Holzkonstruktionen: high tech / low tech

Autor(en): **Natterer, Julius**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Tec21**

Band (Jahr): **127 (2001)**

Heft 41: **Werkstoff Holz**

PDF erstellt am: **02.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-80221

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Julius Natterer

Holzkonstruktionen: high tech / low tech

Holz verbauen, heisst gebundenes CO_2 «entsorgen»; Wald nachpflanzen, heisst für die künftige CO_2-Einlagerung vorsorgen. Holz hat Konjunktur. Alte und neue Konstruktionen aller Art nutzen das Potenzial des Rohstoffs. Aber wenn wir seine ökologisch wichtigen Funktionen effizient nutzen wollen, müssen wir noch sehr viel mehr Holz für tragende und nicht tragende Bauelemente verwenden.

Wird Holz als nachwachsender Werkstoff das Baumaterial des 21. Jahrhunderts? In der heutigen Zeit gewinnen ökologische Überlegungen zunehmend an Bedeutung. Der Werkstoff Holz hat vor allem unter dem Aspekt der CO_2 Emissionen und unter energetischen Gesichtspunkten grosse Vorzüge. Zum einen benötigt die Verarbeitung im Vergleich zu anderen Baustoffen nur sehr wenig fossile Energie. Zum andern kann das im Holz abgelagerte CO_2 nicht nur sinnvoll «entsorgt» – sprich verbaut – werden, sondern neues CO_2 der Atmosphäre kann durch Aufforstung gebunden werden.

Zu Beginn des letzten Jahrhunderts wurde mit ungeheurem Aufwand die Erforschung eines Materials vorangetrieben: Stahl. Als leuchtendes Beispiel seiner Verwendung wurde der Eiffelturm in Paris Symbol dieser neuen Technik. Heute gilt unter vielen Experten das im Hightech-Verfahren erstellte Expodach von Hannover als Wahrzeichen eines Jahrhunderts, das sich dem Holz zuwenden wird. Die Erforschung dieses Werkstoffes muss intensiviert werden, da noch immer ein riesiges Entwicklungspotenzial vorhanden ist. Unter Planern, Architekten und Bauherren besitzt Holz ein uneingeschränkt positives Image. Dennoch wurde es in der Vergangenheit aus mangelnder Kenntnis seiner Eigenschaften zu wenig verwendet.

Mit der Einführung der neuen europäischen Normen, in die auch die neuesten Kenntnisse über Belastungen im Grenzbereich einfliessen, hat die Anwendung von Holz in vielerlei Hinsicht Fortschritte gemacht. Beispielsweise hat die Definition der charakteristischen Werte bei Bruch gezeigt, dass die heute noch in verschiedenen Ländern gültigen Kriterien für die visuelle Sortierung keine optimale Abschätzung der Zuverlässigkeit des Werkstoffes erlauben. Tatsächlich können die aufgrund solcher Kriterien definierten Eigenschaften 100 % bis 200 % von den effektiven Werten abweichen. Als Folge dieser breiten Streuung werden Sicherheitsfaktoren angenommen, die weit unter den charakteristischen Werten liegen, was unvermeidlich zu einer unwirtschaftlichen Verwendung in den höheren Holzqualitäten führt. Die Einführung von zerstörungsfreien Messmethoden, wie z.B. die Anwendung von Ultraschall, erlauben es jedoch, verschiedene Werte wie Elastizität, Spannung und Bruch zuverlässig, reproduzierbar und mit einer viel höheren Genauigkeit zu bestimmen. Dadurch ist es möglich, höherwertige Holzqualitäten mit besseren Eigenschaften zu definieren. Um eine wirtschaftliche Verwendung dieser Qualitäten zu gewährleisten, müssen die qualitativ hochwertigsten Hölzer in die stark beanspruchten Bereiche der Konstruktion eingebaut werden. Da die Anforderungen an Widerstand und Festigkeit von Fall zu Fall variieren, ist es möglich aus der Vielfältigkeit des Materials für jeden Verwendungszweck die wirtschaftlich und ästhetisch optimalste Lösung zu finden.

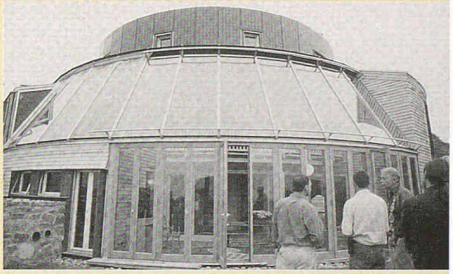
Konstruktionen aus Massivholz

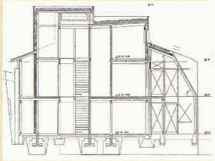
Der Einsatz von qualitativ hochwertigem Holz darf jedoch nicht das einzige Ziel bei Holzkonstruktionen sein. Es ist ebenso notwendig, den Gebrauch von Holz unter allen Gesichtspunkten zu fördern. So muss neben der selektiven Verwendung für die Ausführung von extrem beanspruchten Hightech-Konstruktionen wie Hallen, Brücken und Überdachungen auch die quantitative Anwendung für Wände, Dächer und Böden gefördert werden. Möglich sind dabei auch Kombinationen mit anderen Materialien wie Beton, Glas oder Stahl.

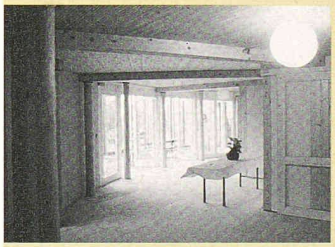
Brettstapel

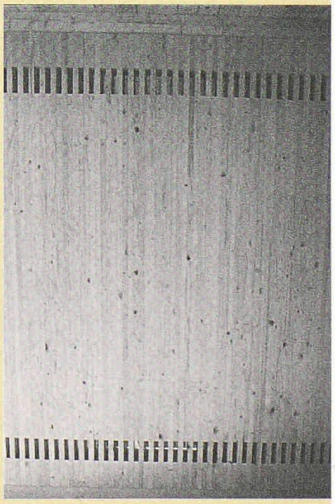
Die Brettstapelbauweise verwirklicht dieses Ziel in idealer Weise. Bei dieser Methode werden Bretter flächig aneinandergereiht und vernagelt. So entstehen massive Elemente, deren Dicke der Breite der Bretter entspricht. Bei diesem System entsteht durch die Vernagelung eine Art «sozialer Verband», in dem ein eventueller Defekt eines einzelnen Brettelementes nicht zur generellen Zerstörung der ganzen Struktur führt, weil die Beanspruchung durch die benachbarten Bretter aufgenommen wird. Die Vorteile solcher Strukturen sind vielfältig. Sie ermöglichen es, die notwendige statische Höhe im Vergleich zur traditionellen Zwischendecke zu verringern. Wegen ihres Gewichts verbessern sie sowohl den Schallschutz als auch die thermische Trägheit. Die Überheizung des Gebäudes im Sommer wird dadurch verhindert und die durch Sonneneinstrahlung gewonnene Energie im Winter gleichmässiger über den ganzen Tag verteilt. Werden diese Strukturen sichtbar belassen, ergibt sich eine architektonisch reizvolle und optisch sehr ansprechende Möglichkeit der Raumgestaltung. Alternativ können sie mit einer Gipsschicht oder Tapete überdeckt werden. Die Ausführung in mehreren Profilen gestattet die Gestaltung verschiedener Oberflächen zu geringen Kosten. Durch die Verwendung unterschiedlich breiter Bretter besteht zudem die Möglichkeit der verdeckten Installation. Für Deckenelemente können höhere Spannweiten durch kombinierte Systeme erreicht werden. Holz wird dabei im Zug-, Beton im Druckbereich verwendet. So werden die verschiedenen Werkstoffe ihren Eigenschaften entsprechend optimal genutzt. Die Verbindung der beiden Komponenten erfolgt durch ein Kerbensystem und vorgespannte Dübel. Entsprechend den verschiedenen Belastungen und ästethischen Anforderungen können die Holzelemente aus unterschiedlichen Formen und Querschnitten bestehen. So ist für Brücken der Einsatz von zweiseitig sägegestreiftem Rundholz denkbar, während für Decken Halbrundholz benutzt werden kann. Im Innern der Gebäude wird vorzugsweise die Brettstapelbauweise angewendet. Für sehr hohe Belastungen kann dieses Verfahren zusammen mit Brettschichtholz als Plattenbalken verwendet werden. Im Vergleich zu gängigen Systemen ist das Eigengewicht der Struktur deutlich niedriger.

Sonnenenergiehaus, Montreux (CH), 1999
Die Zwischendecken und das Dach wurden aus Brettstapelelementen hergestellt. Das nach Süden orientierte, zweistöckige Gewächshaus nutzt die maximale Sonneneinstrahlung. Die Garage des Hauses wurde ebenfalls in Brettstapelbauweise verwirklicht, mit unterbrochenen Brettlagen für eine verbesserte Ventilation der Wände und einer Holz-Beton-Verbundkonstruktion für das mit Erdreich bedeckte Dach.



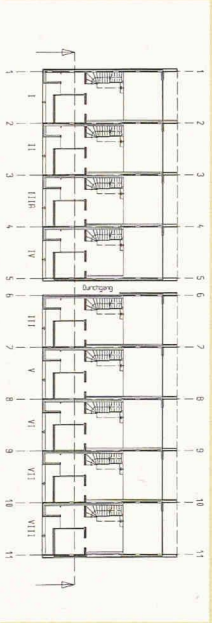


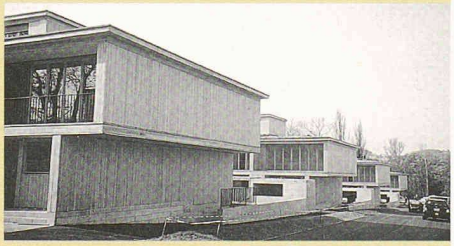




Wohnsiedlung, Arlesheim (CH), 1999

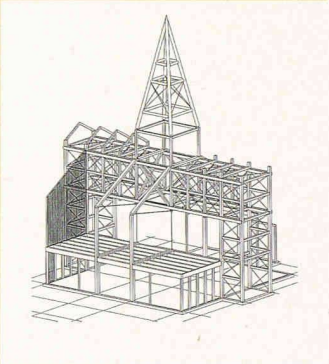
Die Wohnsiedlung besteht aus 72 zweistöckigen Häusern mit einem zusätzlichen Aufbau auf dem Flachdach. Die Wohnungstrennwände bestehen aus zwei Brettstapelelementen, deren Zwischenraum mit Sand verfüllt wurde und die gleichzeitig die Horizontalaussteifung gewährleisten. Die sichtbaren Flächen der Trennwände sind mit Gipskartonplatten verkleidet. Als konstruktiver Holzschutz wurde die Fassade der Gebäude aus 30 x 30 mm starken Douglasienprofilen hergestellt. Zur Minimierung der Kosten wurde ein Grossteil der Elemente vorgefertigt.

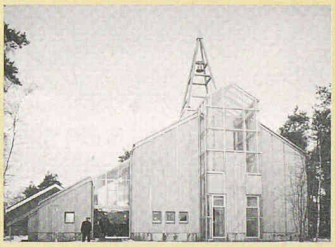




Kirche, Schneverdingen (D), 2000

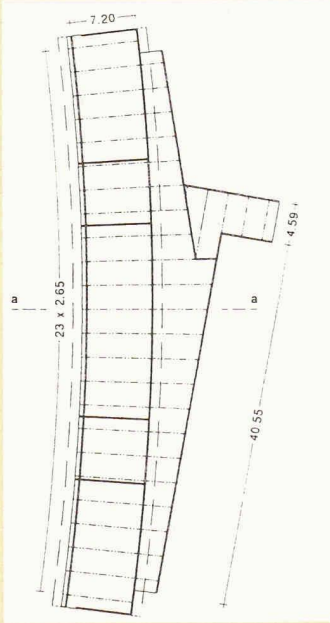
Die Kirche weist eine lichte Höhe von zwei Stockwerken auf mit einer einseitig am Dach aufgehängten Empore. Die nicht tragende Gebäudehülle besteht aus Eichen-Brettstapeln, während für das innere Tragsystem Brettstapelelemente aus Pinienholz verwendet wurden. Die Vertikallasten des Glockenturms und der Empore werden über zwei Fachwerkrahmen abgetragen.

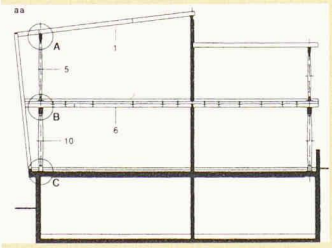




Behindertenschule, Buchegg (CH), 1997

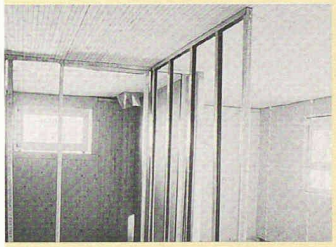
Erweiterung eines bestehenden Gebäudes mit leicht gerundeter, ca. 60 x 10 m² grosser Grundfläche. Das Kellergeschoss, zwei Gebäudekerne, sowie die gekrümmte Innenwand bestehen aus Stahlbeton. Die Zwischendecke ist als Verbundkonstruktion aus Brettstapeln und Beton ausgeführt. Die Vertikallasten werden von der Stahlbetoninnenwand und Rundholzstützen abgetragen, auf denen die Unterzüge aus Brettschichtholz ruhen. Die Gebäudehülle wurde als vorgehängte, nicht tragende Holzfassade ausgeführt. Die Krümmung der Brettstapelelemente wurde durch zusätzliche keilförmige Brettlagen erreicht.



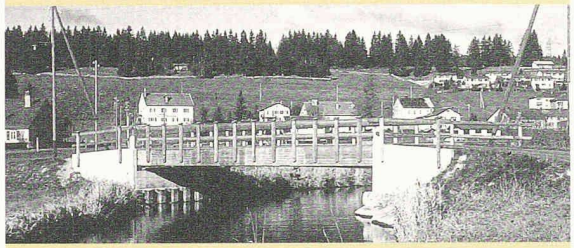


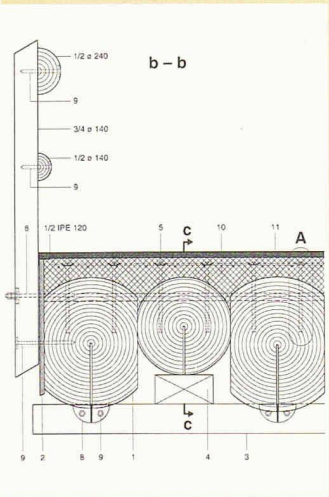
Wohnhaus, Rieselfeld (D), 1999

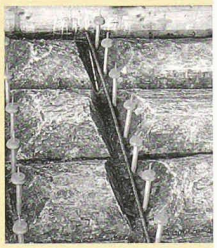
Dieses Bauvorhaben wurde als viergeschossiges Wohnhaus mit horizontalen und vertikalen Tragsystemen in Holz-Beton-Verbundbauweise ausgeführt. Brandschutztechnisch erfüllen die Trennwände die Anforderung F 90. Die auskragende Decke der 3. Etage überdacht einen aussenliegenden Gang, der durch ein Vertikalträgersystem aufgelagert wurde. Die Trennwände der Appartements bestehen aus zwei 8 cm starken Brettstapelwänden, deren Zwischenraum mit 15 cm Beton ausgefüllt wurde.



Schwerlastbrücke, Le sentier (CH), 1997
Hauptziele waren die optimale Nutzung des Rohstoffes einer Forstgemeinde und der Einsatz moderner Bautechniken. Der Holz-Beton-Querschnitt besteht aus acht 13 m langen Rundholzquerschnitten (∅ 48–72 cm). Um damit eine parallel begrenzte Fahrbahnplatte zu erreichen, wurden diese zweiseitig sägegestreift und mit Entlastungsnuten versehen. Die Verteilung der Radlasten erfolgt über die Bewehrung in den Kerben der Beton-Verbundplatte. Die Bremskräfte werden über Stahlteile auf die Auflager übertragen.



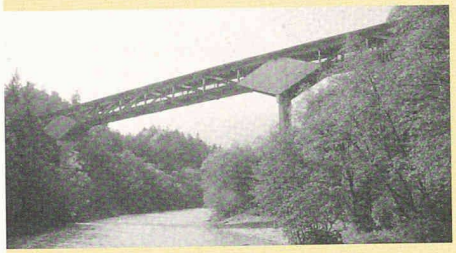


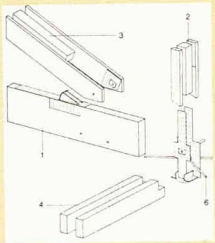


Raumstrukturen

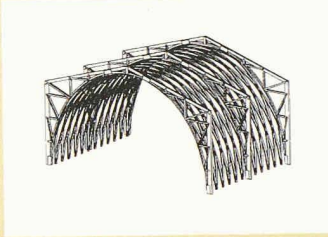
Neben dem selektiven Einsatz des Baustoffes Holz verlangt die Verwirklichung von Hightech-Bauwerken wie Brücken oder weitgespannten Überdachungen eine sorgfältige Planung, um «leichte» und architektonisch anspruchsvolle Konstruktionen zu realisieren. Bei der Optimierung der Struktur sind dabei mehrere Kriterien zu berücksichtigen. Durch die gezielte Wahl eines statisch unbestimmten Systems werden die auftretenden Einwirkungen umgelagert und auf Elemente von hoher Qualität übertragen. So können die unterschiedlichen Holzcharakteristika ausgeglichen werden. Darüber hinaus ermöglicht die Einbindung druckbeanspruchter Stabsysteme die Spannweiten der Haupttragwerke zu verringern. Dadurch kann die Biegebeanspruchung zu Gunsten der Normalkraftbeanspruchung verringert werden, was wiederum zur Querschnittsoptimierung beiträgt. Nicht zuletzt kommt den Details, die oft einen Grossteil der Konstruktionskosten ausmachen, eine grosse Bedeutung zu. Es sollte angestrebt werden, diese auf ein Minimum zu beschränken. So können mit Hilfe druckbeanspruchter Elemente kostengünstige Verbindungen durch einfaches Zusammenfügen der Teile bewerkstelligt werden. Die Stabstrukturen ermöglichen ausserdem verschiedene Ausführungsvarianten, die sich durch die Zwischenraumaufteilung an die Innenarchitektur des Gebäudes anpassen.
Raumstrukturen aus biegesteifen Holzrippenschalen erfüllen die eben genannten Kriterien; sie sind statisch hochgradig unbestimmt und werden hauptsächlich durch Axialkräfte beansprucht. Ausserdem überzeugen die Holzrippenschalen einerseits durch ihre Formenvielfalt, die fast beliebige Schalenformen erlaubt, andererseits durch das einfache Ausführungsprinzip, das auch von kleineren und mittleren Betrieben ohne grosse Investitionen realisiert werden kann. Die Konstruktion besteht im Wesentlichen aus mehreren miteinander verschraubten Brettlagen, die an den Kreuzungspunkten alternierend durchlaufen und aufgrund ihrer nachgiebigen Verbindung ein grosses Lastumlagerungspotenzial aufweisen. Die hohen Anforderungen an die Genauigkeit und die vielfältigen Möglichkeiten der Formenwahl machen ein enges Zusammenspiel von Architekt und Tragwerksplaner bereits in der Entwurfsphase unabdingbar.

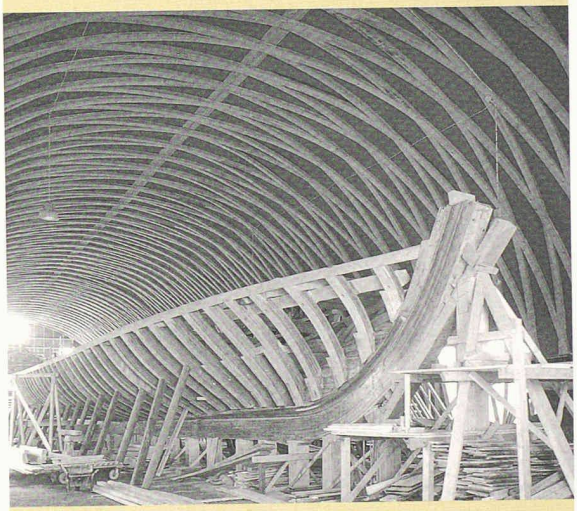
Brücke, Wimmis (CH), 1989
Haupttragsystem der Brücke aus zwei parallelgurtigen und über drei Felder von 27, 54 und 27 m durchlaufenden Fachwerkträgern, Fahrbahn mit Querträgern im Abstand von 6.75 m. Liegender Verband zur Stabilisierung der Brücke aus den Untergurten des Hauptträgers, den Querträgern und sich kreuzenden Rundstahldiagonalen gebildet.



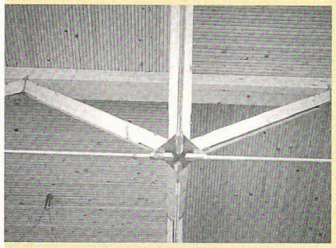


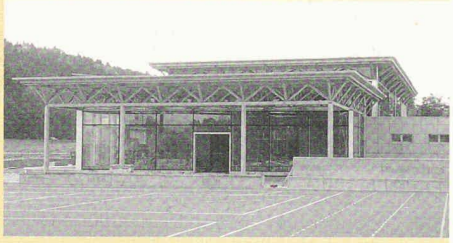
Halle für eine Galeere, Morges (CH), 1995
Dieses Projekt wurde durch zum Teil ungelernte Arbeitskräfte erstellt. Durch die diagonale Anordnung von Brettstapeln als Tonnengewölbe ist die Längsaussteifung der Halle gewährleistet. Die Belastungen quer zum Gebäude werden von externen Schnittholzrahmen aufgenommen.



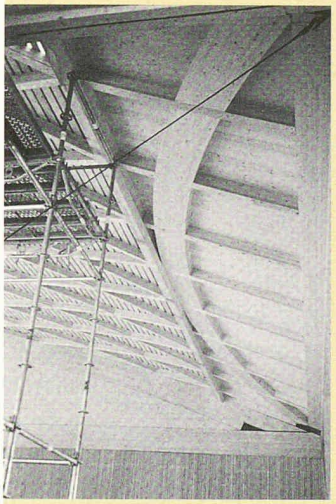


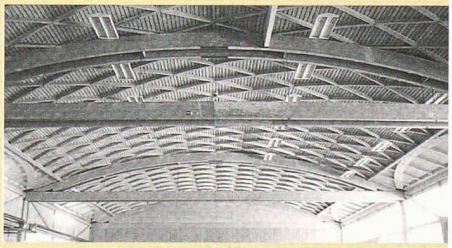
Mehrzweckhalle, Lüterkofen (CH), 1993
Der Eingangsbereich ist ein Fachwerkrost (Spannweite 16 x 16 m, Rasterfeld 2.3 x 2.3m). Die Lastabtragung erfolgt in zwei Richtungen. Das Dach der Sporthalle besteht aus Fachwerkbindern.

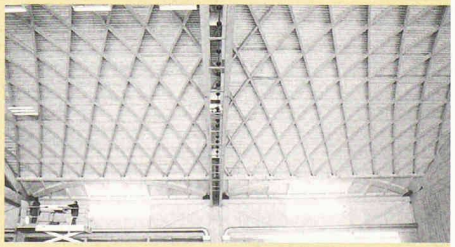




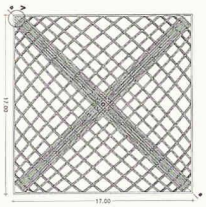
Sporthalle, Arlesheim (CH), 2000
Das Dach besteht aus einer Holzrippenschale (35 x 54 m²). Die Randlasten der Tonnenschale nehmen in der Schalenebene liegende Bögen, leiten sie in die Auflager. Die horizontalen Auflagerkräfte werden von den Zugstäben der senkrecht zur Hallenachse liegenden Bögen aufgenommen, die auch asymmetrische Lasten auf die Tonnenschale abtragen können.

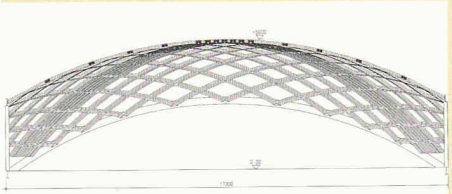


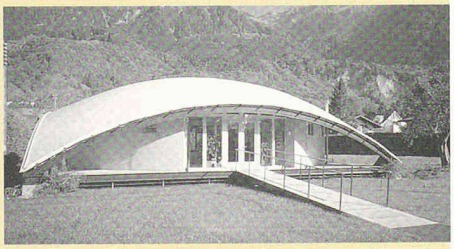




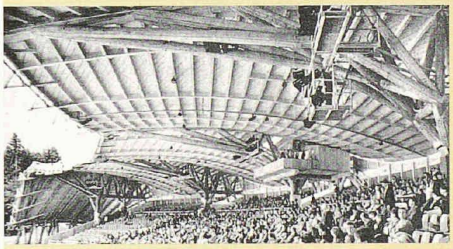
Kindergarten, Triesen (FL), 1999
Sphärische Kuppelschale aus Holzrippen, die eine Grundfläche von 1717 m² bedeckt. Aufgrund des schlechten Baugrundes wurde das gesamte Bauwerk auf den vier Eckpunkten aufgelagert. Der Boden wird von Stahlprofilen getragen, die an den Randbögen der Schale aufgehängt sind.



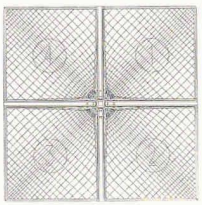


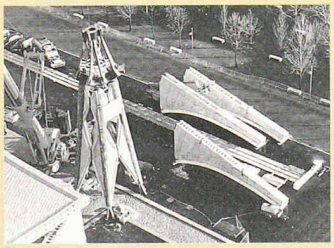


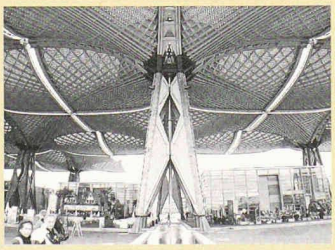
Freilichttribüne, Altusried (D), 1998
Die Freiluftbühne bietet 4000 Zuschauern Platz. Die Struktur überdacht eine Fläche von 30 x 100 m² in einer Höhe von 13 m. Die vier hoch belasteten Fachwerkträger aus Rundholzstämmen sind im Abstand von 25 m angeordnet. Die Dachschale ist zwischen den Fachwerkträgern gespannt und besteht aus zweilagig diagonal vernagelten Brettern.



ExpoDach, Hannover (D), 2000
Das Dach besteht aus insgesamt 10 miteinander gekoppelten Schirmen die eine Grundfläche von 16 000 m² überspannen. Die Struktur der Schirme setzt sich aus jeweils vier Rippenschalen, vier Kragträgern, einem zentralen Stahlknoten und der Turmkonstruktion zusammen. Die Wahl der Konstruktionsart und der Baustoffe für die einzelnen Bauteile richtete sich nach den jeweiligen Tragwirkungen, den architektonischen Anforderungen und den unterschiedlichen Materialeigenschaften. Brettschichtholz und unterschiedliche Holzwerkstoffe wurden unter Berücksichtigung des konstruktiven Holzschutzes zum Einsatz eingesetzt.







Schlussfolgerungen

Sowohl in der Vergangenheit als auch in der Zukunft kann die Gesellschaft die ökologischen Herausforderungen nur dann bewältigen, wenn dem Wald ein wirtschaftlicher Wert zukommt, der es erlaubt, die Kosten für die nachhaltige Bewirtschaftung zu decken. Unsere Vorfahren pflanzten und schützten den Wald nicht nur aus einer altruistischen Gesinnung, sondern weil sie sich bewusst waren, dass er ihnen nicht nur Brennmaterial für ihr Feuer, sondern auch Bauholz lieferte. Die ausgleichende Wirkung der Wälder auf klimatische Einflüsse sowie ihre Schutzfunktion müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Ausserdem übt der Wald soziale, ästhetische und kulturelle Funktionen aus, die nicht monetär abgegolten werden können. Die Verwendung von Holz im Bauwesen ist deshalb die einzige Chance, die Wälder der Welt zu retten, da deren Nutzung direkt zu ihrer Erhaltung und Verjüngung beiträgt. Der ausschliessliche Gebrauch von Holz zur Energieerzeugung kann diese Ziele allein nicht finanzieren.

Die zukünftigen Wälder können ihre Aufgaben zum Wohle der Menschheit und der Umwelt nicht allein dadurch erfüllen, dass sie geschützt werden, sowenig wie die Städte der Zukunft allein durch Denkmalschutz unterhalten werden können. In Zukunft wird den Wäldern wegen der Verknappung der fossilen Energien und Rohstoffe bei einer stärkere Berücksichtigung der CO_2-Bilanz eine bedeutendere Rolle als Baustoff- und Sauerstofflieferant zukommen.

Es ist deshalb zwingend erforderlich, die Forschung und Entwicklung im Gebiet Holz zu intensivieren. Parallel dazu muss die Ausbildung auf Diplom- und Nachdiplomstufe verstärkt werden, um eine zeitnahe Umsetzung der Forschungsergebnisse und -entwicklungen in der Praxis zu ermöglichen. Das Holz muss seine privilegierte Stellung, die es einst innerhalb der Gesellschaft innehatte, zurückgewinnen. Dies soll jedoch nicht in nostalgischer Weise, durch Verherrlichung der traditionellen Konstruktionen, sondern durch deren Weiterentwicklung zu innovativen Konzepten verwirklicht werden. Durch die perfekte Übereinstimmung der Form mit der Funktion und eine sorgfältige Auswahl des Baumaterials muss den Anforderungen der modernen Architektur zu konkurrenzfähigen Bedingungen entsprochen werden.

Die Wahl von Holz ist nicht nur ein Beweis für Qualitätsarchitektur, sondern stellt einen konstruktiven Beitrag für die Erhaltung der Umwelt dar.

Prof. Julius Natterer,
EPFL-Ibois GCH2 1015 Lausanne

Quellen / Internet

1978 Götz, K.-H.; Hoor, D.; Natterer, J.: Holzbau-Atlas. Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH, D-8000 München

1990 Natterer, J.; Herzog, Th.; Volz, M: Holzbau Atlas Zwei. Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH, D-8000 München

http://iboiswww.epfl.ch/