

# Holz : Bewährtes oder Neues?

Autor(en): **Gehri, Ernst**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal  
= Journal forestier suisse**

Band (Jahr): **143 (1992)**

Heft 9

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-765849>

## **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.

# Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen Journal forestier suisse

143. Jahrgang

September 1992

Nummer 9

## Holz – Bewährtes oder Neues?<sup>1</sup>

Von *Ernst Gehri*

FDK 8: UDK 694: UDK 691.11

### Holz – ein vielfältig einsetzbarer Rohstoff

Im Laufe der Entwicklung der Menschheit wurde Holz in vielfältiger Form für die verschiedensten Zwecke eingesetzt. Viele dieser Einsatzbereiche sind heute in Vergessenheit geraten; Holz hatte hier eine Übergangs- oder Pionierfunktion. Die spätere Ablösung durch andere Bau- und Werkstoffe erfolgte zum Teil aus wirtschaftlichen Gründen, zum Teil aber auch wegen der Schwierigkeiten, den erhöhten Bedarf kurzfristig zu decken.

Während Jahrtausenden hat sich das Holz als Baustoff bewährt. Ein wichtiger Anwendungsbereich war und ist auch heute noch der Hausbau. Ausgehend von den Rundholzbauten haben sich im Laufe der Zeit Bauformen entwickelt, die einen höheren Vorfertigungsgrad aufweisen.

In städtischen Ansiedlungen führte der hohe Bedarf an Holz zu Bau- und zu Heizzwecken bereits im Altertum zur Abholzung von Wäldern. Im Mittelmeerraum kam der grosse Bedarf an Holz für den Schiffsbau hinzu. So ist es nicht erstaunlich, dass für den Hausbau hier vermehrt andere Baustoffe eingesetzt werden mussten. Das Bauholz wurde nur noch dort eingesetzt, wo andere Baustoffe ähnliches noch nicht erreichen konnten, das heisst für Balkenlagen und für Dachkonstruktionen, eventuell auch für die tragenden Ausfachungen.

Auch im heutigen hochtechnisierten Leben begegnen wir ständig dem Rohstoff Holz, oftmals nicht mehr in seiner natürlichen Form, sondern in einem weitgehend modifizierten Zustand, zum Beispiel als Spanplatte oder als Papier oder noch weiter modifiziert als Viskose oder als Chemierohstoff.

<sup>1</sup> Schriftliche Fassung der Einführungsvorlesung an der ETH Zürich, gehalten am 2. Dezember 1991: aus drucktechnischen Gründen wurde auf die Wiedergabe der zahlreichen farbigen Beispiele verzichtet und der Text dementsprechend leicht angepasst.

## Holz – ein bewährter Rohstoff

Der Rohstoff Holz hat im Laufe der Zeit die unterschiedlichsten Anwendungen gefunden. Es sei hier nur an den früheren, fast exklusiven Einsatz des Holzes in den verschiedenen Bereichen des Transportwesens erinnert: auf dem Wasser als Floss, Kanu und Schiff; auf dem Lande als Schlitten, Rad, Wagen, ja sogar als Karosserien von Personenautos und Eisenbahnwagen; in der Luft als Flugzeug oder Teile davon wie Flügel, Propeller bis zu Rümpfen von Düsenflugzeugen.

Die Langlebigkeit von Holzprodukten – erkennbar an alten Holzbauten, an Möbeln oder an Musikinstrumenten – ist eigentlich für ein Naturprodukt, das an sich einfach und leicht abbaubar ist, erstaunlich.

Analog den technischen Produkten wie Stahl und Beton muss auch beim Naturprodukt Holz durch geeignete Massnahmen der Abbau weitgehend verhindert oder zumindest verzögert werden. Je nach Anwendungsbereich werden unterschiedliche Massnahmen getroffen. Soweit möglich begnügt man sich mit rein konzeptionellen oder konstruktiven Massnahmen. Falls diese nicht genügen, werden sie ergänzt durch technische Schutzmassnahmen.

Im Grundsatz beruhen die konzeptionellen Massnahmen darauf, entweder das Holz in einem dauernd nassen Zustand – analog dem Zustand im lebenden Baum – oder in einem dauernd trockenen Zustand zu verwenden.



Abbildung 1. Unüberdachte Holzbrücke.

Der Zwischenzustand nass/trocken (vgl. *Abbildung 1*) weist optimale Bedingungen für einen raschen Holzabbau auf. Deshalb ist von Bedeutung, dass dieser labile Zwischenzustand zeitlich möglichst rasch durchfahren wird. Durch konzeptionelle Massnahmen ist zudem dafür zu sorgen, dass anwendungsbedingte, unvermeidbare Neubefeuchtungen nur oberflächlich und kurzfristig auftreten. Andernfalls sind Holzarten zu verwenden, die dank spezifischer Einlagerungen eine höhere natürliche Resistenz aufweisen. Wo längere Feuchteperioden unvermeidlich sind, ist mit einer Erneuerung zu rechnen, wenn nicht ergänzende Massnahmen, zum Beispiel durch chemischen Holzschutz, getroffen werden.

### **Holz – ein erneuerbarer Rohstoff**

Wesentliches Merkmal des Rohstoffes Holz ist die natürliche Reproduktion. Unter Beibehaltung der Waldfläche steht auch längerfristig dieser Rohstoff zur Verfügung – ein genereller Einbruch der Holzzuwachsraten wurde trotz zunehmender Kronenverlichtungen bisher nicht festgestellt. Zudem ist – zumindest in der Schweiz – eine wesentliche Steigerung der Holzernnte möglich. Dies bedingt allerdings eine weitergehende Erschliessung und steht oftmals im Widerspruch mit Ansprüchen seitens des Natur- und Landschaftsschutzes.

Bei anderen Rohstoffen lassen sich die längerfristigen Aussichten weniger genau abschätzen. Entscheidend ist hier nicht allein die Rohstoffbasis, sondern die zur Beschaffung des Rohstoffes eingesetzte Technologie. Massive Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen ermöglichten hier laufend Verbesserungen und Neuerungen. Insbesondere konnten Energieaufwand und Umweltbelastung drastisch reduziert werden. Zu beachten ist zudem, dass gerade bei den energieintensiven Rohstoffen dem Recycling grössere Bedeutung zukommt und deshalb auch bei Rohstoffen wie Glas, Stahl und Aluminium dies bisher weitergediehen ist. Für den Rohstoff Holz kommt dies erst im Bereich Papier zum Tragen. Man beachte: auch die Papierherstellung erfordert viel Energie.

Infolge der kurzen Lebensdauer oder genauer der Nutzungsdauer vieler Produkte – kurz im Vergleich zur erforderlichen Zeit für die natürliche Erneuerung – könnten bei erhöhtem Bedarf bald Versorgungsprobleme auftreten. Dies ist nicht neu. Vor knapp 200 Jahren führte der grosse Holzbedarf für Bau- und Energiezwecke – hier insbesondere im Zusammenhang mit der Verhüttung von Metallen – zu einer Übernutzung des Waldes, auch in der Schweiz. In England wurden die Eichenwälder durch den grossen Bedarf für den Schiffbau erschöpft. Der jährliche Erneuerungsbedarf der Flotte überstieg hier den Zuwachs wesentlich, so dass Versorgungsprobleme auftraten. Eng-

land löste – zumindest kurzfristig – das Problem, indem es fremde Ressourcen mobilisierte, das heisst die Wälder seiner Kolonien hierfür einsetzte.

Beim erneuerbaren Rohstoff Holz ist ein Gleichgewicht zwischen möglicher Nutzung und langjährigem Bedarf anzustreben. Im Hinblick auf die starken, konjunkturbedingten Schwankungen des Bedarfes ist eine flexiblere Nutzung bezüglich Menge, Holzart und Qualität anzustreben, das heisst der Wald müsste hier eine stärkere Pufferfunktion bilden. Die zurzeit vorhandene Unternutzung führt zu einer Überalterung mit gewichtigen Nachteilen wie der Abnahme der Widerstandskraft des Bestandes und die Abnahme der Holzqualität.

Zudem können gerade in Zukunft starke Umwälzungen in Abnehmerkreisen des Rohstoffes Holz nicht ausgeschlossen werden. Bedingt durch vermehrtes Recycling des Papiers vermindert sich der Bedarf an Holzschliff und Zellstoff und somit auch an Industrieholz. Alternativverwendungen sind somit hier in Betracht zu ziehen.

### Holzeinsatz im «naturbelassenen» Zustand

Im Vordergrund stehen hier die Eigenschaften des Stammholzes, und zwar nicht in der ursprünglichen Form als Rundholz, sondern als Kantholz, Bohle oder Brett. Von besonderem Interesse sind die während der Nutzungsperiode, das heisst im Nutzungszustand vorhandenen Eigenschaften, seien dies mechanische Eigenschaften wie Festigkeit oder Elastizität, seien dies physikalische Eigenschaften wie die Wärmeleitfähigkeit oder der Dampfdiffusionswiderstand.

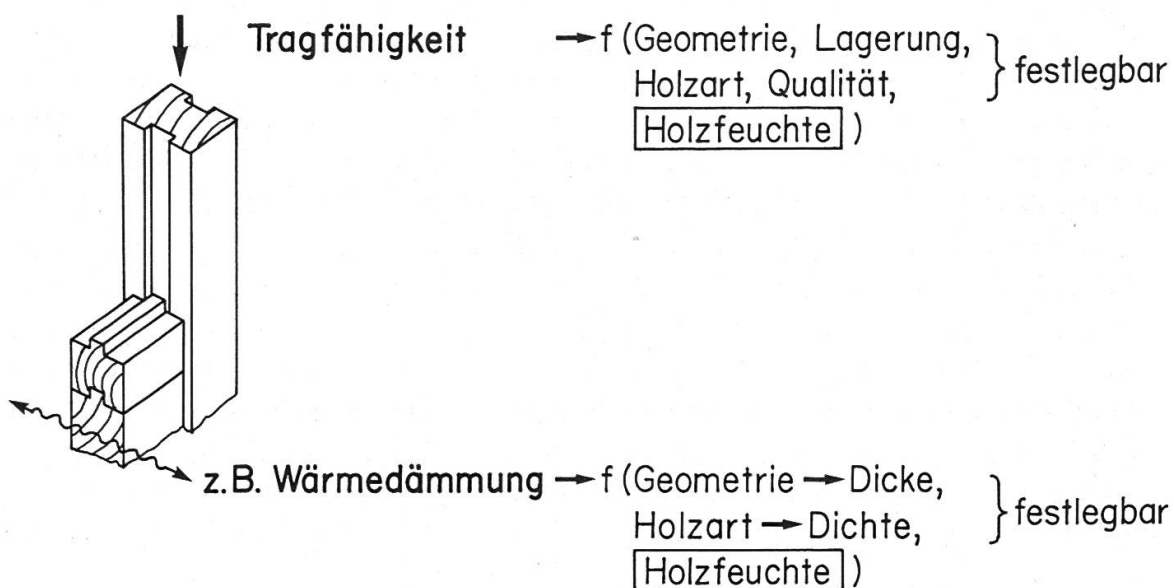


Abbildung 2. Ausschnitt einer Wand.

Bei der Umschreibung dieser Eigenschaften (vgl. *Abbildung 2*) trifft man fast ausnahmslos auf den Faktor Holzfeuchte oder Wassergehalt. Dabei ist die Holzfeuchte während der Nutzungsperiode in der Regel keine feste Grösse, sondern abhängig von den Umgebungsbedingungen wie Temperatur und Luftfeuchtigkeit, die nur beschränkt steuerbar sind.

Holzfeuchteänderungen sind meist unerwünscht: einerseits wegen der daraus resultierenden Änderungen in den mechanischen und physikalischen Eigenschaften und andererseits wegen der auftretenden Dimensionsänderungen mit Nebenwirkungen wie Rissen und ungenauen Passungen.

Diese an sich triviale Forderung zu erfüllen, bemühten sich bereits Generationen von Holzanwendern. Eine einfache Lösung ist nicht in Sicht und dürfte noch künftige Technologien herausfordern.

Grössere Kantholzquerschnitte lassen sich kaum ohne Rissbildung und Verformungen heruntertrocknen. Für den Anwender bestehen zwei Möglichkeiten:

- Akzeptieren der Risse, das heisst mit den Trocknungsrisen im Holz leben, so wie dies früher bei vielen Holzbauten der Fall war.
- Übergang zu Holzwerkstoffen wie Brettschichtholz oder sogar Verwendung anderer Baustoffe und Bauweisen.

Woher diese Schwierigkeiten bei der Holz Trocknung?

Häufig wird auf die früher verwendeten längeren Trocknungsdauern und auf die natürliche Trocknung hingewiesen, die ein schonenderes Trocknen erlaubten als die heutigen technischen sogenannten künstlichen Trocknungen. Eingehende Untersuchungen belegen, dass dies nicht der Fall sein muss, ja dass der kontrolliertere technische Trocknungsverlauf sogar bessere Gewähr für eine schonende Trocknung bietet.

Ausgangspunkt der Betrachtungen darf nicht der Zustand des Holzes während der Nutzbarmachung durch den Menschen sein. Ausgangspunkt ist das Holz in seinem natürlichen oder ursprünglichen Zustand, das heisst als Stamm eines gesunden, ausgewachsenen Baumes. Dabei dürfen wir annehmen, dass sich im Laufe der Jahrtausende die Holzstruktur optimal auf die Anforderungen im stehenden, aktiven Baum eingestellt hat.

Die Struktur des Baumes wird alleine durch die Anforderungen während der aktiven Zeit bestimmt. Diese Anforderungen entsprechen nicht den späteren Anforderungen menschlicher Holznutzung. Der natürliche Rohstoff Holz wurde nicht auf menschliche Bedürfnisse optimiert. Durch gezielte technische Massnahmen kann dennoch in weitesten Bereichen ein optimaler Einsatz erfolgen.

Vorgängig sollten jedoch einige Eigenheiten des Holzes näher betrachtet werden.

## Bedeutung der Holzfeuchte für die Holzeigenschaften

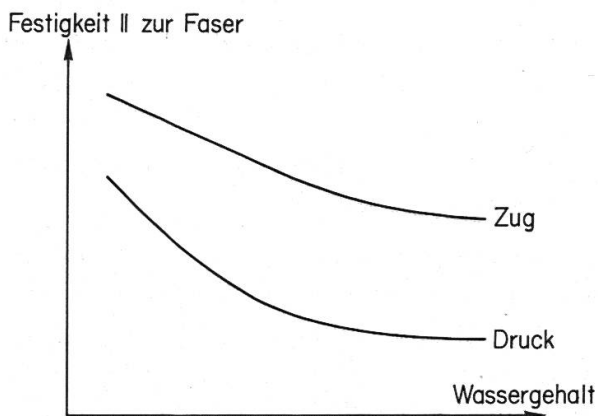
Am Beispiel der Wärmeleitfähigkeit und der Festigkeit soll exemplarisch der Einfluss der Holzfeuchte aufgezeigt werden:

### Wärmeleitfähigkeit

Mit zunehmendem Wassergehalt steigt die Wärmeleitfähigkeit: das gleiche gilt bei zunehmender Holzdichte. Um eine gute Wärmedämmung zu erreichen, sind trockene, leichte Nadelhölzer (mit hohem Porenvolumen) einzusetzen.

### Mechanische Eigenschaften

Holz mit seinem faserförmigen Aufbau weist hohe Festigkeiten auf Zug und wesentlich geringere Festigkeiten auf Druck auf, und dies trotz des effizienten, röhrenförmigen Aufbaues, da örtliche Stauchungen zu einem Einknicken der Faser führen. Von Bedeutung ist hier aber der unterschiedliche Einfluss der Holzfeuchte bezüglich Zug und Druck parallel zur Faser (vgl. *Abbildung 3*).



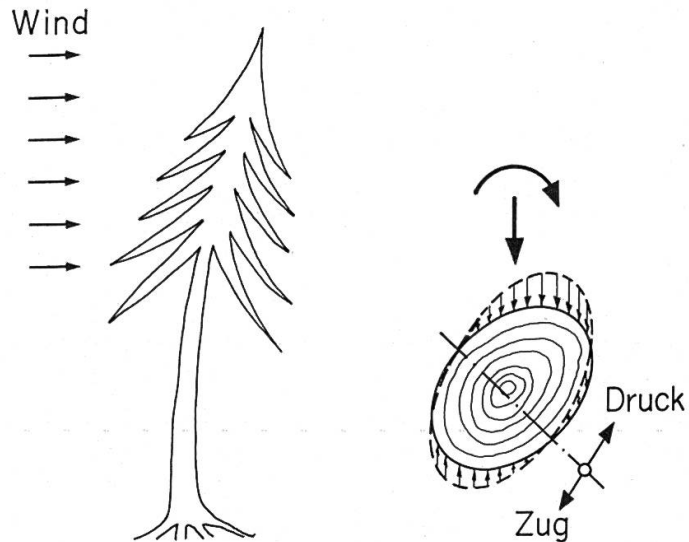
*Abbildung 3.* Festigkeitseigenschaften II zur Faser.

Diese Feststellungen sind an sich plausibel. Zunehmender Wassergehalt vermindert den Stützeffekt benachbarter Mikrofibrillen, was sich insbesondere bei Druckbeanspruchung bemerkbar macht.

Das gleiche Faserbündel vermag demzufolge im wassergesättigten Zustand rund das Doppelte auf Zug als auch auf Druck aufzunehmen. Die Folgerung daraus könnte sein, dass die heutige Baumform nicht gerade ideal ist.

## Baumstruktur

Aus Gründen – auf die ich hier nicht einzugehen brauche – hat die Natur für den Baum die Form des elastisch eingespannten Biegestabes bevorzugt (vgl. *Abbildung 4*).

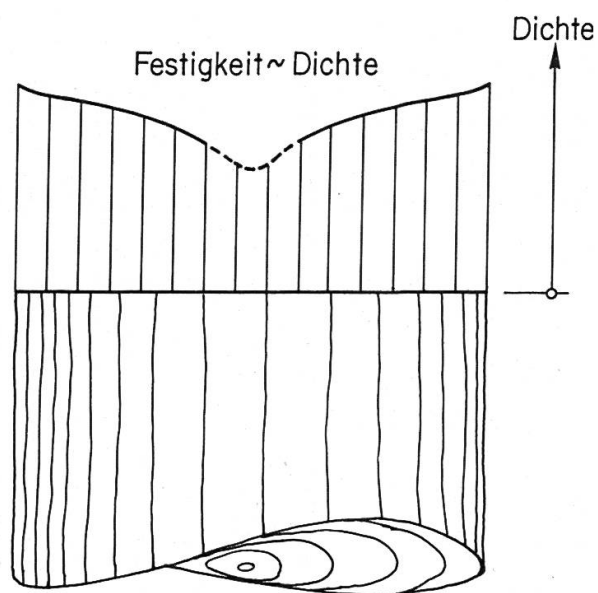


*Abbildung 4.* Baum als Biegestab.

Eine ideale Form für eine derartige Beanspruchung (ideal elastisches Verhalten vorausgesetzt) würde ein Rohrquerschnitt mit variablem Durchmesser darstellen, ist doch bei rundem Vollquerschnitt der Anteil der inneren Bereiche am Biege­widerstand gering.

Bedingt durch den jährlichen ringförmigen Zuwachs ist beim Baum ein eigentlicher Hohlquerschnitt ausgeschlossen. Durch Ausbildung der Aussen-

Dichteverteilung über Stammquerschnitt



*Abbildung 5.* Dichteverteilung über dem Stammquerschnitt.



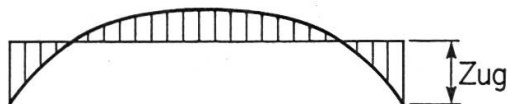
ringe mit höherer Dichte und auch höherer Festigkeit wird jedoch, soweit anatomisch möglich, diesem Prinzip Nachachtung verschafft.

Bei Biegung infolge Wind und Druck infolge des Eigengewichts des Baumes ist die Druckbeanspruchung die dominantere Grösse. Um trotz der geringen Druckfestigkeit der Holzfaser eine höhere Überlebenschance zu haben, benutzt der Baum zwei weitere, tragfähigkeitssteigernde Prinzipien:

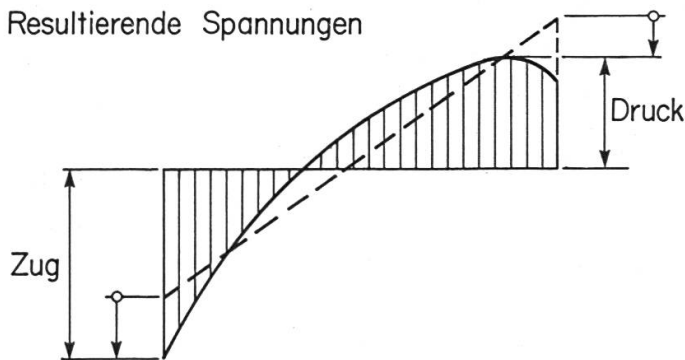
### 1. Aufbau eines geeigneten Eigenspannungszustandes

Die Überlagerung eines Eigenspannungszustandes oder Wachstumsspannungen mit hohen Zugspannungen im äusseren Stammbereich, sowohl parallel zur Faser als auch tangential, führt zu einer wesentlichen Verminderung der massgebenden Druckbeanspruchung in der Randzone (vgl. *Abbildung 6*).

Eigenspannungszustand über Querschnitt

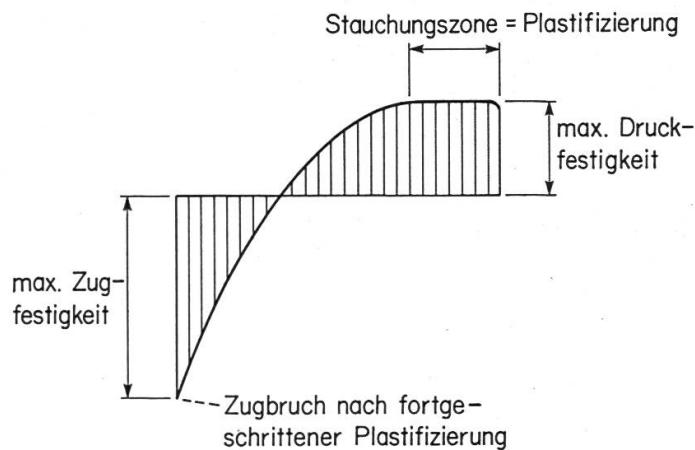


Resultierende Spannungen



*Abbildung 6.* Einfluss der Wachstumsspannungen auf die Gesamtbeanspruchung.

Maximaler Tragwiderstand



*Abbildung 7.* Ausbildung einer Stauchungszone.

## 2. Ausbildung von Stauchungszonen

Die Stauchungszonen ermöglichen einen Ausgleich der Druckbeanspruchung über grössere Querschnittsbereiche. Das vollständige Versagen tritt erst bei einem noch höheren Beanspruchungsniveau ein, und zwar durch Überschreiten der Zugfestigkeit der Holzfasern (vgl. *Abbildung 7*).

### **Analogien zu Tragmodellen «moderner» Baustoffe und Bauweisen**

Auch die Bautechnik versucht, sich die drei aufgezeigten Möglichkeiten nutzbar zu machen:

1. Durch angepasste Materialverteilung und insbesondere durch Anordnung von Material höherer Festigkeit, dort wo die stärksten Beanspruchungen erfolgen. Dies ist ein grundlegendes Prinzip für die Formgebung effizienter Tragelemente und effizienter Querschnitte.
2. Der Aufbau eines günstigen Eigenspannungszustandes wird wohl angestrebt, aber nur punktuell erreicht. Zurzeit wird er fast nur zur Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit im Maschinenbau, zum Beispiel für Nockenwellen, eingesetzt. Der Aufbau eines günstigen Eigenspannungszustandes und dessen Kontrolle sind schwierig. Im Bauwesen muss man heute eher mit ungünstigen Eigenspannungszuständen leben, zum Beispiel bei Vollstahlstützen, wo infolge der ungleichmässigen Abkühlung sich ungünstige Druckeigenspannungen im Aussenbereich aufbauen, die zu einem deutlichen Abfall des Tragwiderstandes führen.
3. Das Heranziehen des plastischen Werkstoffverhaltens ist ein altes Prinzip, das seit rund 50 Jahren auch in der Stahl- und Stahlbetonbauweise eine zunehmende Bedeutung bekommen hat.

Geht man zurück zum Tragverhalten des Baumes, so erkennt man das Folgende. Der Aufbau des Stammes aus Röhrenbündel – aus anatomischen Gründen erforderlich – weist insbesondere im fasergesättigten Bereich ungünstige Druckeigenschaften auf. Diese an sich nicht idealen Eigenschaften werden jedoch durch günstigere Materialanordnung, Aufbau eines günstigen Eigenspannungszustandes und durch das Einstellen von plastischen Stauchzonen bestens kompensiert.

### **Ausgangszustand – zerlegter Zustand**

- Mit dem Fällen des Baumes ergeben sich
- infolge Unterbruchs des Wassertransportes Änderungen im Wassergehalt,

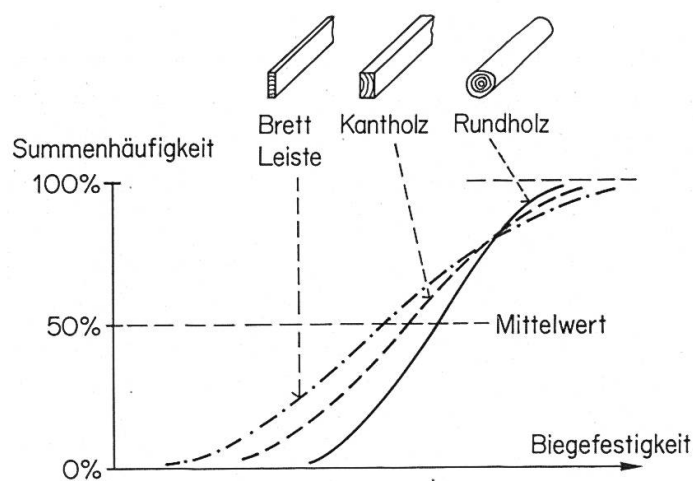
- infolge Unterbruchs der mechanischen Bindungen Änderungen des Spannungszustandes im Schnittbereich

In beiden Fällen strebt der gefällte Stamm einem neuen Gleichgewichtszustand zu.

Bei Holzarten mit hohen Eigenspannungen bzw. hohen Wachstumsspannungen, wie Buche oder Esche, kann diese Änderung bereits kurz nach dem Fällen zum unerwünschten Aufreissen der Stammenden führen.

Als wirkungsvolle Einschlagmethode wäre hier der «Biberschnitt» zu erwähnen, bei dem ein konischer Auslauf des Stammendes einen günstigeren Spannungszustand ermöglicht.

Ausgehend vom späteren Anwendungsbereich wird das Stammholz zerlegt zu Kanthölzern, Brettern und Leisten (vgl. *Abbildung 8*).



*Abbildung 8.* Einfluss des Zerlegens auf die Biegefestigkeit des Holzes.

Je weiter der Zerlegungsgrad, desto grösser wird – bei gleichem Ausgangsmaterial – die Streuung der Eigenschaften, zum Beispiel der Biegefestigkeit, sein. Dies ist unerfreulich, besonders wenn keine eindeutigen und zuverlässigen Sortierungskriterien vorliegen, die eine korrekte Gruppenzuordnung ermöglichen. Weiter kann beobachtet werden, dass auch der Mittelwert der Eigenschaften absinkt, werden doch durch den Sägeschnitt natürliche und optimale Strukturen willkürlich getrennt.

Durch das Zerlegen werden die Eigenspannungen teilweise abgebaut, zum Teil ergeben sich daraus Verformungen. Die beim Rundholz günstigen Spannungszustände und Dichteverteilung werden jedoch willkürlich gestört.

### Technische Massnahmen

Bedingt durch die grossen Qualitätsunterschiede des zerlegten Holzes sind effiziente technische Massnahmen erforderlich.

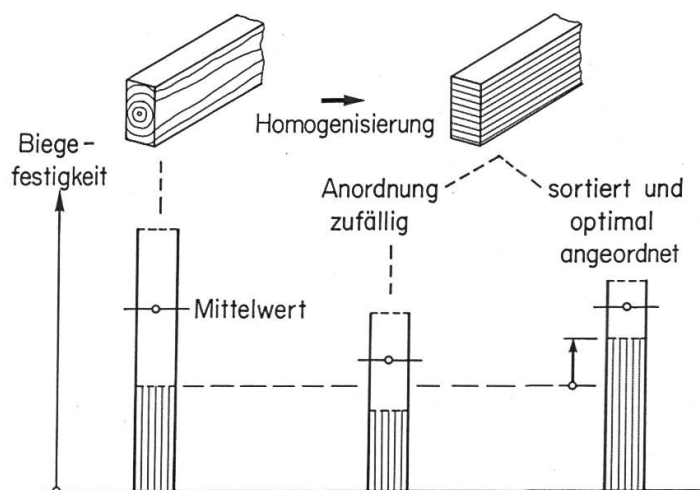
Für tragend eingesetzte Holzteile stehen Festigkeit und Steifigkeit im Vordergrund. Für kleinere Querschnitte, meist Bretterware bis 50 mm Dicke, wird im Ausland durch maschinelle Sortierung eine bessere Trennung der Sortimente erreicht als mit den heute noch in der Schweiz üblichen visuellen Kriterien. Für grössere Querschnitte, das heisst für Kanthölzer wie in der Schweiz meist eingesetzt, wird zurzeit eine Sortierung mittels Ultraschalls erprobt. Zumindest für Biegebeanspruchung und für Kantholz sind die Ergebnisse positiv ausgefallen.

Heute wird grosses Gewicht auf die technischen Möglichkeiten gelegt, die durch Zerlegen und anschliessendes Zusammenfügen sich ergeben. Zwei Gesichtspunkte stehen dabei im Vordergrund:

- Herstellung von Bauteilen, die bezüglich Grösse und Formgebung keinen besonderen Einschränkungen unterworfen sind.

Durch das Auflösen und Zusammenfügen sind die Einsatzmöglichkeiten des Rohstoffes wesentlich erweitert worden, wobei auch ausgehend von schwächeren Dimensionen grossformatige Bauteile möglich werden.

- Herstellung von Bauteilen mit besonderen Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften, wobei im wesentlichen eine Homogenisierung angestrebt wird (vgl. *Abbildung 9*).



*Abbildung 9.* Unterschiedlicher Grad der Homogenisierung.

Nicht ganz so einfach ist die Herstellung von Bauteilen mit besonderen Festigkeitseigenschaften. Nur durch Auftrennen und willkürliches Zusammenfügen ohne vorgängige gezielte Sortierung und Anordnung ergeben sich sogar wesentliche Einbussen, was eigentlich den Erwartungen nicht immer entspricht.

Eine wichtige Komponente beim Zusammenfügen von Brettern zu längeren Lamellen – wie beim Brettschichtholz erforderlich – ist die Keilzinkenverbindung. Obwohl seit über 40 Jahren industriell eingesetzt, bildet diese Komponente immer noch die Schwachstelle im Bauteil (vgl. *Abbildung 10*).

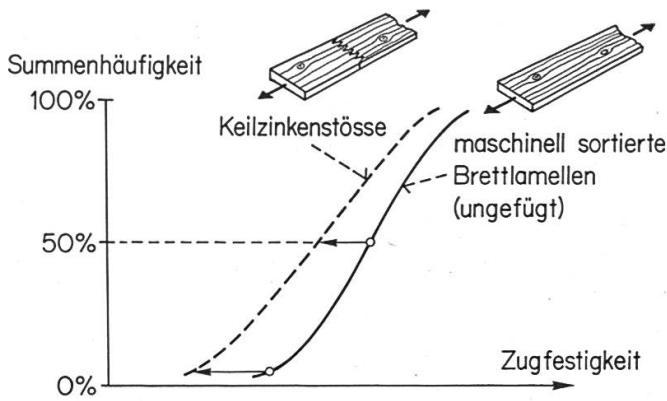


Abbildung 10. Wirkung einer Keilzinkenverbindung auf die Zugfestigkeit von Brettlamellen.

Dies wirkt sich selbstverständlich auch negativ auf den Tragwiderstand zusammengefügter Bauteile aus. Laufende Untersuchungen zeigen, dass nur rund zwei Drittel des Potentials des ungefügten Holzbrettes ausgenutzt wird. Durch rein technologische Verbesserungen des Fügeverfahrens und des Querschnittaufbaues lässt sich dieses Potential erschliessen, und zwar – was hier entscheidend ist –, ohne dass die Qualitätsanforderungen an das Holz erhöht werden müssen.

Ergänzend dazu besteht bereits heute die Möglichkeit, im hochbeanspruchten Bereich Furnierschichtholzlamellen einzusetzen. Durch die andere Art der Zerlegung und des Zusammenfügens lassen sich endlose, brettartige Lamellen herstellen, so dass die Schwachstelle – Keilzinkenstoss – eliminiert wird (vgl. *Abbildung 11*).

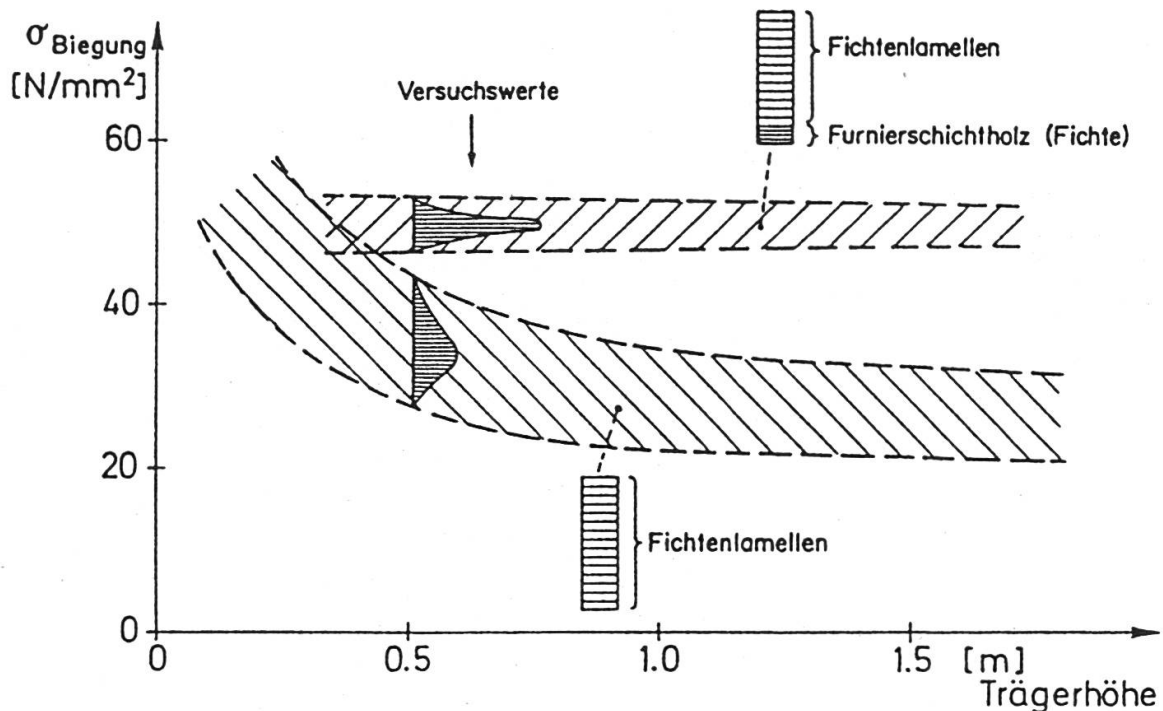


Abbildung 11. Erhöhung der Biegefestigkeit durch den Einsatz von Furnierschichtholz.

Die Ergebnisse dieser Versuche sprechen für sich. Eine Absicherung der Ergebnisse – Steigerung der Biegefestigkeit um über 30% – wird demnächst an 1 m hohen Trägern erfolgen.

Einen weiteren Schritt zur Verbesserung der Eigenschaften des Brett-schichtholzes stellt der Einsatz von Holzarten höherer Festigkeit dar, das heisst die Verwendung von Laubholzarten wie Buche und Esche an Stelle der heutigen ausschliesslichen Verwendung von Nadelholz. Damit lassen sich – bei gleichen Querschnittsabmessungen – rund 50% höhere Tragwiderstände erreichen.

Gerade im Hinblick auf das angestrebte Gleichgewicht – Holzvorkommen und Holznutzung – erwartet man hier seitens der Holztechnologie neue Impulse.

### Holz – ein «neuer» Baustoff

In Kenntnis der technischen Möglichkeiten des Zerlegens und Zusammenfügens gilt es nun, dem Bau- und Werkstoff Holz alte Anwendungsbereiche wiederzugewinnen und neue zu erschliessen.

Hier sind einige Möglichkeiten aufgezeigt, ausgehend von Kanthölzern, Brettern, Furnieren, Spänen und Fasern (vgl. *Abbildung 12*).

Bei Kultur- und Freizeitbauten kommt dem Holz seine natürliche Ausstrahlung zugute. Vermehrt arbeiten namhafte Gestalter und Entwerfer aus diesem Grunde wieder mit dem Baustoff Holz.

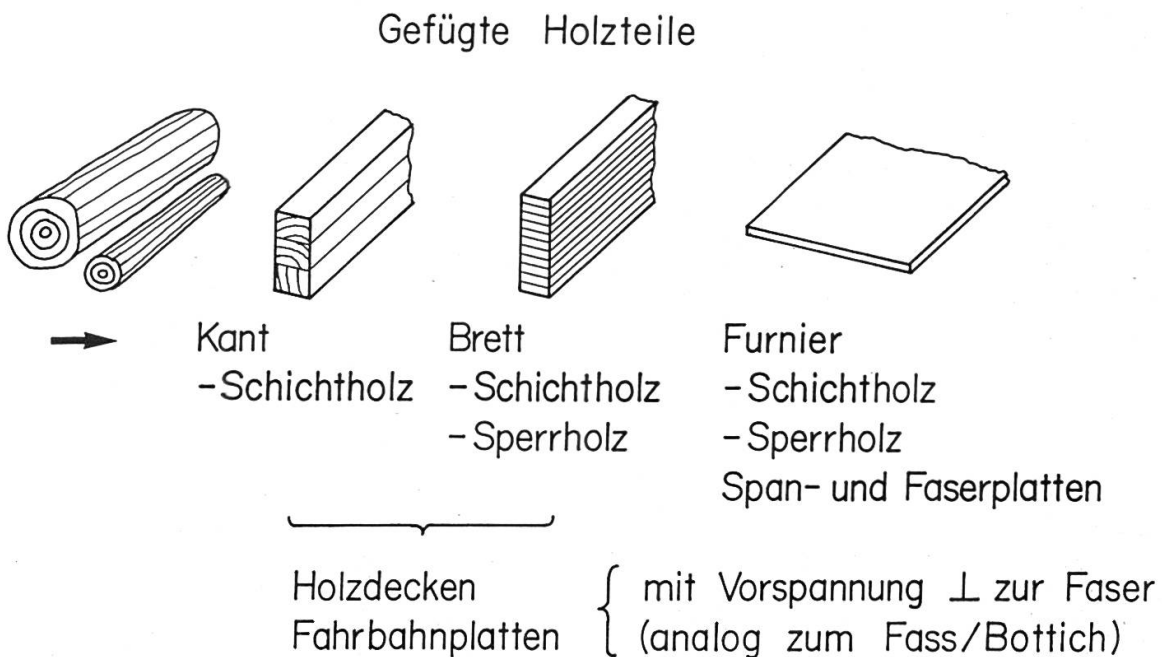


Abbildung 12. Fügemöglichkeiten.

Bei Brückenbauten stehen im Vordergrund die Tragfähigkeit und die Dauerhaftigkeit. Heute ist es wieder möglich – dank Weiterentwicklungen im holztechnologischen Bereich – diese Funktionen zu erfüllen.

Wichtiges Glied für die Neuentwicklungen im Brückenbau war die Einführung der Vorspannung im Holzbau. Dieses alte Prinzip, zum Beispiel bei Fässern und Bottichen durch Quellen der Dauben angewendet, wurde zuerst für Holzdecken in Neuseeland und später für Fahrbahnplatten von Strassenbrücken in Kanada wiederentdeckt.

Im schweizerischen Holzbrückenbau kennzeichnet die Dörflibrücke in Eggiwil einen Neubeginn. Diese zweispurige Brücke im Zuge einer Staatsstrasse weist keine Lastbeschränkung auf. Sie wurde 1984 erstellt. Verschiedene – hier erstmals – angewandte technologische Neuerungen werden inzwischen bereits als Regeln der Baukunde anerkannt. Dies gilt für die erstmalige Anwendung von Verleimung und Quervorspannung für die Fahrbahnplatte. Noch nicht weiter ausgenutzt, aber von Bedeutung ist die erstmalige Verwendung von Brettschichtholz aus Buche für die Querträger und für die Hängepfosten.

### **Holz – Planungs- und Bauabläufe**

Die Planungs- und Bauabläufe im Holzbau sind noch zu stark geprägt von der Tradition. Sie berücksichtigen zudem zu wenig die Möglichkeiten heutiger Fertigungsabläufe.

Der Planungsaufwand ist oftmals zu gross, die Details zu kompliziert. Planungshilfen sind zwar in den letzten Jahren vermehrt entstanden, zum Teil wesentlich gefördert durch das Impulsprogramm Holz. Dennoch sind viele der auf dem Markt befindlichen Produkte zu wenig auf die eigentlichen Bedürfnisse abgestimmt.

Am Beispiel eines einfachen Balkenanschlusses soll dies kurz dargestellt werden.

Die Festlegungen der Balkenabmessungen bei einer Holzbalkendecke ergeben sich meist aus Steifigkeitskriterien. Der Anschluss des Balkens an den Unterzug ergibt sich aus der Auflagerkraft.

Ausgedrückt in Funktion der Spannweite und der Balkenhöhe kann für eine gleichmässige Belastung der erforderliche Wirkungsgrad des Anschlusses direkt bestimmt werden.

Für normale Balkendecken liegt der erforderliche Wirkungsgrad um 0,5. Nun zeigt sich, dass die üblicherweise verwendeten Anschlüsse nicht optimal darauf eingestellt sind: entweder zu hoch, das heisst aufwendiger als erforderlich, oder zu tief, das heisst sie verlangen eine Verstärkung der Balkenlage.

Auf diesem Gebiet liegen – auch im Zusammenhang mit vermehrtem Einsatz von CAD, dem computerunterstützten Entwerfen – grosse Entwick-

lungsmöglichkeiten vor. Beispielhaft sei hier die Entwicklung eines weitgehend aus Holz bestehenden Balkenanschlusses, über einer angeschraubten Holzleiste und Holzstiften, der den angeführten Anforderungen zu genügen vermag: Einfach in Planung und Herstellung, optimiert auf Einsatzbereich und ästhetisch befriedigend.

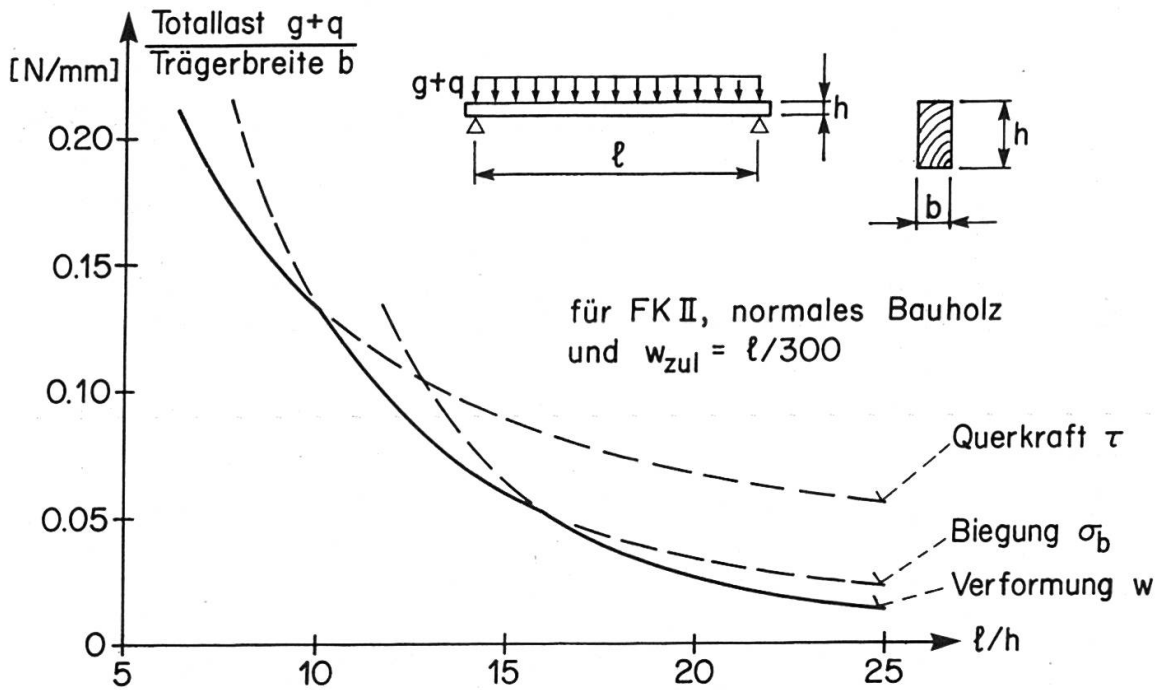


Abbildung 13. Massgebende Bemessungskriterien in Funktion  $l/h$ .

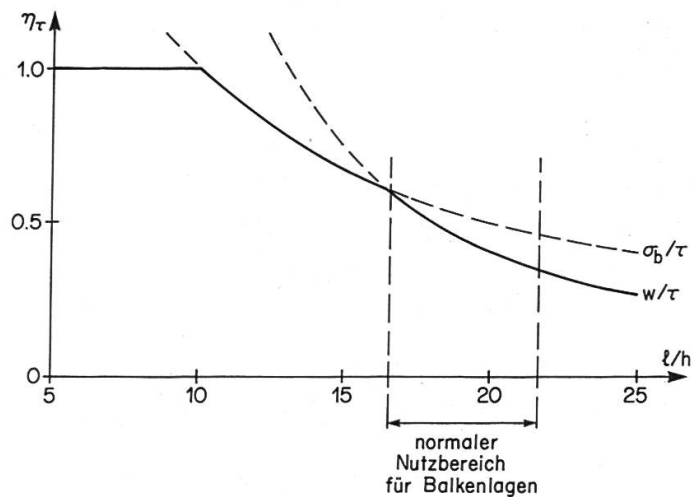


Abbildung 14. Auslastungsgrad des Anschlusses  $\eta_\tau$  in Funktion von  $l/h$ .

### Holz – bewährt und neu

Entscheidend für den erfolgreichen «neuen» Einsatz von Holz ist ein enges Zusammengehen von Forschung, Entwicklung und Praxis. Dadurch kann –



was entscheidend ist – auch der Bauherr von der technischen Reife des Produktes überzeugt werden.

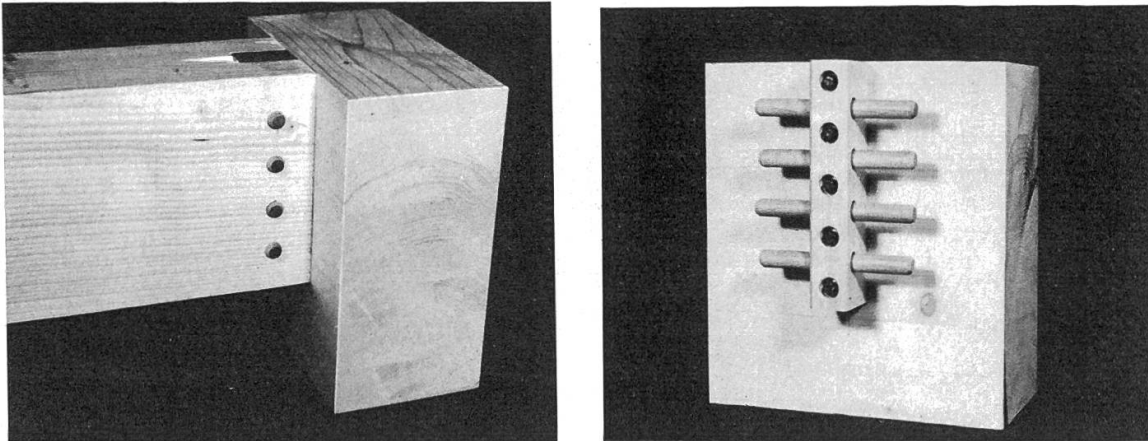


Abbildung 15. Balkenanschluss mit Holzleisten mit  $\eta_{\tau} \cong 0,6$ .

Holz – als neuer Baustoff – braucht den Vergleich mit Stahl oder Stahlbeton nicht zu scheuen. Entscheidend ist, dass man die Unterschiede beachtet, das heisst dass man die Vorteile des Holzes zu nutzen vermag und die Schwächen des Holzes zu umgehen versteht.

Holz hat sich bewährt: in gewissen Bereichen liegt aber ein neuer Baustoff vor, der sich noch bewähren muss.

Für die laufenden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten gilt deshalb folgendes Kredo: «Auch das Neue soll sich bewähren.»

Sollte es mir gelungen sein, zu zeigen, dass der Baustoff Holz auch für neue und insbesondere für ingenieurmässige Aufgaben seine volle Berechtigung hat, so wäre der Zweck dieser Einführungsvorlesung weitgehend erfüllt.

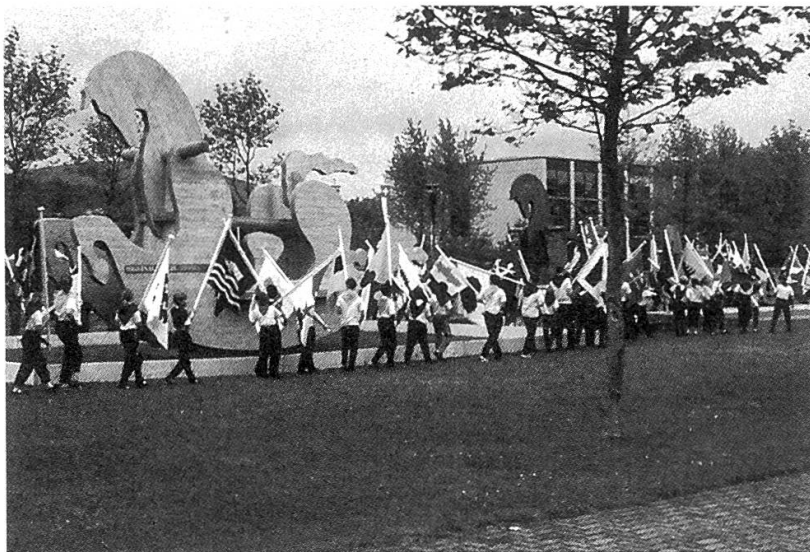


Abbildung 16. «Original Ruedi Rössli» Schaukelpferde.

Natürlich bin ich mir bewusst, dass ein Stichwort wie «Vorspannung des Holzes» bei einigen Bauingenieuren allergische Wirkungen auszulösen vermag.

Natürlich bin ich mir bewusst, dass nicht unbedingt alles und jedes *high-tech* sein muss, wie die moderne Version eines Badezubehörs: die vorgespannte hölzerne Badewanne.

Ich komme deshalb wieder auf das altbewährte Holzspielzeug zurück. Dank geeignetem Zerlegen und Zusammenfügen des Holzes, hier als Brettsperrholz eingesetzt, konnte das derzeit grösste Gampiross seinen hölzernen Ursprung bewahren.

Mit dem Spruch «Holz – bewährt und neu» schliesse ich die Einführungsvorlesung.

## Résumé

### Le bois – suranné ou nouveau?

Le bois est utilisé très largement comme matériau de construction et son emploi a fait ses preuves. Au cours du temps, il a toutefois perdu de son importance, ceci pour diverses raisons qui peuvent être en partie éliminées.

Le bois est caractérisé par la grande hétérogénéité de ses propriétés qualitatives. Par le débitage des grumes, un triage efficace, une disposition adéquate et un choix optimal du procédé de collage, on obtient des produits nouveaux possédant des propriétés stables. On pourra ainsi reprendre des domaines d'application anciens et en gagner de nouveaux.