen auf Druck an der Oberseite des Querschnittes eingeleitet werden (Hängebügel, Bolzen usw.)
- ungenügende seitliche Aussteifung bei sehr hohen, schmalen Querschnitten, was zum Knicken aus der Bindeebene führen kann
- Quersgrisse bei falscher Ausbildung von Gerbergelenken sowie in biegebeanspruchten, gekrümmten Bauelementen. Letzteres Problem zwingt gelegentlich doch zu rechnerischen Annahmen von Querszugspannungen, die nach SIA 164 (1953) unzulässig wären. In den DIN-Normen sind zulässige Querszugspannungen angegeben, die jedoch in der letzten Fassung gerade aus Erfahrungen mit gekrümmten Holzleimbaugliedern reduziert wurden.

Es sei auch hier nochmals betont, dass die meisten dieser Fehlerquellen in ihren Auswirkungen in erster Linie bei hoch auf Schub und bei auf Querszug beanspruchten Tragelementen gelegentlich zu vitalen Schäden führten (Bild 39).

### Industrialisierungstendenzen

Erfahrungsgemäss wird in der Schweiz im allgemeinen dem individuell gestalteten Bau gegenüber dem normierten Serienbau der Vorzug gegeben. Der schweizerische Markt ist zudem klein, und wo nicht Exportmöglichkeiten vorliegen, ist die Tendenz nach Industrialisierung von ganzen Bauelementen schwach. Trotzdem haben es angesichts des in den sechziger Jahren einsetzenden Baubooms verschiedene Firmen gewagt, Normbau-Elemente in verleimter Holzkonstruktion anzubieten und sich auch entsprechend einzurichten. Wenn auch gelegentlich Hallenbauten in solche Programme einbezogen wurden [32], so ging es doch zur Hauptsache um Tragelemente kleinerer bis mittlerer Spannweiten, wie etwa Schalungsträger, Sparren- und Pfettenkonstruktionen, Schalungsplatten u. a. m. Jene Unternehmungen, die sich ausschliesslich und einseitig auf solche Fabrikation eingerichtet hatten, mussten meist schon zu Beginn der Rezession aufgeben, obschon der Holzleimbau im grossen Massstab davon nicht eigentlich betroffen wurde.

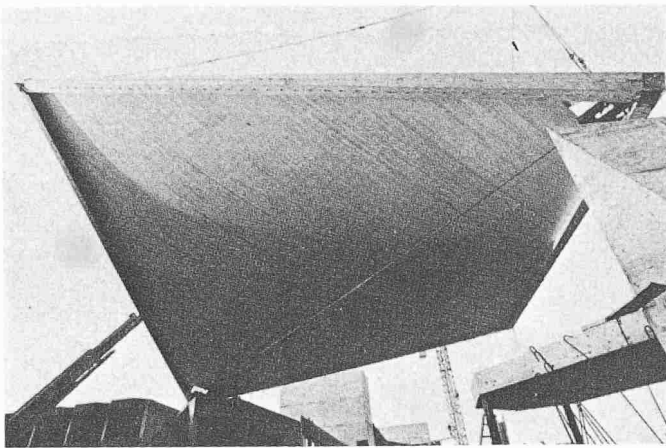


Bild 29. Schalendach in Form eines hyperbolischen Paraboloides: Kapelle St. Niklausen ob Kerns, Montagebild 1970. Es handelt sich um eines der wenigen Beispiele dieser Art in der Schweiz. Ingenieurbüro Dr. H. H. Gasser, Lungern, und Holzbau AG, Lungern [43]

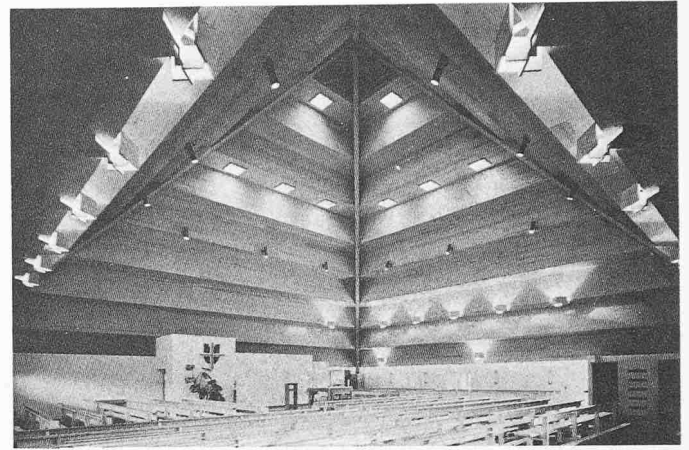


Bild 30. Römisch-katholische Kirche in Magden AG, 1968. Pyramidenförmige Raumüberdeckung mit vier verleimten Kantenträgern und treppenförmig angeordneten, sekundären Stegträgern. Stützweite in der Diagonale 34 m. Architekturbüro L. Cron, Basel. Ingenieurarbeit und Ausführung G. Kämpf AG, Rupperswil [43]



Bild 31. Frei gestaltetes, asymmetrisches Faltwerk in Holz-Leimbauweise als Überdachung der neuen katholischen Kirche in Uitikon, 1970. Architekturbüro D. Ercsi, Uitikon. Ingenieurbüro Dr. H.-H. Gasser, Lungern, und Holzbau AG, Lungern [43]

## Die Entwicklungen seit 1964

### Strukturwandel

Strukturell zeichnet sich seit den sechziger Jahren ein gewisser Wandel bei den Holzleimbau-Firmen ab. In der Periode von 1939 bis 1964 hatten sich neben den Pionierfirmen der Frühzeit einige Spezialfirmen mit neuen Ideen, ferner aber auch z.T. kleinere Firmen primitiver oder raffinierter für die Herstellung verleimter Holztragelemente eingerichtet. Vermehrt kam nun aber hinzu, dass Zimmereien, die bisher nur relativ konventionelle Massivholzkonstruktionen erstellten, gelegentlich auch zu verleimten Tragelementen griffen, so etwa im landwirtschaftlichen Bauwesen oder beim gehobenen Wohnungsbau. Sie

stellen diese Bauteile aber nicht selber. Sie beschaffen sie sich bei erfahrenen Holzleimbau-Firmen, die besonders für die Herstellung eingerichtet sind.

Eine Folge dieser «Arbeitsteilung» war eine verstärkte Konzentration der Herstellung verleimter Bauteile bei einzelnen Firmen. Dadurch ergab sich auch eine stärkere Tendenz nach weniger improvisierten, technisch vervollkommenen, und rationalisierten Herstellungsvorgängen, die die Qualitätsstreuungen reduzieren konnten. Es wurden grosse, beheizbare Fabrikationshallen erstellt. Holzlagerung und Holz Trocknung wurden rationalisiert und die Kontrollmöglichkeiten verbessert. Kontinuierliche Bahnen für die Hobelung, Fingerzinken-Stossleimung und den Leimauftrag wurden eingerichtet, Spezialpressen und Aufspannböden für die Verlei-

mung grosser, beliebig geformter Tragelemente eingesetzt.

In dieser Entwicklung und unter der in den siebziger Jahren einsetzenden Rezession konnten nicht mehr alle früheren Leimbauunternehmen durchhalten. Wie schon oben in anderem Zusammenhang erwähnt, mussten hauptsächlich auch zu sehr spezialisierte, kleinere Unternehmen ihre Tätigkeit aufgeben.

### Räumliche Tragwerke

Auf konstruktivem Gebiet machte sich die weltweite Tendenz nach räumlichen Faltwerken und Schalen auch in der Schweiz bemerkbar, wenn auch vorläufig mehr in individuellen Lösungen eher mässiger Abmessungen. Ideen in dieser Richtung waren schon in einem Wettbewerb der LIGNUM in Zusammenhang mit der Expo 64 zum Aus-



Bild 32. Turnhalle im Ausbildungszentrum «Wolfsberg» der Schweizerischen Bankgesellschaft, Ermatingen 1974/75. Die markante Farbstripfung ergab sich hier aus der ausnahmsweisen Verwendung von Föhrenholz, das im Gegensatz zu Fichte und Tanne eine starke Differenzierung zwischen Splint- und Kernholz aufweist. Architekturbüro R. und E. Guyer, Zürich; Ingenieurbüro W. Menig, St. Gallen; Konsortium von Zimmereifirmen. (Foto LIGNUM)

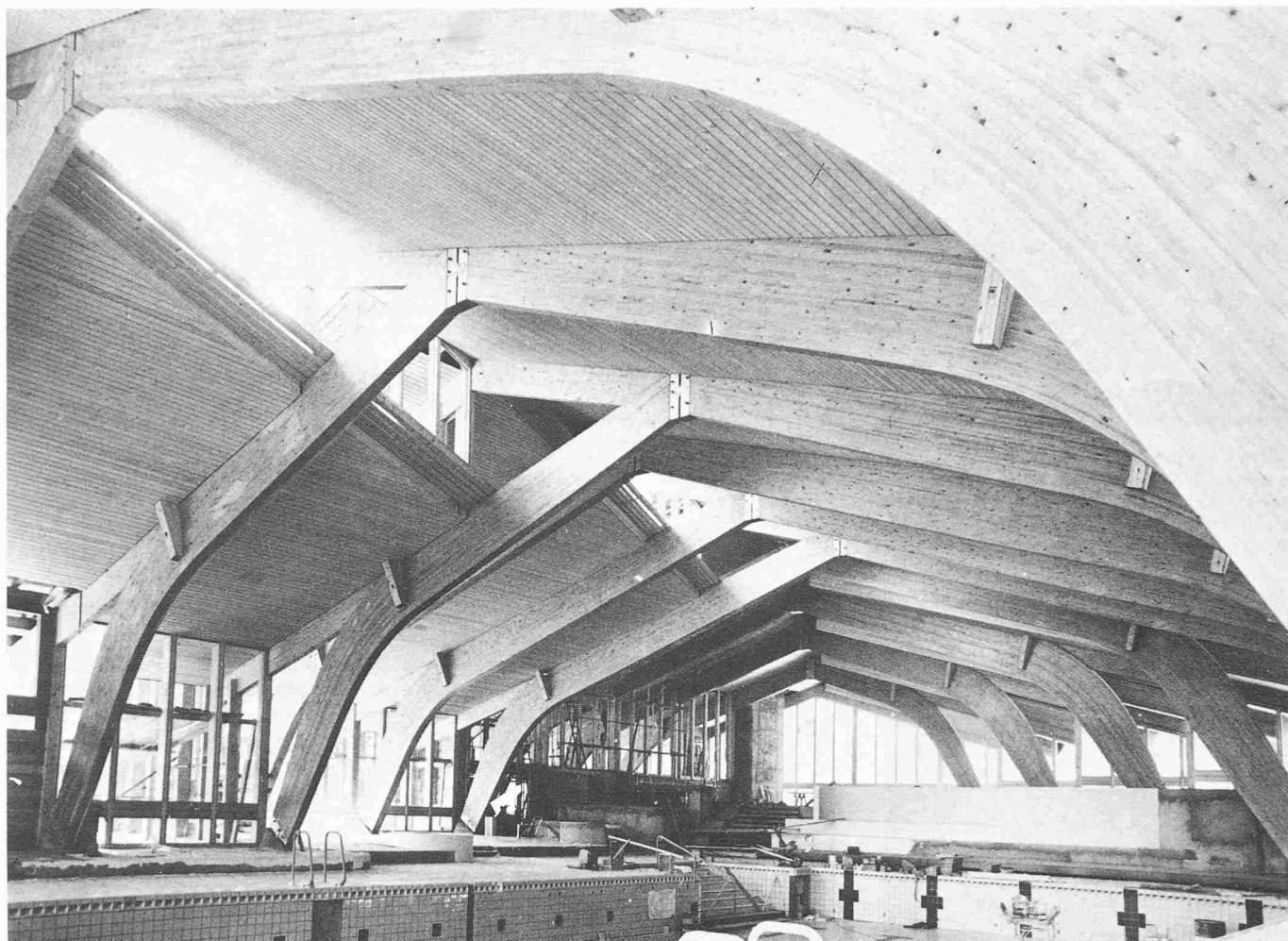


Bild 33. Hallenschwimmbad Gstaad, 1971/72. Architekten E. Anderegg, Meiringen, und M. Schweizer, Thun. Ingenieurbüro H. Banholzer, Luzern. Holzbauunternehmungen Gribi & Cie. AG, Burgdorf, Häring & Co. AG, Pratteln, und Zimmerei-Arbeitsgemeinschaft Saanenland, Gstaad. (Foto LIGNUM)



Bild 34. Eisbahnüberdeckung Allmend Bern, 1971. Stützweiten 76–86 m. Architektur W. Schwaar, Mitarbeiter F. Zulauf. Ingenieurbüro Emch & Berger, Bern, Zusammenarbeit mit H. Vogel, Bern. Ausführung und Montage Gribi & Co., Burgdorf, und Häring & Co. AG, Pratteln [39–42]. (Foto LIGNUM)

druck gekommen, fanden aber damals, abgesehen von den schon älteren Rostschalen nach *Staudacher* u. W., keine Verwirklichung (Bilder 29, 30, 31), [43].

### Neue Erfolge im Hallenbau

Dagegen erlebt man bis in die unmittelbare Gegenwart hinein eine wahre Blütezeit von mittleren und grossen Hallenbauten in verleimter Holzbauweise, die sich im wesentlichen an die herkömmlichen Konstruktionssysteme dieser Art anlehnen. Zum Teil darf man sie aber angesichts ihrer Abmessungen und wegen besonderer Verhältnisse als ausgesprochen respektable Leistungen der Ingenieure und Architekten wie der beteiligten Unternehmungen ansprechen (Bilder 31-34, 36). Überwiegend handelt es sich dabei um Sporthallen-Dachkonstruktionen, von Schwimmbädern, Kunsteisbahnen, Vielzweck-Sport-, Tennis-, Turn- und Reithallen, im einzelnen aber auch etwa um Lager- und Grossmarktgebäude. Dabei sind Stützweiten zwischen etwa 50 und 85 m mehrfach erreicht worden. Ein besonders eindruckliches Beispiel ist die 1971/72 erstellte Eisbahnüberdeckung auf der Allmend Bern. Dieses Bauwerk stellte spezielle Probleme der Stabilität, die wohl nur dank dem Computer einwandfrei bewältigt werden konnten. Zudem handelte es sich um eine ungewöhnliche Montageaufgabe – Leimung sehr grosser Montagestösse auf dem Bauplatz, sehr grosse Aufzugshöhen der fertigen Bögen, Montage von



Bild 35. St. Pauluskirche Gossau SG, 1969. Spannweite der Sparren 17,3 m. Architekturbüro Bächtold & Baumgartner, Rorschach. Ingenieurbüro W. Menig, St. Gallen. Holzbaufirma Lehmann AG, Gossau [51]

Kastenpfetten mit Sperrholzsteg mittels Helikopter u.a.m. (Bild 34), [39-43]. Individuellere Lösungen erforderten u. a. naturgemäss kirchliche Bauten, die in neuerer Zeit recht häufig in Holz erstellt wurden. Manche zeigen aber die Leimbaukonstruktion wegen der Innenverkleidung nicht offen (Bilder 30, 31, 35). Öfters handelt es sich auch um Mischkonstruktionen mit unverleimten Massivholzteilen.

Als Neuerung muss im weiteren der

Versuch genannt werden, Föhrenholz für verleimte Konstruktionen in der Schweiz einzusetzen.

### Schlussbemerkungen

Der Charakter dieser historischen Übersicht über einen langen Zeitraum und in begrenztem Rahmen gestattete es nicht, auf allzu viele Einzelheiten

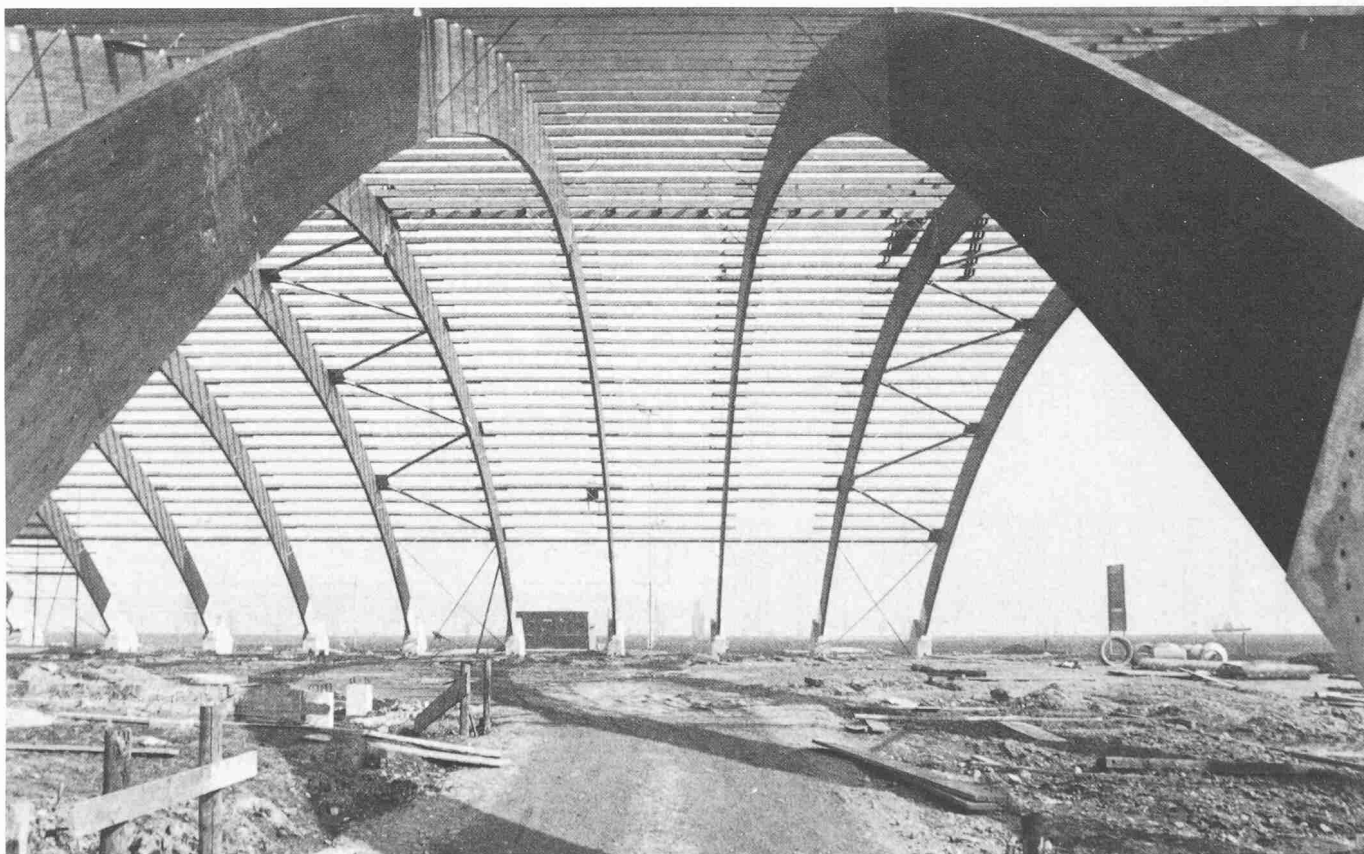


Bild 36. Überdeckung der Kunsteisbahn Kreuzlingen 1976/1977. Stützweite 72 m. Ingenieurbüro G. Felber, Kreuzlingen. Ausführung W. Zöllig AG, Arbon, und H. Graf, Kreuzlingen. (Foto LIGNUM)



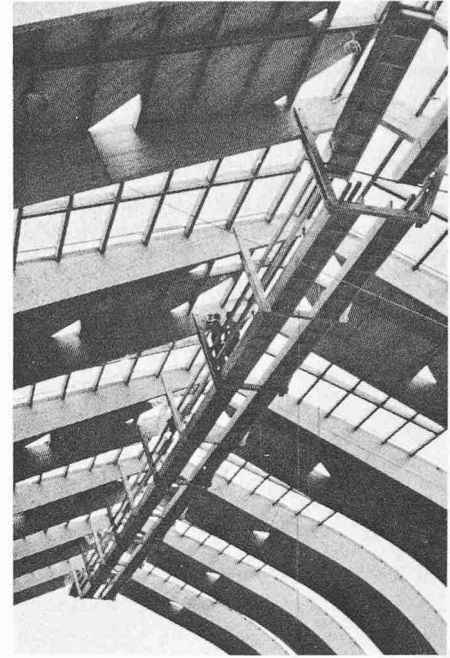


Bild 37. Salzlagerrhalle in Schweizerhalle, 1970. Stützweite 34 m. Ingenieurbüro E. J. Schild, Basel. Holzbauunternehmung Häring & Co AG, Pratteln [51], rechts Montagebild

einzutreten. Es sei auf das angefügte Schrifttumsverzeichnis hingewiesen. Ich habe versucht, aus eigener Erinnerung und Erfahrung heraus den Ablauf des Geschehens im schweizerischen Holzleimbau zu schildern und durch einzelne Beispiele zu erläutern. Dass dabei gewisse Lücken verblieben, war unvermeidlich. Ich möchte jene um Verständnis bitten, deren Werke und Namen vielleicht nicht voll zur Geltung gelangt sind.

Mit den wirtschaftlichen Aspekten, die selbstverständlich den Lauf der Entwicklung ebenfalls massgebend beeinflussten und wohl das Weiterleben mancher technisch interessanten Konstruktion in Frage stellten, habe ich mich hier bewusst nicht auseinandergesetzt. Im Verlauf meiner Tätigkeit an der EMPA und ETH hatte ich mich im wesentlichen nur mit der technischen und holzwissenschaftlichen Seite zu befassen.

Ein erster Anlass zu dieser Zusammenstellung liegt schon einige Zeit zurück. Im englischen Sprachbereich kursierte in der Nachkriegszeit die Behauptung, die lamellenverleimte Holzkonstruktion sei eine Erfindung aus dem Zweiten Weltkrieg. Diese irriige Annahme musste einmal widerlegt werden. Unmittelbare Veranlassung des Artikels war aber der Hinschied eines um den schweizerischen Holzbau, im besonderen aber um den Holzleimbau verdien-

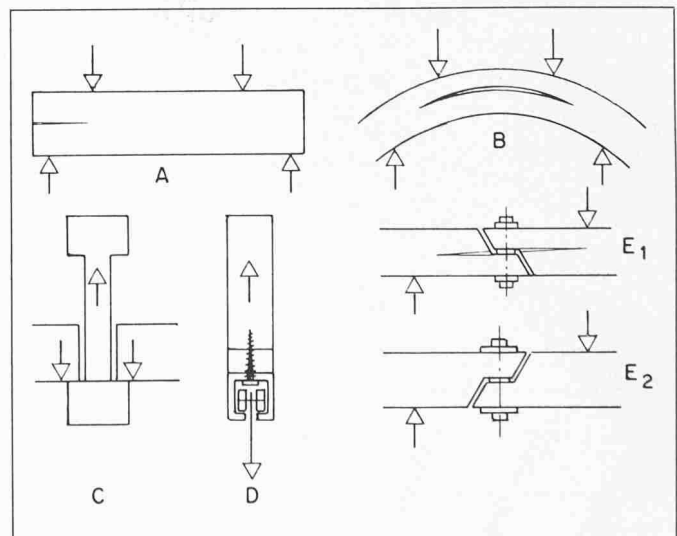
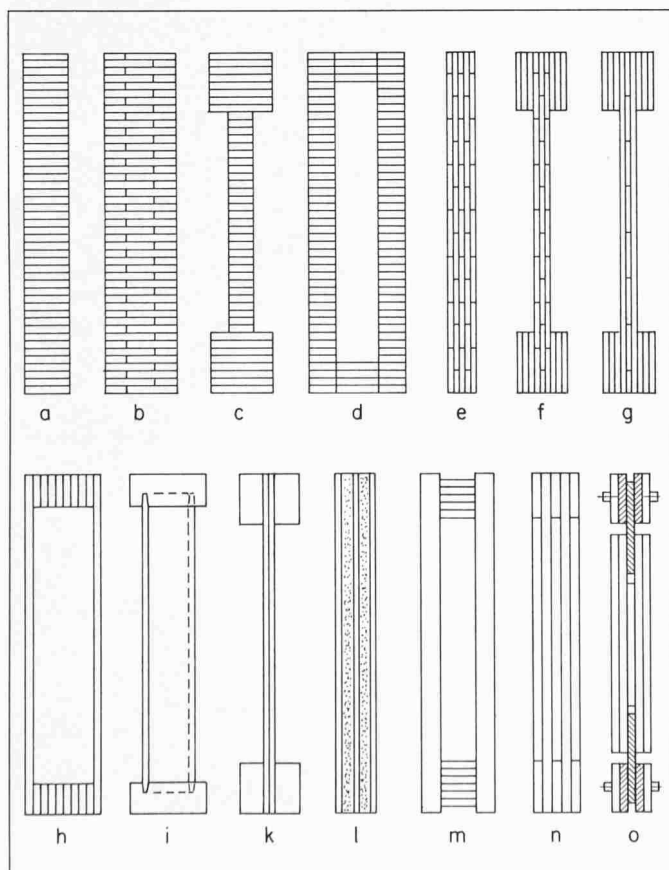


Bild 38 (links). Verschiedene, in der Schweiz zur Anwendung gelangte Querschnittsaufbauten verleimter Holztragelemente [49]. a-d: Vollwandträger mit horizontaler Lamellenanordnung; e-g: Vollwandträger mit vertikaler Lamellenanordnung (Typen G.v.Kämpf); h-k: Typen mit Sperrholzstege (Type k auch mit Holzfaser-Hart-Platten; l: Versuchstyp mit wechselweise verleimten Holzfaser-Hart- und Isolierplatten (in der Praxis nicht weiter verfolgt); m-o: Fachwerktypen (o mit eingeleimten Metall-Knotenpunkten nach E. Staudacher)

Bild 39 (rechts). Häufigere Fehlkonzepte lamellenverleimter Holzkonstruktionen [49]. A Kritische Querdruck- und Schubspannungen bei sehr kurzen, hohen Biegeträgern, B Querzugbeanspruchung im Scheitel auf Biegung beanspruchter Bögen, C/D Unzulässige Querzugbeanspruchung beim Anhängen von Lasten am Untergurt, E<sub>1</sub> Unzulässige Querzugbeanspruchung bei falscher Anordnung von Gerbergelenken, E<sub>2</sub> Richtige Anordnung der Gerbergelenke

ten, ideenreichen Ingenieurs im Jahre 1978, Dr. *Emil Staudacher*, dem ich durch längere Zusammenarbeit und auch später durch mannigfache Kontakte verbunden war.

Abschliessend sei hier noch vermerkt, dass sich vor wenigen Jahren eine «Schweizerische Studiengemeinschaft Holzleimbau» gebildet hat, welche

beim Schweizerischen Zimmermeister-Verband beheimatet ist.

Wenn auch der schweizerische Holzleimbau vielleicht nicht ganz die Stützwerke erreicht hat, die in unseren Nachbarstaaten verwirklicht wurden und die Entwicklung räumlicher Tragwerke noch nicht so stürmisch verlief wie im Ausland, so darf doch festge-

stellt werden: Bei allen Konjunkturschwankungen dieser Bauweise muss man zurückblickend doch sagen, dass sie sich in den vergangenen siebzig Jahren immer wieder bewährte. Möge das weiterhin so bleiben.

Adresse des Verfassers: Prof. *Hellmut Kühne*, Klosbachstrasse 87, 8032 Zürich.

#### Schrifttum:

- [1] «Die Hetzersche Holzbauweise» (o. Verf.). SBZ 58 (1911) S. 214
- [2] *Ch. Chopard*: «Bruchversuche mit Hetzerbindern». SBZ 61 (1913) S. 291
- [3] «Die neue Lokomotivremise der SBB. auf dem Aebigut in Bern». SBZ 61 (1913) S. 289
- [4] *Société suisse pour constructions en bois* «Système Hetzer» S.A. (Prospekt über 1909-1917 ausgeführte Holzleimbauten mit zahlreichen Abbildungen), Zürich 1917
- [5] *H. Ritter*: «Über moderne Holzbauweisen». SBZ 78 (1921) S. 66 (2. Teil)
- [6] *F. Meyer*: «Holzkonstruktionen als Ingenieurbauten». SBZ 79 (1922) S. 81
- [7] *F. Hübner*: «Versuche mit Holzbalken nach Bauweise Hetzer». SBZ 84 (1924) S. 51 und 65
- [8] *Ch. Chopard*: «Einstielige Perrondächer in Hetzerscher Holzbauweise». SBZ 85 (1925) S. 118
- [9] *M. Roš*: «Der Bau von Gerüsten und Hochbauten aus Holz in der Schweiz». Beilage zum Diskussionsbericht Nr. 5 der EMPA, Zürich 1925
- [10] *Ch. Kaegi*: «Holz als Konstruktionsart im Ingenieurholzbau». 1. Schweizerischer Kongress zur Förderung der Holzverwertung, Bern 1936
- [11] *E. Staudacher*: «Schweiz. Literatur über Forstwesen und Holznutzung». 1. Schweizerischer Kongress zur Holzverwertung, Bern 1936
- [12] *M. Roš*: 1. Ergänzung zu (9), Zürich 1936
- [13] Schweizerische Landesausstellung Zürich 1939 SBZ 113 (1938) S. 113
- [14] *E. Staudacher*: «Zusammenstellung der Antworten auf den Fragebogen über bautechnische Bewertung und Sortierung von Schnittholz CIUB». V. Internationale Konferenz für Holzverwertung, Zürich 1939
- [15] *E. Staudacher*: «Die bautechnische Bewertung und Sortierung von Schnittholz CIUB». V. Internationale Konferenz für Holzverwertung, Zürich 1939
- [16] *H.J. Kaegi*: «Neuzeitliche Holzbrücken». Internationale Rundschau für Holzverwertung Heft 5, Brüssel 1939
- [17] Stand und Entwicklung der Grobholzleimung (zusammenf. Bericht) SBZ 116 (1940) S. 233
- [18] *E. Staudacher*: «Schweizerische Bau- und Werkhölzer». Mitt. d. eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Bd. XXII, Heft 2 (1942)
- [19] Die Konstruktion der Halle VIII der Schweizer Mustermesse in Basel. SBZ 121 (1943) S. 219
- [20] *M. Roš*: «Le progrès dans le domaine des constructions en bois collé en Suisse». Congrès international pour l'exploitation et utilisations rationnelles du bois, Paris 1946
- [21] *O. Wichser*: «Neuzeitliche Holzkonstruktionen bei den Schweizerischen Bundesbahnen». SBZ 127 (1946) S. 13, 34 und 42
- [22] «Die Melocol-Leime der CIBA Aktiengesellschaft Basel». Bericht Nr. 152 der EMPA, Zürich 1945
- [23] «Die Kunstharz-Melocol-Leime». Bericht über die 128. Diskussionstagung des SVMT. SBZ 127 (1946) S. 46/47
- [24] *E. Staudacher*: «Konstruktionen in Holz mit Fertigelementen». (Übersicht über lamellenverleimte Träger in Rostform.) Schweiz. Baukatalog (o. D.) ca. 1946
- [25] Shedhallen aus Fertigelementen in Holz und Sheddächer als selbständiges Bauelement nach System Dr. Ing. E. Staudacher. Prospekt der Firma Gribi & Co. AG, Burgdorf (o. D.) ca. 1946
- [26] *H. Kühne, E. Staudacher und H. Osterwald*: Vortragsreihe über verleimte Holz-Tragkonstruktionen, Wien 1949, Heft 2 (1950) Schriftenreihe der Österreichischen Gesellschaft für Holzforschung
- [27] *H. Kühne*: «Knoten- und Stegplatten für Holztragwerke» (eine grundsätzliche Betrachtung). Fédération de l'Industrie du Contreplaqué. Réunion de la Commission technique. Baden-Baden, Juni 1964
- [28] *E. Staudacher*: «Das Holz als Konstruktionsmaterial an der Expo 64». Schweiz. Schreinerzeitung 75 (1964) Nr. 18
- [29] Holzbauten an der Expo 64. Holz in Technik und Wirtschaft Nr. 37/38, Zürich 1965
- [30] Kunstharze für den geleimten Holzbau (Übersicht mit Baubeispielen verschiedener Konstruktionssysteme) CIBA-GEIGY Basel (o. D.)
- [31] *F. Scheidegger*: «Weitgespannte Holzhalle der Saline Ryburg, Möhlin». Tiefbau Nr. 34, Zürich 1965
- [32] HP-Normträger (Lamellen- und Stegträger). Normaldimensionen der Firma Häring & Co. AG, Pratteln 1966
- [33] *G. Steinger*: «Die Alterungsbeständigkeit von Holzverleimungen». Hoch- und Tiefbau Nr. 25 (1967)
- [34] *H. Kämpf*: «Holzwerkstoffe als tragende Bauteile». SBZ 86 (1968) S. 689
- [35] *H. Kühne*: «Prüfung von Leimen und Leimverbindungen». Holzzeitung «Holz» 83 (1970) Nr. 18 S. 1-3
- [36] *H. Kühne*: «Schäden in tragenden Holzbauteilen». Kurs für Holzfachleute des Schweiz. Polierverbandes, Brugg 1970, s. SBZ 1970 Nr. 34
- [37] *H. Kühne*: «Feuchtphysikalische Eigenschaften von Holzspanplatten». Fortbildungskurs II der SAH, Lenzburg 1970 (Herausg. LIGNUM)
- [38] *H. Strässler*: «Erfahrungen bei der Prüfung von Holztragwerken». Schweizer Archiv 38 (1972) S. 204-211
- [39] «Die Dachkonstruktion der Kunsteisbahn in Bern», mit Beiträgen von *J. Wirz, H. Vogel, H. Häring und E. Mosimann*. Holzbau 4 (April 1971)
- [40] *J. Wirz*: «Die Überdachung der Kunsteisbahn Allmend in Bern». Industrielles Bauen SIA/FIB/GCI Nr. 5 23.2.1971
- [41] *H. Vogel*: «Überdachung der Kunsteisbahn Allmend Bern – Dimensionierung des Tragsystems». Industrielles Bauen SIA/FIB/GCI Nr. 21 13. Juni 1972
- [42] *J. Wirz*: «Die statische Berechnung der Überdachung der Kunsteisbahn Allmend Bern». Autographie der Arbeitstagung Dozenten HTL, Bern 25./26. Feb. 1971 (Herausg. LIGNUM)
- [43] Bauen mit Holz (o. Verf.) sowie *H. H. Gasser*: «Das Dach der neuen katholischen Kirche in Uitikon ZH». Raum und Handwerk Nr. 3 (1972)
- [44] *H. Strässler*: «Ingenieur und Holzbau-Anforderungen des Ingenieurs hinsichtlich der Eigenschaften von Holz und Holzwerkstoffen». Bau 52 (1973) S. 619
- [45] *H. Strässler*: «Verbindungsmittel im Holzbau». Holzbau 41 (1974) Heft 7, S. 1-6
- [46] *H. Kühne*: «Holzschutz und Bauphysik» (u. a. Betrachtung der Ursachen des günstigen brandtechnischen Verhaltens grosser, verleimter Holzquerschnitte). Fortbildungskurs VII der SAH, Rheinfelden 1975 (Herausg. LIGNUM)
- [47] *H. Strässler*: «Entwicklungen im Ingenieurholzbau». SBZ 94 (1976) S. 344
- [48] *E. Staudacher*: «Der geleimte Träger als Konstruktionselement im Holzbau». SBZ 95 (1977)
- [49] *H. Kühne*: «La construction de bois lamellé collé en Suisse». Résumé d'une conférence, présentée le 4 novembre 1974 à l'Institut du génie civil de l'Université de Liège. Mémoires C.E.R.E.S. (nouvelle série) No 54, octobre 1978
- [50] Sporthallen aus aller Welt (enthält u. a. Grossaufnahmen der Festhalle Expo 64), Arbeitsgemeinschaft Holz e.V., Düsseldorf (o. D.), Ausgabe durch LIGNUM.
- [51] Neue Grossbauten aus Holz, Herausg. LIGNUM, Zürich (o. D.)
- [52] Holzleimbau. Informationsdienst der Arbeitsgemeinschaft Holz e.V., Düsseldorf, (o. D.)
- [53] Dokumentation Holz der LIGNUM, grüner Bd. III (Konstruktion) und brauner Bd. II (Leime)
- [54] *K.-H. Götz, D. Hoor, K. Möhler, J. Natterer*: «Holzbau-Atlas». Architektur-Dokumentation, München 1978