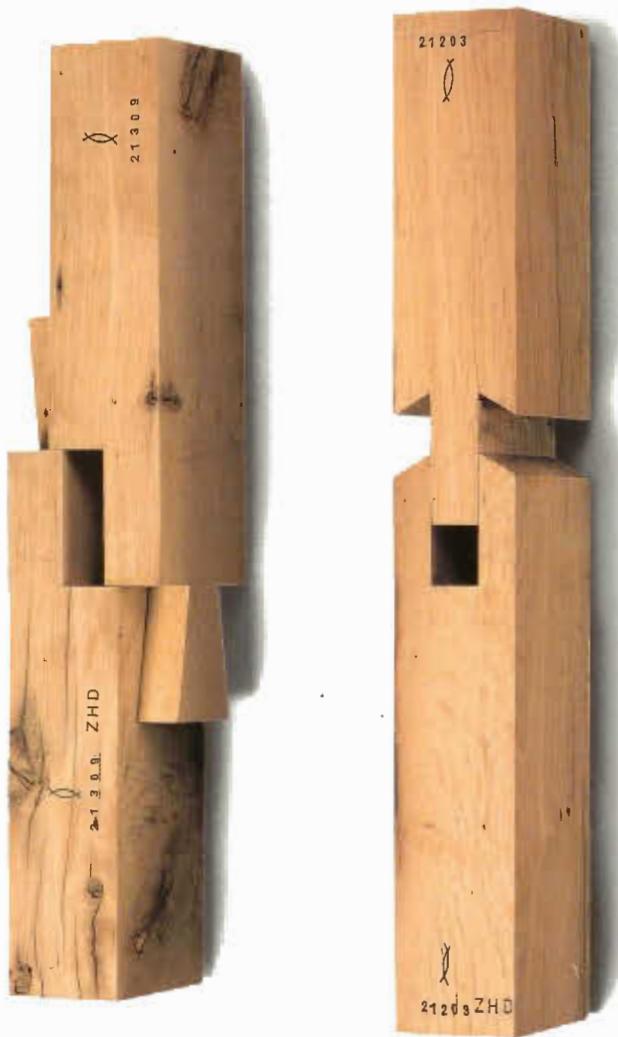


# EXEMPLA

## '99



Konstruktive Verbindungen

Sonderschau der 51. I.H.M. – Internationale Handwerksmesse München

**EXEMPLA '99**

---

**Konstruktive Verbindungen**

**Eine Sonderschau  
der 51. Internationalen  
Handwerksmesse  
München  
vom 18.-24. März 1999**

## Impressum

### Ausstellung

**Veranstalter**  
Verein zur Förderung  
des Handwerks e.V.,  
München

**Leitung der Sonderschau**  
Peter Nickl

**Gestaltung**  
Professor Hans Ell

**Organisation**  
Wolfgang Lösche

### Katalog

© 1999 Bayerischer  
Handwerkstag e.V., München

---

EDITION  
HANDWERK

---

ISBN 3-933363-03-9

**Texte**  
Andrea Feuchtmayr M. A.

**Textbeiträge**  
Prof. Dr.-Ing. Rainer Barthel,  
S. 90 ff.  
Dr. Harald Böhmer, S. 14 ff.  
Dipl.-Ing. Tim Brengelmann,  
S. 90 ff.  
Dr.-Ing. Dirk Bühler, S. 96 ff.  
Prof. Manfred Gerner, S. 22 ff.  
Stefan Gose, S. 137 ff.  
Christoph Henrichsen, S. 55 ff.  
Dipl.-Ing. Jens Christian Holst,  
S. 123 ff.  
Dipl.-Ing. Franz Hözl, S. 90 ff.  
Dr. Helmut Keim, S. 33  
Heinrich Kober, S. 128 ff.  
Dr. Gert Th. Mader, S. 34 ff.  
Patrick Teuffel, S. 137 ff.  
Prof. Aydin Ugurlu, S. 17  
Dr. Elmar Weinmayr, S. 10 ff.  
Josef Wetzler, S. 132 ff.  
Dr. Klaus Zwerger, S. 68 ff.

Abbildung auf der Titelseite:  
Holzverbindung, siehe Seite 23

**Redaktion**  
Peter Nickl

**Gestaltung**  
Edda Greif

**Herstellung**  
Holzmann Druck,  
Bad Wörishofen

**Abbildungsnachweis**  
Die Fotos und Zeichnungen  
stammen, soweit nicht anders  
genannt, von den Teilnehmern  
der Sonderschau. Für die Bereit-  
stellung des Abbildungsmaterials  
sei allen Ausstellern sowie folgen-  
den Fotografen und Institutionen  
gedankt:  
George Meister, München;  
Stefan Müller-Naumann,  
München;  
Gerd Schneider, Karlsruhe;  
Binette Schroeder, München;  
Dr. Klaus Zwerger,  
Technische Universität Wien;  
Architekturbüro Dipl.-Ing.  
Franz Hözl, München;  
Bayerisches Landesamt für  
Denkmalpflege, München;  
Deutsches Museum, München;  
Stadtarchiv München;  
Technische Universität München,  
Lehrstuhl für Hochbaustatik und  
Tragwerksplanung;

**Für Leihgaben in der  
Exempla '99 danken wir:**  
Bayerisches Landesamt für  
Denkmalpflege, Bauarchiv  
Thierhaupten;  
Deutsches Museum, München;  
Deutsches Zentrum für Handwerk  
in der Denkmalpflege, Propstei  
Johannesberg, Fulda;  
Freilichtmuseum des Bezirks  
Oberbayern an der Glentleiten;  
Wolfram Graubner, Herrischried;  
Christoph Henrichsen, Andernach;  
Landeshauptstadt München, Kom-  
munalreferat – Stadtwerke GmbH;  
Stadt Trostberg;

### Dank

Dem Bayerischen Staatsministe-  
rium für Ernährung, Landwirtschaft  
und Forsten ist für die großzügige  
Bereitstellung des Holzes für den  
Bau eines Pavillons durch Lehrlin-  
ge der Zimmererinnung München  
zu danken. Für die finanzielle Un-  
terstützung der Nachbildung der  
Volutenkonstruktion der St.-The-  
resia-Kirche in München danken  
wir dem Erzbischöflichen Ordina-  
riat München und Freising. Der  
Zimmerei Bernlochner GmbH gilt  
unser Dank für ihr Entgegenkom-  
men bei der Herstellung der  
Volutenkonstruktion, den Vereinig-  
ten Marmorwerken Kaldorf und  
der Ziegelei Girnghuber für die  
Lieferung der Jurasteine bzw. der  
Ziegel.

Für die Unterstützung des Beitrags  
aus Venezuela danken wir dem  
Goethe-Institut, München, beson-  
ders Herrn Henning Schroedter-  
Albers, und Renny Barrios in Vene-  
zuela. Die Organisation des Bei-  
trags aus China übernahm freund-  
licherweise die Hanns-Seidel-Stif-  
tung, München. Der Landeshaupt-  
stadt München gilt unser Dank für  
die kooperative Zusammenarbeit  
bei der Bereitstellung der Expona-  
te zur Schrannenhalle, bei deren  
Transport die Röro Gerüstbau  
GmbH dankenswerterweise ihre  
Hilfe zur Verfügung stellte.

Für die Unterstützung bei der  
Realisierung des Beitrags zur  
Schrannenhalle danken wir sehr  
herzlich Dipl.-Ing. Tim Brengel-  
mann, Technische Universität  
München, und Dipl.-Ing. Franz  
Hözl, München.

## Inhalt

---

<b>Vorwort . . . . .</b>	<b>4</b>	<b>Die Sammlung japanischer und europäischer Holzverbindungen von Wolfram Graubner . . . . .</b>	<b>66</b>	<b>Seiltechnik im Brückenbau . . . 109</b>	
<b>Zum Thema . . . . .</b>	<b>6</b>	<b>Studenten bauen einen Pavillon – Holzverbindungen als Lehrkonzept in der Architektenausbildung . . . . .</b>	<b>68</b>	<b>Brückenbauten der Ingenieure Schlaich Bergermann und Partner . . . . .</b>	<b>109</b>
<b>Knüpf- und Flechtverbindungen</b>					
Chituya Enomoto – ein Meister japanischer Flechtkunst . . . . .	10	Realisierung der Seilbrücken durch Pfeifer Seil- und Hebetechnik GmbH. . . . .	112		
Zur Geschichte des Knüpfteppichs . . . . .	14				
Gebundene Architektur der indianischen Völker am Amazonas . . . . .	18				
Der klassische „Yahi“ der Yanomamis. . . . .	19				
<b>Holzverbindungen</b>					
Holzverbindungen des Zimmererhandwerks . . . . .	22				
Das Giebelbundwerk im Werdenfelser Raum . . . . .	30				
Freilichtmuseum an der Glentleiten – ein Ausflug in die Vergangenheit . . . . .	33				
Alte Holzverbindungen in Bau- und Dachwerken . . . . .	34				
Neue Verbindungstechniken in der zeitgenössischen Holzarchitektur . . . . .	46				
MERK-HOLZBAU GmbH & Co . . . . .	46				
Fertigungsperspektiven durch computergesteuerte Abbundmaschinen . . . . .	50				
Hans Hundegger					
Maschinenbau GmbH . . . . .	53				
Japanische Holzverbindungen – ihre geschichtliche Entwicklung und heutige Bedeutung . . . . .	55				
Christoph Henrichsen – ein deutscher Tischlermeister in Japan . . . . .	64				
Hiroo Nakao – ein japanischer Zimmermeister . . . . .	65				
<b>Metallverbindungen</b>					
Die Gestaltungskraft geschmiedeter Metallverbindungen . . . . .	74				
Die Kunstschrmede					
Bergmeister in Ebersberg . . . . .	77				
Schweißverbindungen im Metallbau . . . . .	78				
Die Stahlbaufirma Maurer Söhne GmbH & Co KG . . . . .	81				
Falzen, Nieten, Löten – Verbindungen im Spenglertandwerk . . . . .	82				
Die Spenglerei und Dachdeckerei Hans Lex . . . . .	86				
Die Zimmerei Bernlochner GmbH . . . . .	87				
Die Verbindungen in der Ornamentenspenglerei . . . . .	88				
Die Ornamentenspenglerei Lorenz Sporer GmbH . . . . .	89				
Die Schrannenhalle in München. Metallverbindungen bei Eisenbauten des Industriezeitalters . . . . .	90				
<b>Verbindungen im Brückenbau</b>					
Brücken verbinden – Brückenverbindungen . . . . .	96				
<b>Seilverbindungen</b>					
Seile und ihre Verbindungen					
Jos. Schwaiger's Wwe. GmbH Seil- und Hebe-technik . . . . .	117				
<b>Stein- und Ziegelverbände</b>					
Steinverbindungen . . . . .	118				
Dr. Pfanner Steinmetz und Bildhauer GmbH . . . . .	122				
Verbände im Backsteinmauerwerk . . . . .	123				
Die Ziegelei Girnghuber . . . . .	126				
Rudolf Woidich – ein Restaurator im Maurerhandwerk . . . . .	127				
<b>Verbindungstechniken im Gerüstbau</b>					
Konstruktionen im Gerüstbau					
Chinesische Bambusgerüste					
Die Hanns-Seidel-Stiftung in China . . . . .	135				
<b>Verbindungen in Theorie und Kunst</b>					
Tensegrity-Struktur – ein Pavillon von Architekturstudenten der Universität Stuttgart . . . . .	137				
Konstruktive Verbindungen in der Kunst . . . . .	139				
Der Glaskünstler Florian Lechner . . . . .	140				
<b>Ausstellerverzeichnis . . . . .</b>					
142					

# Vorwort

---

Wenn der deutsche Zimmermann Christoph Henrichsen mit seinem japanischen Kollegen Hiroo Nakao zusammenarbeitet, verbindet sie ihr gemeinsames Wissen um den Werkstoff Holz. Wenn Gerüstbauer aus dem chinesischen Najing Tragwerke aus Bambusrohr errichten, wie sie selbst beim Hochhausbau heute noch alltäglich sind, verbinden sie Vergangenes mit Gegenwärtigem. Wenn die türkische Knüpfnerin Servet Senem Ugurlu aus dem anatolischen Teppichzentrum von Canakkale unzählige Knoten zu einem einmaligen Kunstwerk formt, verbindet sie Funktionalität mit Ästhetik. Und wenn Brückenbauer durch Hochtechnologien zwischen Stadtteilen und Landstrichen neue Transport- und Verkehrswege schaffen, verbinden sie Menschen.

Viele Beispiele mehr ließen sich nennen, wollte ich die Exempla ausführlich beschreiben. Unter dem Titel „Konstruktive Verbindungen“ spürt die Renommierschau der I.H.M. Internationalen Handwerksmesse 1999 die zahlreichen methodischen, technischen und ästhetischen Aspekte von Materialverbindungen und verbindenden Materialien auf:

- das Verbinden gleicher Materialien zu einer Einheit, wie etwa bei Holz-, Metall- oder Textilverknüpfungen,
- das Verbinden verschiedenartiger Materialien zu technisch

perfekten und ästhetisch reizvollen Einheiten, z. B. bei Mauerverbänden, Glas- und Stahlkonstruktionen oder

- die verbindende Funktion von Materialien, wie etwa beim Brücken- und Gerüstbau oder bei Seilverknüpfungen.

Die Vielfalt der „Konstruktiven Verbindungen“ belegen in der Exempla zwei Dutzend Beiträge aus sechs Nationen (China, Deutschland, Japan, Österreich, Türkei, Venezuela). Die meisten gezeigten Kombinationen demonstrieren den neuesten Stand der Wissenschaft und Technik. Gleichwohl blicken die Methoden auf jahrhundertealte Erfahrungen zurück, sind Ergebnis einer fortwährenden Entwicklung. In elf Werkstätten machen ausgewählte Experten – darunter weltweit anerkannte Spezialisten auf ihrem Gebiet – Entstehungsprozesse lebendig. Aus jeder Verbindung geht Neues, Ganzes hervor, das die einzelnen Elemente separat nicht hätten bilden können.

Der Titel der größten der IHM-Sonderschauen reflektiert im übertragenen Sinne auch das neue Gesamtkonzept der IHM. Die Aufplanung der Leitmesse der internationalen Handwerkswirtschaft am neuen Messegelände München folgt dem Prinzip „Branche und mehr“. Die Schwerpunkte sind einander so zugeordnet, daß der Besucher im höchsten Maß

von Synergieeffekten profitiert. Die Messestruktur ermöglicht Verbindungen, die im Alltag nur schwerlich so geballt zu finden sind. Mehr als 20 systematisch ins Geschehen eingegliederte Sonder- und Informationsschauen öffnen den Blick auf Außergewöhnliches und Vorbildhaftes.

Im Besonderen ist dies die Aufgabe der Exempla. Sie führt ihre Besucher weiter, ohne Lehrschau zu sein, sie weist in die Zukunft, ohne Vergangenes zu übersehen, und stellt praxisnah Vorgänge von höchster Perfektion vor Augen, ohne an intellektueller Schlagseite zu leiden. Diese harmonische Konzeption, die durch ihre aufwendige Standarchitektur einen exklusiven Rahmen erhält, resultiert aus einer jahrelangen „konstruktiven Verbindung“ zwischen Messeleitung, Ausstellungsmotor Peter Nickl und seiner kompetenten Mannschaft. Eine Präsentation dieser Größenordnung lebt von der Begeisterungsfähigkeit, dem unerschöpflichen Einfallsreichtum und der Unermüdlichkeit ihrer Initiatoren. Dem Exempla-Team sei für seinen Einsatz herzlich gedankt.

Franz Reisbeck  
Vorsitzender der Geschäftsführung  
GHM – Gesellschaft für  
Handwerksmessen mbH

# Zum Thema

---

Die Ursprünge, die die Anregung zu dieser Exempla gegeben haben, wurzeln tief. Es war im Jahre 1986, als Hugo Kükelhaus die Ausstellung „Japanische und europäische Holzverbindungen“ in der Galerie Handwerk in München eröffnete. Gezeigt wurde damals die Sammlung Wolfram Graubner, Herrischried, aus der auch in der Exempla '99 Exponate zu sehen sein werden. Kükelhaus erklärte, daß eine der archetypischen Keimzellen alles menschlichen Konstruierens und Gestaltens das Bild der verschrankten Finger sei, wie es sich ergibt, wenn man die Hände zusammenfaltet. Beide Hände bilden so ein Gefäß oder eine Hebe- und Tragekonstruktion – endogenes Vorbild für vieles, was der Mensch konstruiere.

Ob dies tatsächlich der Fall und beweisbar ist, vermag niemand zu sagen. Als Bild ist diese Vorstellung allerdings sehr stark, und bei der Betrachtung konstruktiver Verbindungen wurde es in der Folgezeit oft zitiert. Die vielfältige Verwendbarkeit der Hände läßt sich bildhaft immer auch auf die Vielfalt handwerklicher Verbindungen übertragen.

Verbindungen sind ohne Frage sichtbare Zeichen für die Kombinationsfähigkeit des Menschen, für seine Begabung, Dinge zusammenzufügen und für sich nutzbar zu machen. An der technischen Fortentwicklung der Verbin-

dungstechnik läßt sich der allgemeine technische Fortschritt ablesen. Verbindungen sind mit der Intelligenz und dem praktischen Können des Menschen aufs Engste verbunden. Aus dieser Tatsache resultiert das Interesse und die Faszination, die Verbindungen – gleichgültig ob aus Holz, Metall, Stein oder Textil – auslösen.

Die Urformen der Verbindungs-techniken dürften im Verflechten, Verknüpfen und Verknoten flexibler Materialien liegen. Im Korbflechten sind diese frühen Verbindungs-formen sichtbar. Äußerste Präzision in der Ausführung dieser Tech-niken und intimste Materialkennt-nis sind in überzeugendster Form in Japan zu finden. Chifuyu Enomoto, ein Meister des Bambus-flechens, wurde eingeladen, sei-ne handwerkliche Kunst im Rah-men der Exempla '99 vorzustel-len, dies nicht zuletzt deswegen, um eine höhere Dimension der Gestaltung in diesem Handwerk vorzustellen, das hierzulande weitgehendst im bäuerlichen Korbwarenbereich angesiedelt ist. Bewußt wird mit den Arbeiten Enomotos der Bogen von einer Urform zur verfeinerten Kunstform gespannt.

Es werden aber auch Urformen gezeigt. Wie sehr Flechten und Knüpfen am Beginn jeglicher handwerklicher Verbindungstechnik stehen, verdeutlichen die Hütten der Amazonas-Indios in Venezuela. Aus Holzstangen sind diese Bauten mit ihren Palmblatt-

dächern gefertigt. Holz und Blätter werden mit widerstandsfähigen Lianen verknüpft und verflochten. Es sind Hausformen, die aus einer jahrtausendealten Lebens-form erwachsen und noch heute in den Urwäldern des Amazonas heimisch sind. Im zivilisierten Venezuela sterben sie nach und nach aus und mit ihnen auch die Handwerker, die noch um die Ausübung dieser Bautechniken wissen.

Die Exempla '99 lud Renny Barrios ein, der sich in Puerto Ayachcho um den Erhalt dieser heimischen Bautraditionen bemüht. Zusammen mit einem Team von Indio-Handwerkern baut er „La Churuata“, eine Hausform des Curibaco-Stammes.

Bei dem Thema des Flechens und Knüpfens darf das Teppichknüpfen, die klassische Knüpfdisziplin, nicht fehlen. Sie ist nah verwandt mit der Technik des Webens. Durch das Knoten wird die textile Struktur stark gefestigt. Die Pflege der traditionellen Teppichknüpferei ist in der Türkei mittlerweile ein bildungspolitisches Anliegen. Ihre Fortführung gilt als Aufgabe der türkischen Hochschulen für Textil-gestaltung. In der Exempla demonstriert Servet Senem Ugurlu diese Handwerkstechnik. Sie ist Lehrerin an der Hochschule in Canakkale.

Holzverbindungen gelten als die klassischen Vertreter handwerk-

# Zum Thema

---

licher Verbindungen. Das liegt an der Fülle der unterschiedlichen Verbindungsformen. Das Material Holz ist fest und widerstandsfähig, gleichzeitig leicht von Hand zu bearbeiten und eignet sich gut als Bau- und Konstruktionsmaterial. Neben den funktionellen Verbindungen entstanden auch differenzierte, schmuckreiche und rätselhafte Varianten.

Im Laufe unseres Jahrhunderts ist das handwerkliche Wissen und Können in der Holzverbindungs-technik vielfach verlorengegangen. Die Aufwendigkeit, mit der diese Verbindungen angefertigt werden, hielt den Anforderungen zeitgemäßer Bauweise nicht stand. Dem Denkmalpflegebe-wußtsein ist es zu verdanken, daß in den letzten Jahrzehnten ein Prozeß der Revitalisierung einsetzte und bezeichnenderweise ist es das Deutsche Zentrum für Handwerk in der Denkmalpflege in Fulda, das im Rahmen dieser Ausstellung den didaktischen Part der Holzverbindungskunde übernom-men hat.

Holzverbindungen prägen die Architektur. Ein Blick in die nächste Umgebung beweist dies. Die Architektur Bayerns und vor allem Oberbayerns ist unverkennbar hier von geprägt. Die barocke Lust am Ornament hat an Bauernhöfen üppig dekorierte Bundwerksgiebel entstehen lassen. Trotz ihres handwerklich-künstlerischen Reichtums wurden viele dieser Bauernhöfe abgebrochen. Ein Verdienst des Freilichtmuseums Glentleiten ist es, daß ein Teil von ihnen sorgfältig abgetragen und aufbewahrt wurde. Dankenswerterweise hat dieses Museum einen dieser repräsentativen Bundwerksgiebel der Exempla 39 zur Verfügung ge-

stellt. So kann ein solches Meisterwerk einmal von der Nähe betrachtet und die Entwicklung über die Funktion hinaus in die deko-rative Gestaltung nachvollzogen werden. In Bayern und Japan gibt es in diesem Punkt durchaus Parallelen.

Die Gestaltungsfreude bei der Errichtung eines Hauses ist eine Sache, die präzise Herstellung einer Verbindung als konstruktives Detail eine andere. Das Bedürfnis der Barockbaumeister, möglichst repräsentative Kirchen- und Bürgerbauten zu errichten, forcierte im 18. Jahrhundert die technische Entwicklung. Dies wird durch einen Beitrag des Bauarchivs Thierhaupten, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, dokumentiert. Es zeigt Dachstuhl-Modelle, die für die Baugeschichtsforschung wie für die Dokumentation der Geschichte des Zimmererhandwerks von gleichem Interesse sind.

Verfolgt man nun diese geschichtliche Entwicklung, so erkennt man, daß Form und Ästhetik dieser Verbindungen immer schlüssig mit dem jeweiligen Architekturstil übereinstimmen. Es blieb dem 20. Jahrhundert vorbehalten, Holzverbindungen zu entwickeln, die sich nicht mehr logisch aus funktionellen Problemlösungen ergeben, sondern vorrangig auf die Wirtschaftlichkeit der Bauweise abziehen. Ihre Belastbarkeit und Funktionstüchtigkeit genügt höchsten Anforderungen und ermöglicht die Errichtung völlig neuartiger Bau- und Raumkörper. Ihre leichte Anwendbarkeit birgt allerdings die Gefahr eines ästhetischen Wild-wuchses in sich. Man sollte ein Kerner der Geschichte der Verbin-dungsrechnik sein, um auch neue

Holzverbindungen ästhetisch rich-tig einzusetzen.

Die Firma Merck aus Aichach zählt zu den Pionieren moderner Verbindungstechnik in der Holz-architektur. Es gelang ihr die Entwicklung mehrerer moderner Holzverbindungen, die sich durch neuartige Materialkombinationen, wie Holz-Metall und Holz-Kunst-stoff auszeichnen.

Zu diesen Pionieren zählt auch die Firma Hundegger, ein Maschi-nenbaubetrieb aus dem Allgäu. Sie hat eine computergesteuerte Abbundmaschine entwickelt, mit der leicht und rationell alle For-men historischer und moderner Holzverbindungen hergestellt wer-den können. Der übliche Zeit- und Kostenaufwand entfällt. Die An-schaffung einer solchen Maschine stellt allerdings für einen mittelstädtischen Handwerksbetrieb eine sehr hohe Investition dar, die sich durch die Steigerung der Wettbe-werbsfähigkeit rechnen muß. Die verschiedenen Arbeiten aus dem Bereich der Denkmalpflege, der ländlichen Architektur und der modernen Holzarchitektur können mit Hilfe dieser Maschine rasch und präzise ausgeführt werden.

Was wäre eine Ausstellung über Holzverbindungen, ohne einen Blick auf die japanische Kultur zu richten. In Japan gibt es die gleichen Arten von Holzverbindungen wie in Europa. Das Klima Japans (es ist ein regenreiches Klima, dessen Feuchtigkeit die Holzsub-stanz gefährdet), kulturelle Riten, japanische Ästhetik und der unter-schiedliche Gebrauch von Werk-zeugen haben allerdings zu einer Reihe unterschiedlicher formaler Ausprägungen geführt. Curiosa sind die in Japan sogenannte

---

Rätselverbindungen, deren äußeres Erscheinungsbild keine Rückschlüsse auf ihre innere Funktionsweise zulassen.

Ein Hinweis führte die Organisatoren der Exempla '99 zu Christoph Henrichsen, einem deutschen Schreiner, der nach der Schreinereilehre Kunstgeschichte und Japanologie studierte und sich bei seinen Studienaufenthalten, zuletzt bei einem mehrjährigen Praktikum intensiv mit der Restaurierung historischer japanischer Holzverbindungen auseinandersetzte.

Ihm ist es zu verdanken, daß zur Exempla der Zimmermeister Hiroo Nakao eingeladen werden konnte. Nakao ist ein Zimmermeister, der auf die Fertigung von Schreinen und Tempeln spezialisiert ist, eine Tätigkeit, die in Japan zu den hohen Handwerksdisziplinen zählt. Seine Arbeitsweise besticht durch ihre Präzision und Konzentration. Während der Arbeit wird nicht gesprochen. Seine ruhigen Bewegungen scheinen alles wie von selbst entstehen zu lassen.

Das Thema Holzverbindungen ist ein komplexes und stets wieder aufs neue faszinierendes Thema. Bei aller Faszination steht dennoch die Frage im Raum: „Wie aktuell sind handwerkliche Holzverbindungen heute noch?“ Im Rahmen der Ausbildung ist die Vermittlung des Wissens und der praktischen Erfahrungen über die Verbindungstechnik eine wichtige und bedeutende Aufgabe. Man wird eine Architektur in ihrem Wesen nur dann verstehen, wenn man auch die Funktionsweise ihrer konstruktiven Details versteht.

Dr. Klaus Zwerger, Lehrbeauftragter an der Universität Wien und

Verfasser des Buches „Das Holz und seine Verbindungen“ ist ein Kenner japanischer und europäischer Holzverbindungen par excellence. Er ließ seine Studenten, die zimmermannsmäßig nicht ausgebildet waren, nach Plänen, die in einem seiner Seminare entwickelt wurden, einen Holzpavillon bauen. Dieser überzeugte in Form und Ästhetik so, daß er heute fest integrierter Bestandteil des Klostergartens von Melk ist. Auf der Exempla '99 wird dieser Pavillon von Lehrlingen der Zimmerer-Innung München unter der Anleitung ihres Ausbildungsmeisters Wolfgang Weigl nachgebaut. Die Kraft der ästhetischen Ausstrahlung von Holzverbindungen scheint ungebrochen. Warum sollten klassische Holzverbindungen nicht in verstärkter Form Eingang in die moderne Holzarchitektur finden?

Metall ist ein sehr viel widerspenstigerer Werkstoff als Holz. Dementsprechend gibt es auch nur einen begrenzten Kanon klassischer Metallverbindungen. Die am häufigsten anzutreffenden Verbindungen sind das Lochen, Nieten und Bunden. Vergleicht man die einzelnen Epochen europäischer Schmiedekunst, so ist es erstaunlich, welch unterschiedlichen gestalterischen Stellenwert diese Verbindungen jeweils hatten.

Die Ästhetik unseres Jahrhunderts macht Funktion und Konstruktion sichtbar. Das Betonen konstruktiver Details entspricht voll und ganz der Formensprache Manfred Bergmeisters, eines international bekannten Kunstschröders aus Ebersberg. Die präzise und ästhetisch strenge funktionelle Formgebung seiner Verbindungen sind ein wesentliches und bestimmendes Element seiner Arbeit. Im Rahmen der Exempla '99 zeigt er die breiten Variationsmöglichkeiten der klassischen Metallverbindungen auf.

Aufgabe einer Sonderschau im Range der Exempla ist es nicht nur, auf spektakuläre handwerkliche Leistungen aufmerksam zu machen, sondern dem Ausstellungsbesucher auch unauffällige Beispiele vor Augen zu führen.

Der Leiter des Baureferats des Erzbischöflichen Ordinariats, Herr George Resenberg, hat uns auf die hohe Qualifikation im bayerischen Spenglerhandwerk aufmerksam gemacht, die bei Kirchenrestaurierungen immer wieder gefordert wird. Die Ausführung von Falzen ist bei Kupfer- oder Blechbedachungen für das Aussehen historischer und moderner Bauten von größter Bedeutung. Struktur, Gliederung und Linienführung eines Daches setzen wesentliche, wenn auch oft nicht aufs erste ins Auge springende Akzente. Beispielhaft für viele seines Faches wird auf der Exempla '99 der Münchner Spenglermeister Hans Lex die Ausführung von Restaurierungsarbeiten demonstrieren. Er beschlägt Holzmodelle, wie sie im Original an den Münchner Kirchen St. Theresia und St. Maximilian zur Ausführung gekommen sind. Diese Modelle bilden Details des Zwiebelturmes bzw. einzelne Turmspitzen nach. Die hölzerne Volute, die ausschließlich mit Kupferblech beschlagen wird, ist eine handwerkliche Meisterleistung für sich. Sie wurde von der Zimmerei Bernlochner aus Thanning ausgeführt.

Etwas augenfälliger als die Dachspenglerei ist die Ornamentenspenglerei, ein Handwerk, das je-

# Zum Thema

---

doch als fast ausgestorben gelten kann. Es gibt in Europa nur noch wenige dieser Betriebe. Zu ihnen zählt die Firma Lorenz Sporer GmbH, ehemalige Münchner Metallornamente- und Blitzableiterfabrik. Das Hauptaufgabengebiet dieser Firma liegt im Bereich der Denkmalpflege, in der Rekonstruktion von Fensterverkleidungen, Simsse, Bekrönungen und Jalousieabdeckungen aus Kupfer. Die Bauepoche des Historismus ist reich an diesen schmuckvollen Details. In diesem Metier müssen die klassischen Spenglerverbindungen sehr viel verfeinerter, differenzierter und kunstfertiger ausgeführt werden.

Die klassischen Verbindungen der Metallhandwerke haben sich bis heute im Grunde technisch wenig verändert. Der eigentliche Fortschritt fand in der Schweißtechnik statt. Hier wurden Verfahren entwickelt, die zu einem sehr hohen Grad der Belastbarkeit führten. Schweißnähte, mit modernster Schweißtechnik ausgeführt, genügen höchsten Anforderungen. Zu den Firmen, die in der Schweißtechnik international führend sind, zählt die Stahlbaufirma Maurer Söhne GmbH in München. Ihr Werkmeister wird auf der Exempla '99 darlegen, in welchen Projekten des Stahl-, Brücken- und Straßenbaus Schweißverbindungen zum Einsatz kommen und welche Sicherheitsfaktoren sie zu erfüllen haben.

In jüngster Zeit ist im Münchner Raum eine lebhafte Diskussion um den Wiederaufbau der Schrannenhalle entflammt – ein Grund für die Organisatoren der Exempla, bei der Ausstellungsvorbereitung nach den konstruktiven Details dieses einst so spektakulären Bau-

werks der Eisenarchitektur des Industriezeitalters zu fragen. Es stellte sich in der Tat heraus, daß die Verbindungstechnik der Schrannenhalle in der Mitte des 19. Jahrhunderts einzigartig und auf ihre Art revolutionär war. Die Neuheit lag in der Minimierung der konstruktiven Details, die erst ein so weitgespanntes, filigranes Bauwerk ermöglichte. Die kraftschnüllige Verbindung der Konstruktionsteile erfolgte ausschließlich durch Verkeilungen.

Ein besonderes Interesse der Exempla '99 galt von Anfang an dem Brückenbau, ist doch eine Brücke zugleich auch Verbindungssymbol. Wer sich mit der Geschichte des Brückenbaues befaßt, wird feststellen, daß sie die Geschichte der Verbindungstechnik widerspiegelt. In die Exempla '99 wurde daher ein Brückenbau Beitrag des Deutschen Museums integriert.

Ein Brückentyp soll hier besondere Erwähnung finden, und zwar der Typ der Seilbrücke. Sie verkörpert einerseits eine Urform des Brückenbaus, auf der anderen Seite zählen Seilbrücken heute zu den aufsehenerregendsten zeitgenössischen Brückenbauten. Die Firma Pfeifer aus Memmingen hat sich in diesem Bereich internationales Renommee erworben. Sie gilt als kongenialer Partner des für seine anspruchsvollen Entwürfe berühmten Architekturbüros Schlaich, Bergermann und Partner in Stuttgart. Die Firma Pfeifer realisiert die Entwürfe dieser Architekten, wobei sie den Anforderungen an die volle Funktionsfähigkeit der Verbindungen ebenso Rechnung zu tragen hat wie an deren anspruchsvollstes Design. In der Exempla wird dies am Beispiel

zweier Modelle von „Schlaich-Brücken“ dargestellt.

Die Neuentwicklung von Verbindungen markiert oft wichtige Stadien des technischen Fortschritts. Die Seilkonstruktionen des Münchner Olympiastadions gaben der modernen Architektur wichtige neue Impulse. Abgehängte Seil-Glas-Fassaden, worauf die Firma Pfeifer ebenfalls spezialisiert ist, sind ein Beweis hierfür.

Ein anderes Kapitel, das nicht in der Architektur, sondern in der Telekommunikation angesiedelt ist, stellte an die zeitgenössische Seilverbindungstechnik nicht weniger hohe Ansprüche. Es ist der Antennenbau. In der arabischen Wüste stehen Antennenkonstruktionen bis zu 500 m Höhe. Auf ihren Bau ist die traditionsreiche Münchner Firma Jos. Schwaiger's Wwe. spezialisiert. Sie demonstriert in der Exempla '99 die technische Entwicklung der Seilproduktion vom Hanf zum Stahl- und Polyesterseil. Sie zeigt diese verschiedenen Seilarten und die entsprechenden Seilendverbindungen.

Beide Firmen – Pfeifer und Schwaiger's Wwe. –, haben sich aus traditionellen Seilereien entwickelt, sind heute industriell geführt, fühlen sich aber in Teilbereichen dem Handwerk noch verpflichtet.

Bei Stein- und Ziegelverbänden sind die Verbindungstechniken vergleichsweise einfach. Beim Natursteinmauerwerk kommt es vor allem auf die präzise Zubereitung und Verlegung der Steinquader an. Ihre Festigkeit wird durch Metalldübel, Anker oder Klammern gesteigert. Das Münchner Siegestor hätte den Bombenhagel 1944

---

nicht überlebt, wären seine Steine nicht mit so starken Ankern zusammengehalten worden. Dr. Michael Pfanner, Steinmetzmeister, Kunsthistoriker und Archäologe, hat dieses Bauwerk restauriert. Er demonstriert in der Exempla '99 die handwerklichen Techniken, die notwendig sind, um ein Natursteinmauerwerk verbindungssicher zu errichten.

Das Ziegel- oder, genauer gesagt, das Backsteinmauerwerk kennt in den einzelnen kunsthistorischen Epochen unterschiedliche Verlegeformen, wobei ihre Kategorisierung als Erfindung des 19. Jahrhunderts gilt. So theoretisch gingen die Maurer des Mittelalters oder der Gotik bei der Verlegung eines Kreuzverbandes, Märkischen Verbandes oder Gotischen Verbandes nicht zu Werke. Wenn diese Verlegeformen den Betrachter auch relativ einfach anmuten sollten, so gibt es doch kaum noch Maurer, die diese traditionellen Mauerwerke meisterhaft verlegen können. Die modernen Bauweisen fordern diese Techniken nicht mehr und in Gegenen, wo die Backsteinarchitektur nicht zu Hause ist, gehen sie um so schneller verloren. Einer der wenigen, der sich auf die Restaurierung historischen Mauerwerks spezialisiert hat, ist der Maurer- und Stukkateurmeister Rudolf Woidich. Er, der bei der Bau-lnnung München zahlreiche Lehrlinge und Gesellen unterrichtet hat, demonstriert in der Exempla '99 die klassischen Verbände des Backsteinmauerwerks.

Eine der konstruktiven Verbindungen, die dem Spaziergänger tagtäglich förmlich ins Auge springen, sind die Fassadengerüste. Sie wirken leicht, transparent,

funktionell und, wenn sie darüber hinaus noch kühne Gebäudeformen bekleiden, nahezu artistisch. Auch hinter dem Gerüstbau, der strengen Sicherheitsanforderungen gerecht werden muß, steht eine lange technische Entwicklung. Noch heute sind in China die traditionellen Bambusgerüste im Einsatz. Man sieht sie zum Beispiel beim Bau von Wolkenkratzern in Hongkong. Es sind die alten Knotenverbindungen, die ihre Festigkeit garantieren. Den traditionellen chinesischen Gerüstbau demonstriert ein Team vom Berufsbildungszentrum Nanjing. Dieses Berufsbildungszentrum ist ein Projekt der Erziehungskommission der Stadt Nanjing und der Hanns-Seidl-Stiftung, München, und unterstützt die allgemeine Bildungsreform Chinas.

Der Begriff Verbindung geht über handwerkliche, funktionell technische Verbindung weit hinaus. Er findet sich im übertragenen Sinne im Gesellschaftlichen, im Verkehr, in der Telekommunikation, in der Medizin wieder. Zwei Beiträge der Exempla '99 beleuchten diesen Begriff von unüblicher Seite, einmal aus dem Aspekt der Kunst und zum anderen aus dem Aspekt der Wissenschaft.

Florian Lechner, ein Bildhauer aus Nußdorf, der vorwiegend in den Materialien Glas und Metall arbeitet, hat ein Kunstobjekt geschaffen, das sich mit dem Wiederverbinden zerbrochener Teile befaßt.

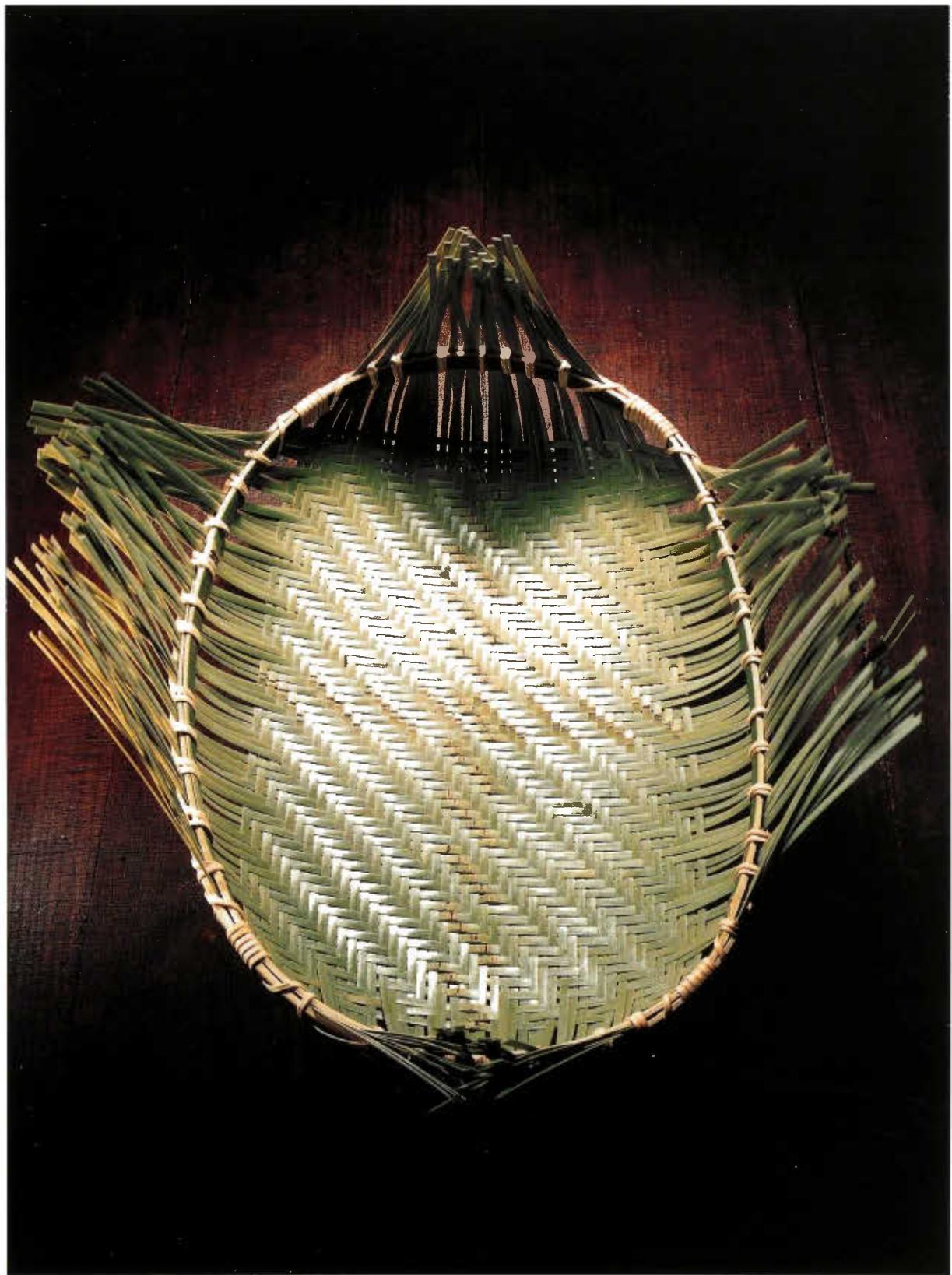
Die Architekturstudenten der Universität Stuttgart haben eine Theorie Richard Buckminster Fullers in ihrer Tragstruktur „Tensegrity“ sichtbar umgesetzt. Nach Buckminster Fuller bestimmten die Wirkung

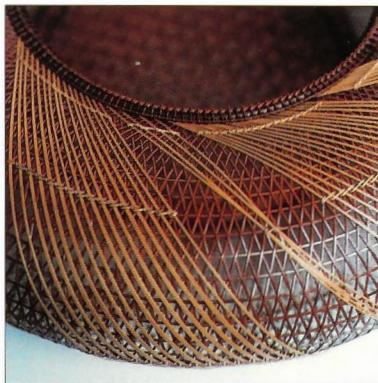
von Zug- und Druckkräften die Form einer Struktur.

Handwerklich technische Verbindungen sind die tragenden Elemente einer Konstruktion. Sie sind Ausdruck der Intelligenz eines Handwerks, die in gleicher Weise Wissen und Erfahrung umfaßt. Dies in seiner ganzen Vielfalt aufzuzeigen, hat sich die Exempla '99 zur Aufgabe gemacht.

# Knüpf- und Flechtverbindungen

---





## **Chifuyu Enomoto – ein Meister japanischer Flechtkunst**

Dr. Elmar Weinmayr,  
Kultur-Agentur Kairos, Kyôto

Chifuyu Enomoto lebt in Monzen, einem kleinen abgelegenen Ort auf der dem chinesischen Festland zugewandten Küste der Noto-Halbinsel. Nach Monzen zu fahren vermittelt einem noch das Gefühl, sich auf eine Reise begeben zu haben. An dem Januartag, an dem ich Chifuyu Enomoto besuchte, begann es nachmittags in großen Flocken zu schneien. Am nächsten Morgen lag der Schnee über einen halben Meter hoch. Zu hören war nur mehr die Dünung des Meeres, das Grau in Grau hohe Wellen mit weißen Schaumkronen anrollen ließ.

Als ich Chifuyu Enomoto fragte, was ihn am Material Bambus am stärksten fasziniere, lud er mich zu einem Ausflug ein. Auf der kleinen Straße, die sich von der Küste ins hügelige Hinterland wand, machte er mich immer wieder auf Kiefern aufmerksam, die unter der Last des feuchten schweren Schnees umgeknickt waren. An einer Stelle, an der der Schnee die Kronen mehrerer ca. zehn Meter hoher Bambusbäume bis auf den Boden niedergedrückt hatte, machte er halt. Er rüttelte an dem Stamm waagrecht vor seiner Brust. Die Schneehaube rutschte von den grünen Zweigen, und der Bambus begann sich aufzurichten.

Fügsam, elastisch und zugleich fest und hart: die Einheit dieser

beiden so schwer zu vereinbarenden Eigenschaften macht Bambus seit Jahrtausenden in Asien zu einem der wichtigsten konstruktiven Werkstoffe. Wahrscheinlich noch bevor sie lernten, Gefäße aus Ton zu brennen, flochten die Menschen in Japan bereits Körbe und Behälter aus Bambus. Und bis vor noch nicht allzulanger Zeit wurden viele Gerätschaften der Fischer und Bauern aus Bambusflechtwerk hergestellt: Fischreusen, Vorratsbehälter, Siebe, Roste, Kisten, Tragkörbe und vieles mehr.

Neben der Herstellung von Geräten des alltäglichen Lebens wird Bambus in Japan auch zur Anfertigung von aufwendig gearbeiteten Flechtarbeiten zu vorwiegend dekorativen Zwecken verwendet. Diese Tradition der Kunst des Bambusflechtens kam im 16. Jahrhundert von China nach Japan und fand in diesem Jahrhundert einen vorläufigen Höhepunkt. Enomoto ist einer der wenigen japanischen Bambusflechter, die sich in beiden Traditionslinien des Bambusflechtens zugleich zu Hause fühlen und erfolgreich tätig sind. Bei ihm unterstützen und befürworten sich „Kunst“ und „Handwerk“ gegenseitig. Die Sorgfalt und Aufmerksamkeit für das Detail, die zum Beispiel zur Herstellung einer aufwendig geflochtenen Schachtel für Teezubehör notwendig sind, prägen auch seine einfachen Arbeiten. Umgekehrt

# Knüpf- und Flechtverbindungen



bewahrt das Flechten von einfachen Gebrauchsstücken seine Kunstwerke vor unnötiger Verspieltheit und übertriebener Verfeinerung.

Egal ob Handwerk oder Kunst, in beiden Fällen ist der grundlegende Arbeitsvorgang derselbe. Dem sorgfältig ausgewählten Bambus müssen zunächst die ölhaltigen Nährstoffe entzogen werden, die ihn für Schimmel anfällig machen. Dies geschieht entweder durch vorsichtiges Rösten des Bambus über einem Holzkohlefeuer oder einfacher und rationeller durch ein ca. zehnminütiges Kochbad in einer dünnen Sodalösung. Der „entölte“ Bambusstamm wird dann mit einem Messer in Späne der gewünschten Breite gespalten. Von diesen Spänen wird die Außen- schicht – nur die äußere Schicht des Bambus eignet sich zum Flechten – in der gewünschten Dicke abgespalten bzw. abgezogen.

Das Bambusflechten ist ein ausgesprochen unmittelbares Handwerk: Material und Konstruktion als solche machen den ganzen Dekor des Werkes aus. Der innere Aufbau ist zugleich die äußere Gestalt. Fehler lassen sich nicht nachträglich verstecken, alles liegt offen zu Tage. Das Flechten erfordert daher ein hohes Maß an konstruktivem Vorstellungsvermögen und mathematischer Begabung,

viel Phantasie, Fingerspitzengefühl und Fingerfertigkeit und nicht zuletzt Geduld. Während beim Töpfen oder Glasblasen die Form im Handumdrehen entsteht, baut sie der Bambusflechter Stück für Stück auf. An großen aufwendigen Stücken, wie z. B. dem ausgestellten Zikadenkäfig oder den feingearbeiteten Blumengefäßen arbeitet Enomoto ununterbrochen ungefähr zwei Monate lang. Aber auch in einem verhältnismäßig einfachen Stück wie zum Beispiel einem Korbsteller für kalte Buchweizennudeln steckt ein voller Tag konzentrierter Arbeit.

Es gibt eine Vielzahl verschiedenster Flechtknoten, die sich mit Phantasie fast beliebig weiterentwickeln und variieren lassen. Grob unterscheidet man zwischen Bindungen, die sich für sechseckige, viereckige oder runde Formen eignen. Sehr oft werden aber in einem Stück mehrere Bindungen verwendet. Welche Bindung zur Anwendung kommt, entscheidet Enomoto im Blick auf die gewünschte Form, den Verwendungszweck und den Gesamteindruck, den das Flechtwerk am Ende machen soll.

Auf den ersten Blick wirken die Flechtkunstwerke fragil. Nimmt man eine fertige Flechtkunst in die Hand, ist man überrascht von ihrer Leichtigkeit und ihrer Robustheit. Die Flechtknoten haben die

Spannkraft des Bambus in eine Form gezwungen, und diese Form zeichnet sich wie der Bambus selbst durch eine erstaunliche Festigkeit und Elastizität aus. Trotz dieser Eigenschaften, trotz der Nachhaltigkeit des schnell nachwachsenden Werkstoffes Bambus, ungeachtet der natürlichen Schönheit des Materials, das im Laufe der Verwendung noch auf wunderbare Weise nachdunkelt und patiniert, sieht die Zukunft des Bambusflechbens in Japan nicht gerade gut aus. Synthetisch-industriell herstellbare Werkstoffe wie Plastik und Aluminium haben das Bambusflechten zu einem nicht mehr unbedingt notwendigen, nurmehr „schönen Handwerk“ werden lassen. In Beppu, einem der Hauptzentren japanischer Bambusverarbeitung, kursiert ein geflügeltes Wort, das jedem Vater empfohlen wird, seine Tochter keinesfalls einem Bambusflechter zur Frau zu geben. Dort hätte sie nur ein mühsames, entbehrungsreiches Leben zu erwarten. Bis vor acht Jahren mußte auch Chifuyu Enomoto sich noch jedes Jahr mehrere Monate als Fabrikarbeiter verdingen, um seine Familie ernähren zu können. Um sich heutzutage in Japan mit der Bambusflechtkunst durchs Leben zu schlagen, bedarf es einer wahrhaft bambusgleichen Mischung von dickköpfiger Unbeugsamkeit und Flexibilität.

---

## **Chifuyu Enomoto**

Chifuyu Enomoto wurde 1950 in Sagamihara, Kanagawa-Präfektur, geboren. Als 20jähriger studierte er zunächst Wirtschaftswissenschaften an der Kokugakuin-Universität in Tokyo bevor er sich entschloß, eine handwerkliche Ausbildung zu absolvieren. In Echizen, Fukui-Präfektur, lernte er über zwei Jahre das Töpferhandwerk und ging dann an die Fachhochschule für Handwerk in Beppu, Oita-Präfektur, um dort eine Ausbildung im Bambus-Kunsthandwerk zu erhalten. In Beppu richtete sich Enomoto 1978 seine erste eigene Werkstatt ein. Seit dieser Zeit nimmt er regelmäßig an den wichtigsten jurierten japanischen Ausstellungen für Kunsthandwerk teil.

Chifuyu Enomoto verlegte 1983 seine Werkstatt nach Wajima, Ishikawa-Präfektur, um sich an der dortigen Fachhochschule für Lackkunst im Bereich Lacktechnik weiterzubilden. Die Kenntnisse, die Enomoto hier erwarb, sind seitdem für seine Bambusflechterbeiten wichtig. Es gelang ihm, eine neue Technik zu entwickeln, die das Flechten mit urushi lackiertem Bambus ermöglicht. Für eine Korbsschachtel für Teezubehör, die in dieser Technik gearbeitet ist, erhielt er 1990 den Förderpreis der Urasenke-Teeschule. 1993 wurde er mit dem 1. Preis der Präfektur



Ishikawa für traditionelles Kunsthandwerk ausgezeichnet.

Heute lebt und arbeitet Chifuyu Enomoto in Monzen, Ishikawa-Präfektur. Immer wieder bildet er in seiner Werkstatt junge Handwerker in der traditionellen Flechkunst aus. Die Anerkennung seiner handwerklichen Meisterschaft und das Interesse, diese Handwerkskunst der japanischen Kultur zu bewahren, zeigt sich u.a. auch darin, daß Enomoto im letzten Jahr einen Lehrauftrag an der

Fachhochschule für Lackkunst in Wajima erhielt.

In der Exempla '99 führt Chifuyu Enomoto die traditionelle japanische Flechkunst vor. Einige seiner kunstvollen Körbe und Flechtwaren aus Bambus werden ausgestellt.

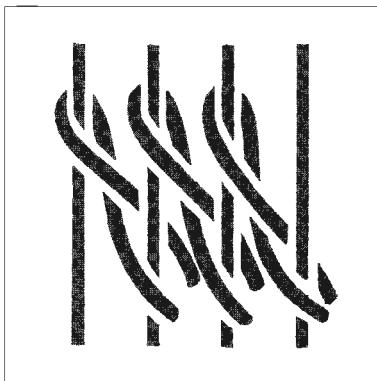
# Knüpf- und Flechtverbindungen

---



## Zur Geschichte des Knüpfteppichs

Dr. Harald Böhmer,  
Marmara-Universität, Istanbul



Persischer Knoten

Der älteste Teppich der Welt kam 1949 aus dem ewigen Eis eines Fürstengrabes in Sibirien ans Tageslicht. Es ist der nach seinem Fundort benannte, inzwischen weltberühmte Pazaryk-Teppich, etwa 2500 Jahre alt, jetzt aufbewahrt im Eremitage-Museum in Sankt Petersburg. Er ist sehr fein geknüpft und hat ein kompliziertes Muster: abstrakte Motive im Innenfeld, realistische Reiter in der Bordüre. Die rote Grundfarbe dieses Wollteppichs ist nach dem Resultat einer chemischen Analyse aus einer Färbeschildlaus gewonnen worden. Sie hat sich in voller Leuchtkraft erhalten.

Die „Erfindung“ des Knüpfteppichs liegt weiter zurück als 2500 Jahre. Der feine, reich gemusterte Pazaryk-Teppich kann nicht der Anfang gewesen sein. Es gibt archäologische Funde kleiner Fragmente von Knüpfteppichen, z. B. aus Höhlen im Nordirak, die zurück bis ins 2. Jahrtausend vor Christus datiert werden. Von der Archäologie in den trockenen Gebieten Asiens sind noch weitere Überraschungen zu erwarten. Heute gilt, daß der Knüpfteppich eine mindestens 3000jährige Geschichte hat. Über seine Anfänge wissen wir nichts Genaues. Eine Hypothese besagt, daß der Knüpfteppich eine Erfindung Schafe züchtender Nomaden in Zentralasien sei, gewissermaßen eine Weiterentwicklung des Wolfells

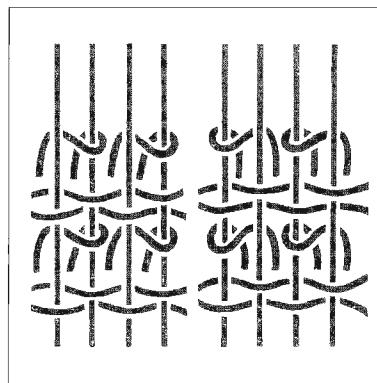
des Schafes, größer und schöner, geeignet als wärmende Unterlage im Zelt.

Nach dem um 500 v. Chr. datierten Pazaryk-Teppich tut sich in der Teppichgeschichte für Jahrhunderte eine große Lücke auf. Mit Radiocarbon-Methode hinreichend sicher datierte orientalische Teppiche gibt es erst wieder aus dem 10., 11. und 12. Jahrhundert.

Die Teppichknüpfkunst erreichte einen Höhepunkt im 15. und 16. Jahrhundert in Persien und der Türkei. Es ist eine höfische Kunst. Die türkischen Sultane der Osmanen-Dynastie und die persischen Schahs der Saffiden-Dynastie unterhielten Werkstätten, in denen nach den Entwürfen von Künstlern kompliziert gemusterte Teppiche hergestellt wurden. Sie entwickelten sich zu einem Exportartikel für Europa. Dort haben sich in Kirchen, Schlössern des Adels und in den reichen Bürgerhäusern Hunderte von Teppichen aus dieser Blütezeit erhalten. Viele sind inzwischen in den berühmtesten Museen der Welt zu sehen.

Eine nomadische und dörfliche Teppichfertigung gab es auch. Sie war zwar von den höfischen Manufakturen beeinflußt, behielt aber eine vitale Eigenständigkeit. Deshalb überlebte diese Fertigung den Niedergang der höfischen Werkstätten im 18. und 19. Jahr-

# Knüpf- und Flechtverbindungen



Persischer Knoten

hundert und hielt sogar in einigen Gebieten bis ins 20. Jahrhundert an.

Vor gut 100 Jahren „entdeckten“ breite Kreise in Europa und Amerika den Orientteppich. Es setzte eine Massenproduktion ein, nur unterbrochen durch die beiden Weltkriege. Um die Jahrhundertwende kontrollierten, finanzierten und organisierten europäische Firmen einen großen Teil der Teppichproduktion sowohl in Persien als auch in der Türkei; sie führten auch die neuen synthetischen Farbstoffe ein. Diese ersten sogenannten Anilinfarben waren hinsichtlich Licht- und Waschechtheit zwar von minderer Qualität, aber sie verdrängten doch weitgehend die traditionelle Naturfärberei. Inzwischen hat sich die Qualität der synthetischen Farbstoffe zwar erheblich gebessert, aber sie kommen der harmonischen Palette von Naturfarben oft nur nach einer starken chemischen Wäsche nahe.

Seit Jahren gibt es eine Renaissance der Naturfarben in einigen traditionellen Erzeugerländern, in der Türkei seit 1981. Diese Entwicklung beschleunigt sich im Rahmen der anhaltenden „Öko-welle“. Hinzu kommt, daß einige synthetische Farben, wie z. B. die sogenannten Azofarbstoffe, neuerdings als krebserregend in Verruf geraten sind.

Die Gebiete mit einer traditionell verwurzelten Teppichfertigung liegen in Persien, der Türkei, dem Kaukasus, in Afghanistan, Turkmenistan, Usbekistan, Kirgisien, Sinkiang (Westchina), Tibet und auch in Marokko. Pakistan, Indien und Nepal haben erst nach dem zweiten Weltkrieg mit der Massenproduktion von Teppichen begonnen, China erst in jüngster Zeit.

## Was ist ein Knüpfteppich?

Einen Knüpfteppich kann man definieren als die Bereicherung eines Grundgewebes aus längs verlaufenden Kettfäden und quer verlaufenden Schußfäden um kurze Fäden, die um benachbarte Kettfäden so geschlungen sind, daß ihre Enden an der Oberfläche heraushängen.

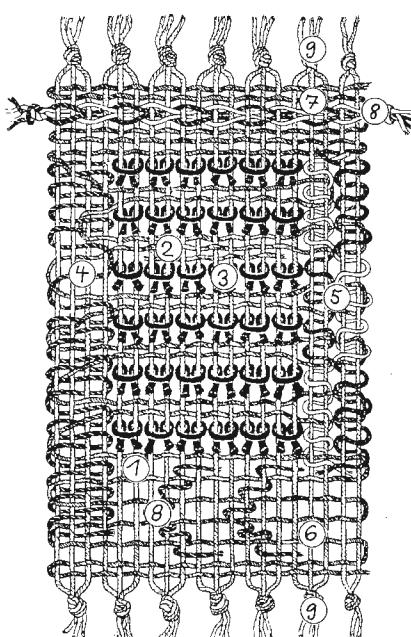
Die Zeichnung verdeutlicht die Elemente der technischen Struktur des Knüpfteppichs:

Kette (1): Sie besteht aus den in der Längsachse verlaufenden Kettfäden.

Schuß (2): Er besteht aus den quer zur Längsachse eingefügten Schußfäden.

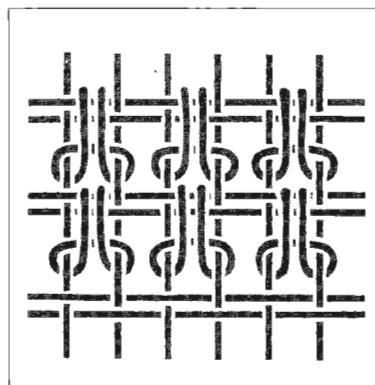
Knoten (3): Die hier um zwei benachbarte Kettfäden geführten und verschlungenen kurzen Fäden sind die sogenannten Knoten. Sie sind in Reihen angeordnet. Kettfäden trennen die Knotenreihen und festigen den Teppich. Es gibt mehr als ein Dutzend verschiedener Knotenarten. Die Knoten in der Zeichnung sind sogenannte türkische oder symmetrische Knoten. Die Zahl der Knoten pro Quadratzentimeter ist ein Maß für die Knüpfdictheit.

Flor. Die heraushängenden Enden aller Knoten bilden den Flor. Da die Knoten nicht senkrecht nach oben stehen, sondern geneigt sind, hat der Flor eine Richtung.



Zeichnung von Gerd Schneider, Karlsruhe

Ghiordes- oder türkischer Knoten



Seitenkanten oder Längskanten (4): Sie sind florlos und mit zusätzlichen Kantenfäden verstärkt. Durch eine besondere Führung mehrfarbiger Kantenfäden können Zierkanten entstehen (5).

Schmalkanten: Die Schmalkante, an der mit der Fertigung des Teppichs begonnen wurde, ist die Unterkante (6), die andere die Oberkante (7). Beide sind florlos. Kett- und Schußfäden bilden ein Gewebe, das als Kelim bezeichnet wird. Diesen Kelim durchlaufen vielfach von Längskante zu Längskante oder unregelmäßig besondere farbige Zierfäden (8). Die verknötenen Kettfäden bilden den Abschluß der Kelims (9).

#### Muster und Farben

Durch verschiedenfarbige Knoten entstehen die Muster in einem Knüpfteppich. Ohne Farben keine Muster! Der farbige Knoten ist das kleinste Element eines Teppichmusters.

#### Fasern und Garne

Für das Grundgewebe aus Kette und Schuß werden Woll-, Baumwoll- und Seidengarne verwendet; für die Knoten – und damit für den Flor – Wolle und Seide, Baumwolle nur in Ausnahmefällen.

#### Die Hochschule für Teppichweberei in Canakkale

Professor Aydin Ugurlu,  
Mimar-Sinan-Universität, Istanbul

Canakkale ist eine Universitätsstadt in Nordwest-Anatolien, einer Region, die eine jahrhundertalte Tradition in der Kunst des Teppichknüpfens hat. Die Teppiche der Bauern und Nomaden in der Provinz Ayvacik um Canakkale gehören mit zu den schönsten Hinterlassenschaften türkischer Textilkunst und wurden schon zu Beginn des 20. Jahrhunderts zu begehrten Sammlerstücken. Noch heute knüpfen die Frauen in diesem Gebiet ihre Teppiche nach traditionellen Mustern und bringen diese jeden Freitag auf den Markt in Ayvacik, um sie dort zu verkaufen.

Um die Pflege der handwerklichen und künstlerischen Tradition im Textil bemühen sich inzwischen in der Türkei Universitäten und Hochschulen. Eine dieser Hochschulen befindet sich in Canakkale.

An der Hochschule für Teppichweberei in Canakkale, die 1981 gegründet wurde, studieren heute 70 Studenten. Das Studium dauert zwei Jahre und schließt mit einem Diplom als Teppichdesigner. Nach dem Studium eröffnet sich den Absolventen eine Mitarbeit bei Teppichfirmen oder als Restauratoren in Museen. Das Lehrpro-

gramm umfaßt die Fächer Kunstgeschichte, Zeichnen, Entwurf von Teppichmustern, Knüpftechnik und Farbenlehre.

Servet Senem Basarir-Ugurlu ist Lehrerin an der Hochschule in Canakkale. Von 1990 bis 1992 studierte sie selbst dort. Anschließend arbeitete sie vier Jahre lang als Teppichdesignerin bei einer größeren Firma, bis sie sich von 1995 bis 1997 zu einem Studium an der Mimar-Sinan-Universität in Istanbul in der Abteilung für traditionelle Weberei entschloß. Ihr Interesse gilt der traditionellen anatolischen Handweberei, über die sie auch verschiedene Veröffentlichungen verfaßt. In verschiedenen Dörfern des Ayvacik-Gebietes hat sie als Lehrerin für Knüpftechniken gearbeitet. Als Textilgestalterin beteiligt sie sich an Ausstellungen und macht Entwürfe für die Handweberei. In der Exempla '99 demonstriert sie die traditionelle anatolische Knüpftechnik.

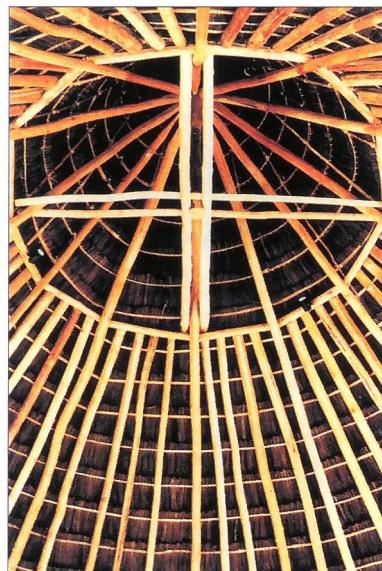
Zeichnungen der Knotentechnik aus: Systematik der Textilien Techniken; Basler Beiträge zur Ethnologie, Bd. 14.

# Knüpf- und Flechtverbindungen

## Gebundene Architektur der indianischen Völker am Amazonas

Eine archaische Form des Hausbaus ist die gebundene Architektur. Das Binden oder Verschnüren von Holzstangen zu haltbaren Konstruktionen ist der Ursprung der Holzverbindungen. Geschnürte Verbindungen benötigen keine Bearbeitung des Holzes und deshalb auch kein hochentwickeltes Werkzeug. Das Verschnüren und die ähnlich alte Technik des Flechtns waren einst die vorherrschenden Verbindungstechniken des Hausbaus.

Die Technik der gebundenen Architektur wird auch heute noch von Restgruppen der indianischen Völker im Amazonasgebiet in ihrem traditionellen Hausbau angewendet. Genauso unterschiedlich wie die Lebensgewohnheiten der indianischen Stämme sind die Hausformen, die sich in langer Tradition aus den Bedürfnissen ihrer Bewohner entwickelt haben. Das können kleine kreisrunde Hütten mit kegelförmigen Dächern sein, die nur eine Familie beherbergen, oder große rechteckige Gemeinschaftshäuser mit hohen Satteldächern, in denen eine ganze Siedlungsgemeinschaft wohnt, oder auch pulsartige Unterkünfte, die um einen zentralen Gemeinschaftsplatz angeordnet



sind. Die Verbindungstechnik ist bei allen diesen verschiedenen Hütten- oder Hauskonstruktionen dieselbe: Holzstangen werden mit Lianen haltbar verschnürt und Palmwedel werden zu einem regensicheren Dach in die Konstruktion eingebunden.

Die Vielfalt, Schönheit und Funktionalität traditioneller indianischer Architektur ist aber heute weitgehend verschwunden. Viele der Amazonas-Indianer haben im Laufe der letzten Jahrhunderte und besonders der letzten Jahrzehnte ihre Eigenständigkeit aufgegeben und sich der sogenannten „Zivilisation“ anzupassen müssen. Unter falsch verstandenem Fortschrittsglauken und staatlichen Integrationsprogrammen wurden für die Indianer Wellblechbaracken und Bretterbuden errichtet, die weder den Bedürfnissen ihrer Bewohner noch den klimatischen Verhältnissen im Urwald entsprechen. Der Verlust der traditionellen Bauweise hat aber nicht nur eine mindere Wohnqualität, sondern auch den Niedergang kultureller Eigenart zur Folge, da z. B. nicht mehr genügend Raum für die zeremoniellen Tanzfeste bleibt, die die

Basis des sozialen Gemeinschaftsgefühls bildeten.

Manche ständig kleiner werdende Gruppen der Amazonas-Indianer versuchten die Einflüsse der „Zivilisation“ fernzuhalten, aber sie konnten bis heute nur überleben, indem sie sich in die schwer zugänglichen Urwaldgebiete bzw. in die Waldgebiete nahe der Flussufer zurückzogen. Diese Restvölker errichten auch heute noch in der traditionellen Bauweise ihre Siedlungen.

Die Exempla '99 zeigt den Bau eines Amazonashauses in der traditionellen Bindetechnik. Dieser Beitrag konnte mit Unterstützung von Renny Barrios, der aus Caracas stammt, aber seit einigen Jahren im Amazonasgebiet lebt, für die Exempla gewonnen werden. Renny Barrios engagiert sich in Venezuela in seiner direkten Umgebung für den Erhalt der traditionellen Bauweise der Indianer. Er hat die Vorteile, die diese einfache Architektur für die Bewohner seines Landes leistet, erkannt und sieht außerdem deren erhaltenswerten Anteil an der Kulturschicht Venezuelas.

„La Churuata“, die in der Exempla '99 nachgebaut wird, ist die einheimische Hausart des Curibaco-Stammes. Die Hütte ist kreisrund mit einem ungefähren Bodendurchmesser von 6 m und besitzt ein kegelförmiges Dach mit einer Höhe von 8 m. Der überdachte Raum dient einer Großfamilie mit Großeltern, Eltern und Kindern für die alltäglichen Aktivitäten wie Kochen, Arbeiten und rituellen Handlungen. Für den Bau der Hütte werden nur Materialien des Waldes benutzt, Holz für die Konstruktion, Palmwedel für die Bedachung und Lianen als Verbindungsmaterial. Bevorzugt werden die Lianen der Chiqui-Chique-Pflanze verwendet, da sie sehr haltbar und langlebig sind. Grundgerüst der Konstruktion sind acht Säulen, die einen Meter tief in den Erdboden gegraben werden. Sie tragen 40 Stangen, die zu einer Mittelsäule geführt werden. Auf diesen Stangen werden die Palmwedel des Dachs mit Lianen festgebunden. Diese Art der Hütten werden von den Indianern heute z.T. wieder errichtet und bewohnt – neben den Wellblechhütten, die dann als Abstellraum umfunktioniert werden.

Eine andere traditionelle Hausform eines Indianerstamms im Amazonasgebiet ist der „Yahi“ der Yanomamis, der im folgenden beschrieben wird.



### Der klassische „Yahi“ der Yanomamis

aus T. Luis Cocco: quince años entre los yanomamos, Caracas 1972, übersetzt aus dem Spanischen von Henning Schroedter-Albers, München 1999

Yahi oder yano ist der Begriff, mit dem die Yanomamis ihren Wohnsitz bezeichnen, welcher Bauweise er auch immer sei. Der klassische yahi ist der typische Bau in Art eines Pultdaches, der auch von anderen Indiostämmen errichtet wird, aber bei den Yanomamis ein weiter gespanntes Dach und eine sorgfältig geflochtene Verbindungstechnik aufweist. Die Gesamtrundung der Bedachung vermittelt den Eindruck eines riesigen Gemeinschaftshauses, insbesondere wenn es sich um eine kleinere Ansiedlung handelt, und als solches wird es xapono oder in

der Kreolensprache *maloca* genannt.

Die Ansicht aus der Vogelschau erinnert an die typische Tonsur-Haartracht der Yanomamis. In der Mitte befindet sich ein Freiplatz, den sie *heha* nennen und um den herum sich die Schutzwände der Behausungen erheben. Die zur Mitte strebende Gliederung und die starke Neigung der Dächer formen ein strategisch sinnvolles Schilddach gegen den Einfall feindlicher Pfeile. Der Hof kann mit den Behausungen einen Durchmesser von 20 bis 50 Metern besitzen. Um den Hof herum reihen sich üblicherweise bis zu acht Häuser, die von verschiedenen Familien bewohnt werden. Die Familien stehen in einem Großfamilienverhältnis und zählen zusammengenommen maximal zweihundert Bewohner. Wenn sie auch selten diese Ziffer erreichen, so haben diese Sied-

# Knüpf- und Flechtverbindungen

lungsgemeinschaften doch meistens um die hundert und nie weniger als vierzig Mitglieder.

Die Planung und der Bauprozeß sind ein Werk des kollektiven Einverständnisses und der gemeinsamen Arbeit. Der *yahi* der Yanomamis ist keineswegs nur ein Wand schirm von einfacher Konstruktion. Bedeutsam ist besonders die Standortbestimmung desselben aufgrund eines Plans von gemeinschaftlicher Funktion: alle *Yahis* werden auf der Fläche errichtet, die zwischen zwei konzentrischen und unregelmäßigen Umkreisen oder Vielecken liegt, und alle sind auf das gleiche Zentrum, die mittlere Freifläche, ausgerichtet.

Für jedes Pultdach werden im äußeren Kreis zwei oder mehr zugespitzte Pfosten, die als Rückwandsäulen dienen, in die Erde eingestemmt. Die Zahl hängt von der Länge des Hauses ab. Diese Pfähle heißen *totahima-keki* und haben die Form von einem I oder von einem X. Sie sind normalerweise einen Meter oder mehr hoch. (Alle Maße entsprechen dem Augenmaß oder einem Vergleich). Die Pfähle in Form eines X, mit einer minimalen Öffnung oben und äußerst fest im Kreuz gebunden, sollen das Gewicht des Gebäks besser tragen.

Ungefähr 4 Meter entfernt von den Rückwandpfosten werden



zwei oder drei Langbaumpfähle eingestemmt, die die Hauptlast des Dachs tragen. Diese Pfähle werden *heha-nahi* genannt. *Paihi* werden die Vorderstangen genannt, die als Stützen für die Ausladung des Dachs eingeschlagen werden. Sowohl über die Rückwandpfosten wie über die Zentralpfosten (Langbäume) werden dann die Längsbalken befestigt, ihr Name ist *pan-pan*. Auf diesen robusten Hauptbalken wieder ruhen Quersparren, *hikimakekewe* genannt, die von der niederen Höhe von einem Meter diagonal emporgehen und über den Hauptlängsbalken von mehreren Metern hinausragen, als ob sie in der Spitze eines imaginären Kegels zusammenlaufen wollten – Symbol einer geometrischen Figur der Yanomami-Wohngemeinschaft.

Auf den Quersparren liegen horizontal einige lange, schmale Träger, die *horohoroma-keki* genannt

sind. Die innere und obere Außenkante des Dachs wird horizontal einzig und allein von einer schmalen Latte getragen, namens *hikirerea*. Ebenso ist weiter nach hinten der Dachrand allein durch eine Latte gehalten, die *hikikatia* genannt ist, oder *xika-hami-kehi*, die die Quersparren vereint.

Für die Stützen des Gebäks werden keine Gabeln eingesetzt; die Balken werden ganz einfach auf die Pfosten gelegt und dann festgeschnürt. Die Verschnürungen geschehen mit einer besonderen Lianenart, der *masimasima*. Das Dachgerüst wird dann mit Palmenblättern bedeckt, und zwar üblicherweise mit denen der *komixi*, der *taital* oder der *taratara*, der *miyima* und der *taraima*. Es bestehen zwei Techniken des Auflegens von den Blättern: die erste ist die des Nebeneinanderlegens in Reihen, eines über das andere, indem man mit der unteren Reihe

beginnt. Auf diese Weise werden die Blätter der *miyoma* oder der *komixi* gelegt, die bereits aufgefaltet sind. Die zweite Technik besteht darin, zwischen den Quersparren feine und straffe Lianen zu halten und mit ihnen die Blätter einzuspannen, indem man diese nach unten umbiegt. Auf diese Weise werden die Blätter von kleinen *komoxi* oder die der *taraima* gelegt. Die Bedeckungsart der zweiten Technik wird mit *yaasi* bezeichnet. Auf das bereits bereitete Dachwerk werden teilweise noch Stangen aufgelegt, um so zu verhindern, daß der Wind es mit sich trägt.

Am Ende verfügt die Behausung über ein Dach mit einer Neigung von 30 bis 45 Grad und einer beeindruckenden Undurchlässigkeit bei den zahlreichen Niederschlägen dieser Gebiete. Die Dachfront schließt fast immer mit einem „Fransenbesatz“ aus Pal-



menblättern der *yagua*, *seje* oder *cucurito* ab, der dekorativ herunterfällt und gleichzeitig den Zweck erfüllt, die vorderen Enden des Dachs zu belasten, damit der Wind sie nicht aufheben kann. Diese äußere Dachkante kann sich zwischen 4 bis 8 Meter Höhe erheben und muß mit vielen Stützlatten gesichert werden.

Das Dach eines Hauses kann mit dem des nächststehenden verbunden sein, normalerweise ist jedoch ein Abstand von einem und manchmal sogar von mehreren Metern eingehalten. Obgleich man durchaus Dächer sehen kann, die bis an den Boden reichen, besteht zwischen Boden und Dachrand im allgemeinen ein Zwischenraum von 40 Zentimetern bis zu einem Meter. Es gibt Häuser, bei denen dieser Abstand offen bleibt, aber generell wird er geschlossen, entweder mit Rückicht auf eventuelle Gefahren oder

aus der Notwendigkeit, dort Haushaltsgegenstände aufzubewahren. Kein Platz ist geeigneter, Brennholz zu stapeln, als dieser, und deshalb wird er gewöhnlich auch so ausgenutzt. In manchen Orten wird er mit einem Blättervorhang geschlossen.

Die Front des *yahi*, die auf die Freifläche gerichtet ist, bleibt gänzlich offen. Es gibt wohl keine menschliche Behausung, die der Sonne und der Luft ein großzügigeres Willkommen bietet als die der Yanomami.



# Holzverbindungen



---

## Holzverbindungen des Zimmererhandwerks

Prof. Manfred Gerner,  
Leiter des Deutschen Zentrums  
für Handwerk und Denkmal-  
pflege, Propstei Johannesberg,  
Fulda

Die Entwicklung der Holzverbindungen ist das entscheidende technische Element in der Entwicklung von Holzkonstruktionen. Dabei ist das Wissen um diese Verbindungen heute von elementarer Bedeutung für die Hausforschung wie für den restaurierenden Handwerker.

Im 20. Jahrhundert nahm das Wissen um Holzverbindungen ständig ab – in den letzten Jahren an der Schwelle zum 21. Jahrhundert konnte das Interesse wieder geweckt werden: Bei der Erforschung traditioneller Holzkonstruktionen, mehr noch bei der Sanierung, Rekonstruktion oder der Reparatur von Holzverbindungen, z. B. im Fachwerkbau.

Die Holzverbindungen wurden – und werden auch heute notwendigerweise – streng nach Gewerken unterschieden. So sind Kämme, Versätze und Klauen typische Zimmererverbindungen, der Rundzapfen wird fast ausschließlich von Drechsleern gebraucht, während der Wagner mit gesteckten Verbindungen arbeitet und das Verzinken eine typische Tischlerverbindung darstellt.

In der Genese sind alle Holzverbindungen auf wenige archaische Standardtypen zurückzuführen. Das sind Stöße, Zapfen, Blätter, Kämme, Einhalsungen, Versätze und Klauen. Aus diesen „Urtypen“

wurden in langen und verzweigten Entwicklungsketten Hunderte spezieller Verbindungen entwickelt, wobei zwangsläufig auch Überlappungen zwischen den Gewerken auftreten. So kommt der Zapfen in praktisch allen Holzberufen vor, wurde aber den Anforderungen entsprechend, z. B. bei maßhaltigen Arbeiten der Tischler oder bei nichtmaßhaltigen Holzkonstruktionen der Zimmerer differenziert angepaßt.

Daneben entstanden für besondere Konstruktionsarten oder Arbeitsmethoden wie den Block- und Stabbau bzw. die Breitenverbindung von Hölzern, aber auch z. B. für Reparaturen weitere „Systeme“ von Holzverbindungen. Der Oberbegriff „Holzverbindung“ wird hier verwendet als Zusammenfügung von Holzteilen, zu deren Verlängerung (Anschuhung) gerade, schräg oder übereck, zur Verbreiterung, zur Aufnahme von Kräften getragener auf tragende Hölzer, zur Überkreuzung wie zum Anschluß von Hölzern in Wänden, Decken und räumlichen Konstruktionen mit oder ohne Kraftübertragung und zu Anschlüssen verstrebender oder aussteifender Gefügeteile.

In diesem Beitrag wird im folgenden ausschließlich über die Holzverbindungen der Zimmerer, also Holzverbindungen für nichtmaßhaltige Bauteile, berichtet.

Gerades Blatt mit doppeltem Schwalben-  
schwanzzapfen und zweiseitig schräg  
eingeschnittener Scherzapfen

# Holzverbindungen

---

Bei allen Zimmererholzverbindungen sind die Ursprünge, die archaischen Grundtypen, leicht abzulesen, wobei die Genealogien der Entwicklungsreihen zeigen, daß im Gegensatz zu den Holzkonstruktionen insgesamt rein praktische, technologische Zielstellungen im Vordergrund standen, während ästhetische Ansprüche sich den Funktionen unterzuordnen hatten.

Wie bereits angedeutet, hing die Entwicklung der Holzkonstruktionen weitgehend von der „Erfindung“, mehr noch von der „Findung“ geeigneter Holzverbindungen ab und diese wieder von den zur Verfügung stehenden Werkzeugen, Maschinen und Hilfsmitteln. Dabei sind die Holzverbindungen das entscheidende Glied in der Kette für die gesamte technische Entwicklung des Holzbauwesens. Die Verbindungen haben den größten Einfluß auf die Konstruktion an sich, sie bestimmen diese in vielen Fällen. Sie haben aber auch Einfluß auf Detailfragen, wie die Raumdimension, die Holzdimension, die Haltbarkeit und die Unterhaltsaufwendungen.

Ursprünglich erfolgte die Erstellung von Häusern und Einrichtungen aus Holz wie fast alle handwerklichen Tätigkeiten haushandwerklich durch die bäuerliche Bevölkerung selbst. Als Werkzeuge dienten in der frühesten Phase

Steinmesser und Steinbeile. Für die Holzverbindungen am Bau wurden in erster Linie natürliche Formen wie Gabeln, Astgabeln und Astansätze ausgenutzt und die Hölzer mit Seilen verbunden oder gesichert.

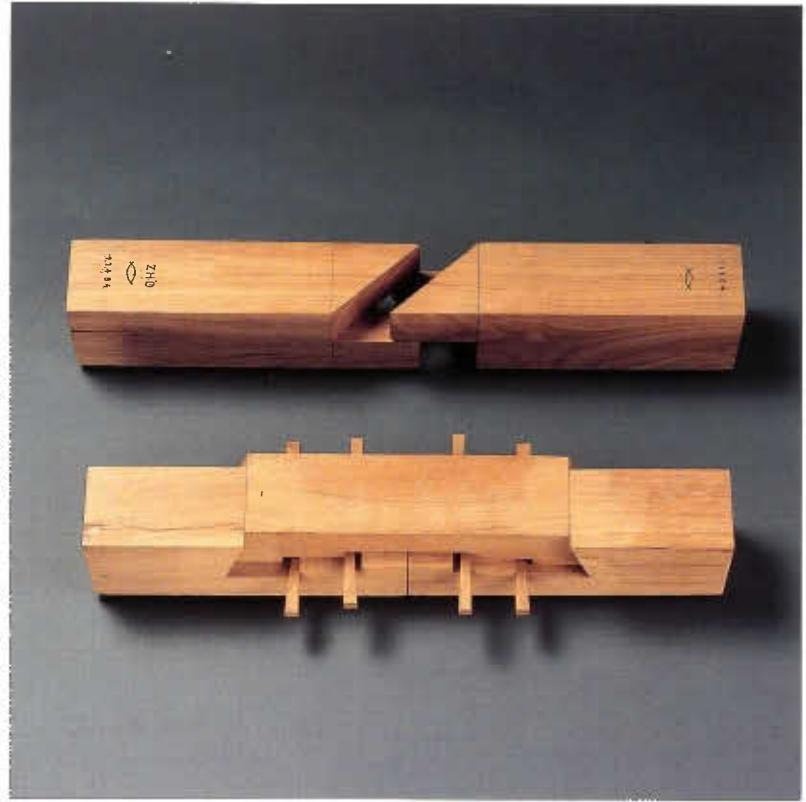
Wegen der schweren, komplizierten und spezialisierten Arbeiten bildete sich der Beruf des Zimmermanns schon in vorchristlicher Zeit heraus. Über viele Jahrhunderte – bis sich Tischler, Wagner und Drechsler etwa im 12. und 13. Jahrhundert n. Chr. zu eigenen Berufsständen spezialisierten – waren Zimmerleute die ausschließlichen „Holzhandwerker“ und dementsprechend auch allein für die Entwicklung der Holzverbindungen verantwortlich.

Der wichtigste Faktor für die Entwicklung der Holzverbindungen war die Entwicklung von Äxten, Beilen und Sägen. Aufgrund der archäologischen Befundlage geht die Literatur heute davon aus, daß die Entwicklung vom Faustkeil über die Handspitzen und Klingen zur Steinaxt um 8000 v. Chr. erfolgte. Während der Faustkeil für die Holzbearbeitung in größerem Umfang noch ein relativ unbeholfenes Werkzeug war, wurde die Axt das über Jahrtausende wichtigste Werkzeug. Die Steinäxte aus dem 7. Jahrtausend v. Chr., in Schlag- oder Drücktechnik hergestellt, wurden als Waffen und

Jagdgerät benutzt, dienten für Zeremonien und waren das wichtigste Werkzeug für den Hausbau und die Geräteherstellung.

Es ist davon auszugehen, daß von 8000 v. Chr. beginnend Bauhölzer in immer exaktere Dimensionen gebracht wurden, d. h. abgelängt, bewaldrichtet, kantig behauen und in Latten, Bretter, Bohlen oder Balken gespalten und beschlagen wurden. Bei Erkelenz im Rheinland konnten Archäologen gut erhaltene Brunnen schächte in Blockbauweise mit exakt ausgearbeiteten Verschränkungen bergen, die um 5090 v. Chr. errichtet worden waren. Höchste Kunsfertigkeit bewiesen Haushandwerker und Handwerker im Umgang mit den Steinäxten und Steinbeilen bereits zu Beginn der Jungsteinzeit ca. 3500 v. Chr. bei der Verbesserung von natürlichen Holzverbindungen, z. B. durch das Nacharbeiten von Astgabeln, mehr noch bei den frühen Verbindungen wie Einhalsungen und Zapfen. Mit dem Beginn der Bronzezeit und damit dem Aufkommen von Bronzeäxten und -beilen machte die Werkzeugentwicklung einen großen Sprung vorwärts. Nicht nur, daß die Axt- und Beiklingen praktisch in jeder Form gegossen und besser geschärft werden konnten, sondern man konnte vor allem die Befestigung der Stiele besser lösen. Die Steinklingen und

Doppelte Schäftung und schräg eingeschnittener Stoß mit eingesetztem doppeltem Haken und Keilen



auch die frühesten Bronzeklingen waren noch in gespaltene Knieholme eingebunden. Diese Befestigung war insgesamt labil und mußte oft repariert werden. Mit der Ausarbeitung von Tüllen an den Bronzeklingen und später auch von Schaftlöchern wurde die Befestigung dauerhaft gelöst. Mit der Eisenzeit beginnend wurde dann eine Vielzahl spezialisierter Äxte und Beile, für die Zimmerleute insbesondere Bundäxte, Kreuzäxte, Stichäxte und Beschlagbeile, entwickelt. Für viele Holzverbindungen waren die hochentwickelten Werkzeuge die grundsätzliche Voraussetzung.

Gezahnte Feuersteine aus der frühen Jungsteinzeit um 3500 v. Chr. müssen als Sägevorläufer oder auch als älteste Sägewerkzeuge angesehen werden. Mit entsprechenden keiligen Steinen konnte man aber nur wenige Millimeter tief „schneiden“, dann klemmte der Stein. Richtige Sägen aus gezahnten Bronzeblättern, auch schon in Holzbügel gespannt, sind seit 1500 v. Chr. in Ägypten nachgewiesen. Aber auch diese Sägen hatten noch einen großen Nachteil. Sie waren nicht geschränkt, die Sägezähne lagen also noch in einer Linie und deshalb klemmten sie. Erst in römischer Zeit wurde das Schränken, das abwechselnde Herausbiegen der Sägezähne erfunden, welches das Sägen in unserem Sin-

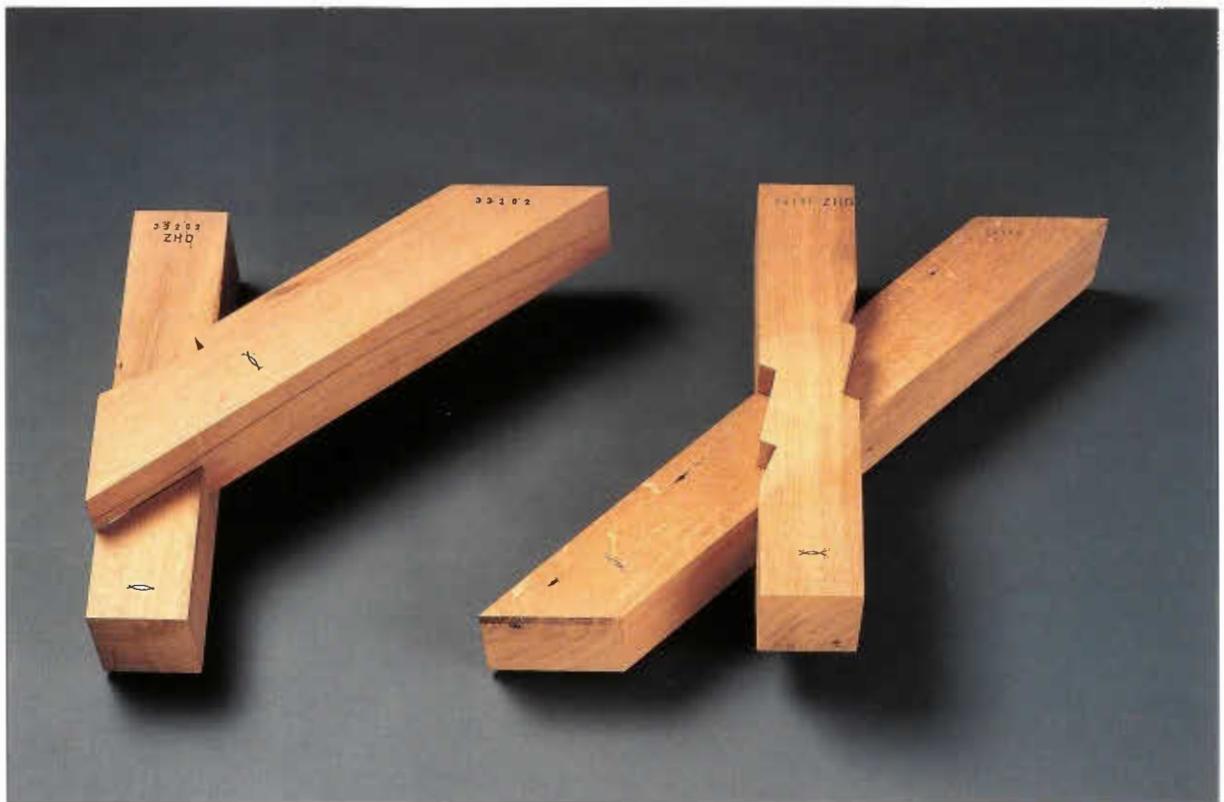
ne, leichtgängig und mit großen Schnitttiefen, erlaubte.

Im späten Mittelalter war die Entwicklung vom Eisen zum Stahl so weit vorangeschritten, daß sowohl eine Vielzahl spezialisierter Äxte und Beile hergestellt werden konnte als auch breite, harte Sägeblätter, die ungespannt verwendet werden konnten, insbesondere in Form der Schrotäxte und verschiedener Arten und Größen von Stoßäxten. Damit waren im 15. Jahrhundert von den Werkzeugen her die Voraussetzungen gegeben, die bis dahin als archaische Typen schon über Jahrtausende bekannten Holzverbindungen, wie Zapfen, Blätter, Kämme, Einhalsungen, Klauen und Versätze, schnell zu einem komplizierteren System raffinierter Holzverbindungen mit großem Variationsreichtum für unterschiedliche Funktionen, Bedingungen und Zwecke zu entwickeln.

### Stoßverbindungen

Die „Stöße“, das Verlängern von Hölzern in eine Richtung oder übereck waren die mit am frühesten benötigten und gebrauchten Verbindungsformen. Stöße sind liegend in allen Schrägen oder stehend notwendig. Eine grobe Einteilung über Definitionen könnte für liegende Stöße der Begriff „Anschuhen“ und für stehende Stöße „Anschäften“ sein, wobei, durch regionale Unterschiede bedingt, diese beiden Begriffe auch gelegentlich umgekehrt oder austauschbar verwendet wurden. Die relativ einfachen Stoßverbindungen wurden schon früh durch Verbindungen von Blättern oder Zapfen, welche sehr viel mehr Funktionen erfüllen konnten, ersetzt. Zu den Stoßverbindungen zählen neben den einfachen Längsstößen auch Stöße mit Mittelstück, Zapfenstöße und Schäftungen.

# Holzverbindungen



## Zapfenverbindungen

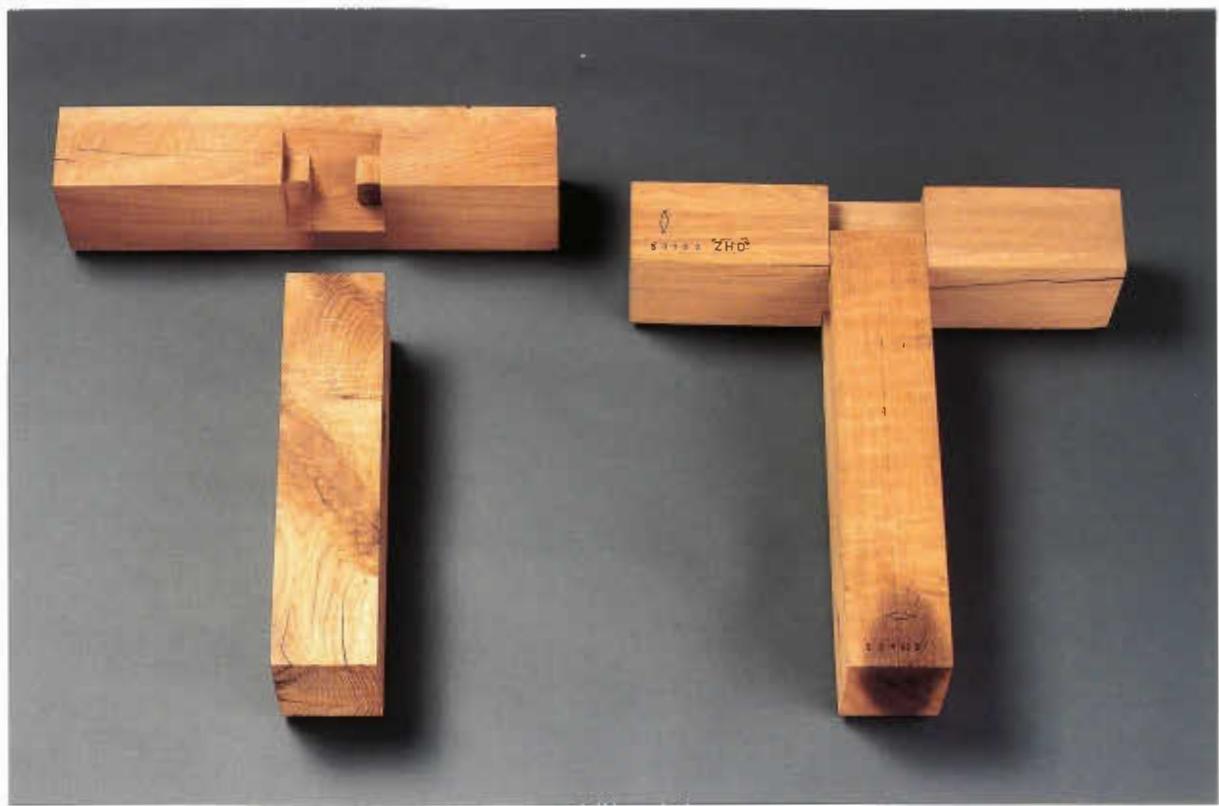
Zapfen gehören neben den Blättern zu den ältesten und am weitesten verbreiteten Holzverbindungen mit zahlreichen Ausführungsvarianten. Der Ursprung von Zapfenverbindungen liegt in Anspitzungen, aber auch in den schon 3000 v. Chr. verwendeten Einsatzlöchern. Es entwickelten sich daraus sowohl Rundzapfen als auch quadratische, d. h. zweiseitig abgesteckte Zapfen, und weiter die heute üblichen Zapfen sowie jeweils komplexe Systeme mit Scherzapfen, Zapfenblättern, Schwabenschwanzzapfen, Brustzapfen, Zapfen mit Keilen, Blattzapfen, Seitenzapfen, Kreuzzapfen und Zapfen mit Versätzen. In Formen, wie den durchgesteckten Zapfen, wurden Zapfen in höchster Vollendung entwickelt. Für Reparaturen wurden eigene Zapfensysteme ausgearbeitet, wie die Falschen Zapfen, Schleifzapfen und Jagdzapfen.

## Blattverbindungen

Blätter dienen für Längs-, Eck-, Quer-, Kreuz- und Schrägverbindungen, in denen die zu verbindenden Hölzer mit Blattsassen (in die das Blatt eingreift) bündig übereinanderliegen, quer angeblattet sind oder sich kreuzen. Blattverbindungen zeigen im Gegensatz zu den Zapfen sehr einfache Entwicklungslinien, beginnend mit den plan abgearbeiteten Flächen, sich kreuzender Rundhölzer zur Erzielung einer festen Auflage der Verbindungen. Aus den nur gering in die Hölzer eingearbeiteten Anblattungen entwickelten sich die Verblattungen mit Blättern und Blattsassen. Dabei ist die Tiefe der Blattsasse im Normfall die halbe Holzstärke des schwächeren Holzes, bei gleichen Holzstärken jeweils die halbe Holzstärke. Auch Blätter wurden zu hunderten komplizierter Verbindungssystemen ausgearbeitet, wie z. B. dem Französischen Schloß, einer

Schwellenverbindung mit Keilen, die nicht nur lagefest ist, sondern auch ohne zusätzliche Hilfsmittel alle auftretenden Kräfte wie Zug-, Druck- und Scherkräfte aufnehmen kann. Zu den weiteren Blattverbindungssystemen gehören Zapfenblätter, Brustblätter, Zugblätter, Schräge Blätter, Hakenblätter, Schwabenschwanzblätter, Blattzapfen und Kreuzblätter.

Einseitiges Schwabenschwanzquerblatt mit Versatz und Kreuzblatt mit Stirn- und Fersenversatz



## Halsverbindungen

Bei den Einhalsungen lassen sich Ursprung und Entwicklung am leichtesten nachvollziehen. Der Ursprung war die Astgabel auf einem Pfosten oder Ständer, in welcher ein waagerechtes Holz, wie First-, Mittel- oder Fußpfette, auflag. Die Verbindung war durch die Auflast bereits stabil. Als Zwischenschritt folgten einfache, meist halbrunde oder mit einfachem V-Schnitt am Kopfende von Pfosten oder Ständern angearbeitete Sassen. Weiter wurden dann die Astgabeln tiefer ausgeschnitten und schließlich in den Kopfenden von Ständern oder Pfosten „Scheren“ – hier besser ausgedrückt Hälse – eingearbeitet, in welche das aufliegende Holz voll- und weiterentwickelt auch verjüngt eingepaßt wurde.

Einhalsungen wurden umfangreich im skandinavischen Stabbau angewendet, sie finden sich weiter

bei allen Zwischenstufen zwischen Astgabeln und Zapfenverbindungen, und schließlich wurden mittels Einhalsungen komplexe Konstruktionen erarbeitet, wie Pfettendächer aus Bhutan im Himalaya, die nur auf einem Einhalsungsprinzip beruhen.

Zu den Einhalsungen zählen: eingeschnittene Hälse, Hälse mit Versatz, aber auch als Sonderform der doppelte Blattzapfen.

## Kammverbindungen

Die Entwicklung der Kämme liegt nahe der Entwicklung von Blättern. Es muß davon ausgegangen werden, daß der Ursprung der Kämme wie bei den voll ausgebildeten Blättern in An- oder Aufblattungen liegt. Alle Verkämmpungen sind waagerecht angeordnet und stellen nicht bündige Aufblattungen dar. Die ersten Verkämmpungen kamen schon in der Jungsteinzeit vor. Bei Fachwerkbauten im späten 13. Jahrhundert sind bereits voll ausgebildete und komplizierte Kammverbindungen bekannt. Zu den Kammverbindungs-systemen zählen Verkämmpungen übereck und Verkämmpungen quer, Schwalbenschwanzkämme und Kreuzkämme.

Aufklauung mit H-förmigem Steg und eingeschnittener Hals

# Holzverbindungen



## Versatzverbindungen

Versätze wurden entwickelt, um die mit einem Holz schräg auf ein weiteres Holz auftreffenden Druckkräfte einfach und direkt weiterzuleiten, in Ausnahmefällen auch um das Auflager von Tür- oder Fenstersturzriegeln zu vergrößern. Einfache Versätze finden sich bei vielen Stütz- und Strebekonstruktionen, unentbehrlich sind sie bei Hänge- und Sprengwerkskonstruktionen. Heute werden Versatzverbindungen vielfach im Ingenieurholzbau als anspruchsvolle, meist durch rechnerischen Nachweis ermittelte Verbindungen verwendet. Zu den Versatzverbindungen gehören neben Versätzen quer und übereck u. a. Versätze mit Zapfen, Versätze mit Blättern, Versätze mit Hälsen und Versätze mit Kreuzblättern.

## Klauenverbindungen

Das Wort „Klaue“ beschreibt ursprünglich einen gespreizten zweizehigen Huf, dementsprechend wird bei der Klaue als Holzverbindung ein durch einen Einschnitt gespreiztes Holzende angesehen. Klauenverbindungen dienen dazu, schräg aufeinander treffende Kräfte, die mit einem Holz senkrecht auf ein weiteres Holz auftreffen, stabil und lagesicher abzuleiten. Der Anwendungsbereich von Klauenverbindungen ist weit, von Sparrenklauen beginnend bis zu Kopf- und Fußanschlüssen von Streben. Konstruktionsbedingt kommt die Klauenverbindung nur bei schräg aufeinandertreffenden Hölzern vor. Ist die Klaue an einem Holzende angearbeitet, wird sie als Aufklaue bezeichnet, bei sich überkreuzenden Hölzern wird gelegentlich von Überkluauungen gesprochen.

Zweiseitiges hakenförmiges Brustblatt und schräges Blatt mit verdecktem Haken



Zapfen über Kreuz und schräg eingeschnittener Scherzapfen mit Grat

Die hier in einer Kurzform dargestellten Ausführungen zu Holzverbindungen lehnen sich eng an den Band „Handwerkliche Holzverbindungen der Zimmerer“ des Autors an.

Die in der Exempla '99 gezeigten Holzverbindungen wurden in der Zimmererwerkstatt des Deutschen Zentrums für Handwerk und Denkmalpflege in Fulda unter Leitung von Zimmermeister Wolfgang Grimm von Umschülern im Zimmerhandwerk weitgehend in Handarbeit gefertigt.

Literaturhinweis:  
Gerner, Manfred: Handwerkliche Holzverbindungen der Zimmerer, 2. Auflage, Stuttgart, 1998.  
Gerner, Manfred: Anschühen, Verstärken und Auswechseln. Reparaturverbindungen der Zimmerleute, Fulda, 1998.

# Holzverbindungen



## Das Giebelbundwerk im Werdenfelser Raum

Die traditionellen Holzarchitekturen, ob Blockbau, Ständerwerk oder Fachwerk, haben in den verschiedenen Landschaften Europas ihr regional typisches Erscheinungsbild. Exemplarisch wird hier ein charakteristisches konstruktives und zugleich gestalterisches Element der alten Bauernhäuser im Werdenfelser Raum vorgestellt: das verzierte Giebelbundwerk. Diese Holzkonstruktion des Giebels besteht aus einem abgebundenen Riegel- und Strebewerk und einer unmittelbar dahinterliegenden Verschalung. Die Konstruktions- und Verbindungshölzer werden also nicht hinter der Verschalung versteckt, sondern offen gezeigt und durch ihre reiche Verzierung wesentliches Schmuckelement der Bauernhäuser. Neben dem giebelseitigen gibt es auch das traufseitige Bundwerk, das weiter verbreitet und vor allem von den alpenländischen Stadelbauten bekannt ist.

„Das Werdenfels ist das Kerngebiet des südwestoberbayerischen Giebelbundwerks. Bis 1820/30 dürften hier nahezu alle Bauern- und Handwerkerhäuser mit einem Zierbund versehen gewesen sein, was man heute noch an den erhaltenen Altbauden ablesen kann. Erst die großen Ortsbrände der

30er bis 60er Jahre des vorigen Jahrhunderts in Partenkirchen und Schlehdorf, Murnau und Unterammergau haben das alpenländische Ortsbild völlig verwandelt.“ Mit diesen Worten leitet Wilhelm Neu seine Ausführungen zum Werdenfelser Zierbund ein, die in dem grundlegenden und von Paul Werner herausgegebenen Buch „Das Bundwerk“ veröffentlicht wurden.

Das verzierte Giebelbundwerk war in der Zeit von 1650 bis 1800 die typische Konstruktions- und Schmuckform der Zimmerer im Werdenfelser Raum. Im Jahr 1972 konnte man bei einem Bestandsüberblick im Altlandkreis Garmisch-Partenkirchen noch 210 Ziergiebel finden. Der Zierbund war zunächst in Tirol entstanden und wurde entlang der damals üblichen Handelswege bis in den Werdenfelser Raum hinein übernommen. Dieser Entwicklung entspricht auch die Tatsache, daß man in Mittenwald die ältesten und den Tiroler Beispielen ähnlichen Giebel antrifft.

Das verzierte Bundwerk war charakteristisches Element des Mittertennhofs, die verbreitetste Gehöftform im Werdenfelser Gebiet, von der heute noch ungefähr 180 Anwesen erhalten sind. Das Besondere dieser Gehöftform ist, daß Wohn- und Wirtschaftsteil längs der Firstlinie unter einem gemeinsamen breitgiebeligen Dach verei-

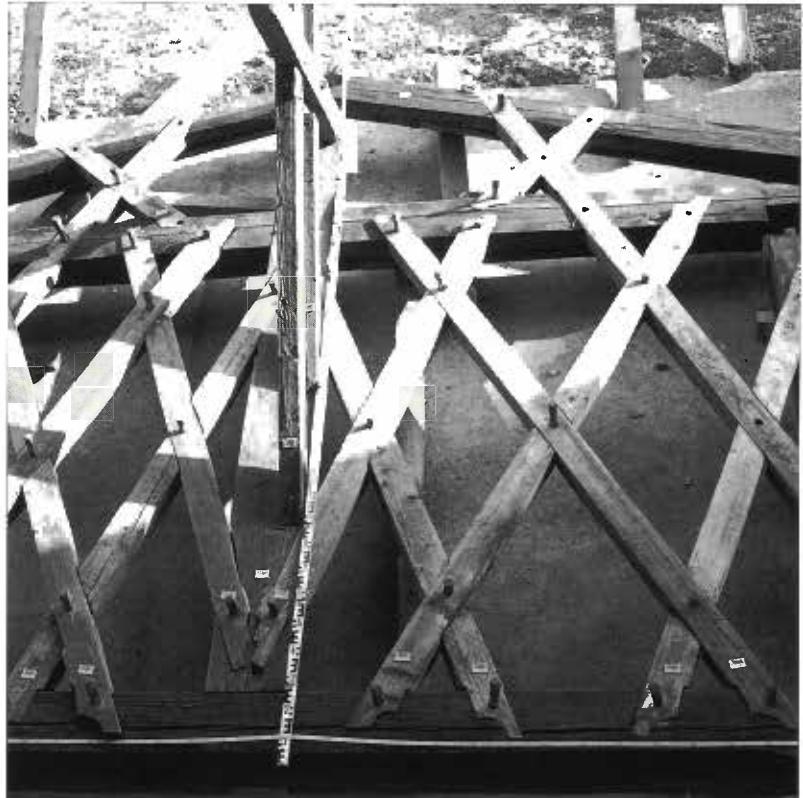
nigt sind. So entstand eine zweigeteilte Giebelfassade mit einem massiv gemauerten, weiß verputzten Wohnteil und einem dunkelbraun verwitterten Holzbau des Stadelteils. Die ungleichen Bauhälften wurden durch das einheitliche Giebelbundwerk verbunden.

Grundlegendes Gerüst der Mittertennbauten ist ein mit einem Pfettendach verbundener Ständerbau. Das Erdgeschoß wurde ab Mitte des 15. Jahrhunderts in Bruchstein aufgemauert, als Obergeschoß setzte man einen Blockbau auf, der zunächst aus Rundhölzern, dann aus Kanthölzern gezimmert wurde. Im Rundholzblockbau waren die Eckverbindungen nur durch Kerben verkämmt, später waren sie durch Schwalbenschwänze verbunden. Über dem Obergeschoß befindet sich meistens ein Kniestock, ein niederes Halbgeschoß unter dem Dach. Die Mittertennbauten wurden im Werdenfelser Raum mit einem flach geneigten Legschilderdach gedeckt. Der witterungsanfällige First wurde manchmal geschützt von dem sogenannten „Preis“, ein steileres, ziegelgedecktes Überdach, das vom First bis zum oberen Drittel des Daches herabreichte.

Wilhelm Neu beschreibt im folgenden die typische Konstruktions- und Gestaltungsweise des Zierbundwerks:

---

„Man stelle sich einen Binder mit ‚Rafen‘ (den Sparren des flachen Legschilddaches), einer First- und zwei oder vier Beifirstsäulen, dem dazugehörigen ‚Tram‘ (Dachbalken) und den Bundbändern als Verbindungshölzer längs und quer zur Firstrichtung vor – dies ist bereits die Ausgangsform, die für sich schon als Giebelbundwerk vorkommt. Statisch genügt sie auch vollkommen. Dieser Giebelbinder wird nun bewußt auf Sicht ausgebaut und macht damit die Giebelseite eines Hauses zur Schauseite: Er wird zum Ziergiebel oder – wie der heimische Ausdruck lautet – zum ‚Zierbund‘. Die freien Stellen werden in wohlabgewogener, symmetrischer Anordnung durch Bänder („Bundbandln“) ausgefüllt, wobei der spielerischen Freude des Zimmermeisters kaum eine Grenze gesetzt ist. Die „Bundbandln“ sind ca. 8 bis 12 cm breit und 6 bis 9 cm stark; sie werden schwalbenschwanzförmig, häufiger noch geißfußförmig, an die tragenden Hölzer geblattet und mit Holznägeln gegen das Herausfallen gesichert. Sie sind hauptsächlich auf Zug beansprucht und beißen sich also beim Schwinden des Holzes nur noch fester ein. Durch den Spannriegel (im Werdenfelser Land ‚Bundkehlbalken‘) wird das Giebelfeld in zwei horizontale Zonen unterteilt. Die Firstsäule („Fürschtsail‘n“) trennt es in zwei gleiche Hälften; diese werden



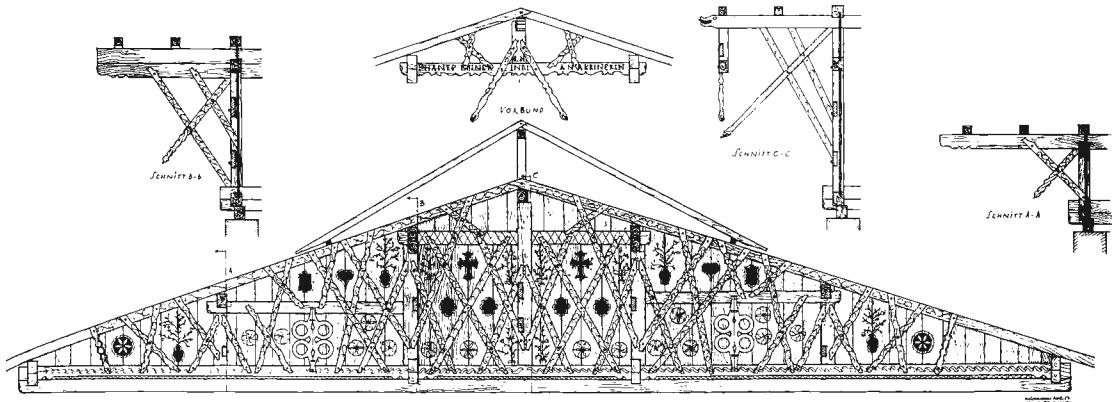
wieder durch die Beifirstsäulen je noch einmal senkrecht abgeteilt.

Es gibt so viele verschiedene Figuren des Giebelbundwerks, daß man sie nicht einzeln aufzählen kann. Sie sind vom Alter des Objekts, von der Landschaft und natürlich auch von der Eigenheit des Zimmermanns abhängig. Aus dem anfänglichen Gewirr von Bändern, Bügen, Streben, Säulen und Riegeln suchen wir uns zunächst den Mittelknoten heraus. Seine häufigste Form ist die ‚Doppelschere‘, vergleichbar mit dem ‚Mann‘ oder dem ‚Wilden Mann‘ des fränkischen oder alemannischen Fachwerks. Sehr oft kommt auch die abgestrebte Firstsäule oder ein Kranzbund (ein Andreaskreuz über der Firstsäule) vor. Aus diesen drei Formen sind alle anderen Mittelknoten entwickelt. Die Nebenknoten an den Beifirstsäulen sind ähnlich ausgebildet: z. B. mit ‚Schere‘ außen oder innen,

mit Kreuzband, Doppelschere, Diagonalband, Fußband außen oder innen usw. Zwischen den Säulen werden die Felder mit Andreaskreuzen ausgefüllt, die entweder über beide Horizontalzonen greifen (in gedrängter Anordnung als Rautengitter zu bezeichnen) oder häufig nur auf die untere Zone beschränkt bleiben. Neben den Andreaskreuzen finden sich besonders in Garmisch, Grainau und im Gebiet zwischen Steingaden und Peiting frei in die Giebelfläche weisende, schräge Bänder, die nur an ihrem Fußpunkt angeblattet sind ...

Ein deutliches Erkennungszeichen für die Werdenfelser Ziergiebel sind Bänder, die in Firstrichtung schräg abwärts aus dem Giebelfeld ragen. Sie werden entweder einzeln, meist aber doppelt und dreifach an die First- oder Beifirstsäulen geblattet; ihr freies Ende zeigt immer ein hübsches Profil:

# Holzverbindungen



Am häufigsten sind züngelnde oder einfache Drachenköpfe, dann Herzblatt, Doppelzwiebel, Blumenkelch, Vogelkopf, Greifkopf (vor allem in Garmisch und Grainau, letztes Viertel 18. Jh.); endlich die menschliche Hand mit weisendem Finger, als Faust, als ‚Feige‘ oder ein Kreuz haltend (Mittenwald, Krün) – also meist symbolische Formen.

Der ‚Vorbund‘ ist ebenfalls ein charakteristisches Merkmal für das Giebelbundwerk des Kerngebietes ... Der Vorbund ist ein unter dem weit ausladenden Vordach hängendes Luftgespärre, gebildet aus Spannriegel („Vorbund-Kehlbalken“), Flugsparrenpaar und eingezapfter Mittelsäule ... Die Unterseite des Querbalkens ist kräftig profiliert; auf ihm ist häufig eine Bauinschrift angebracht, und er wird durch schräg abwärts weisende Bänder und – je nach Größe – durch zwei bis vier kurze Andreaskreuze belebt. An die Stelle des Mittelpostens treten manchmal zwei profilierte senkrechte Bänder.

An allen reicher durchgebildeten Ziergiebeln beobachten wir neben der Profilierung der Bänder, Bügen und Balkenköpfe Reste einer früheren Bemalung. Sie ist heute, nach Jahrhunderten, besonders im unteren Teil des Giebels sehr verblaßt und z. T. nur noch in den Konturen als Farbkrusten er-

kennbar ... Sehr oft ist die gefaste Unterkante des Kranzbalkens friesartig bemalt; hier finden wir die Läufende Ranke, das Zopfband, das Dreiecksband, den Laufenden Hund, das Weilenband, den Wolfszahn, Punkte mit Schrägstichen und anderes mehr. Die Verbretterung hinter dem Bundwerk ist mit hübschen, ausgesägten Lichtöffnungen versehen, die manchmal farbig umrahmt sind und religiöse und symbolhafte Zeichen oder Zimmermannswerkzeuge darstellen. Figürliche oder ornamentale Malereien auf den Schalbrettern kommen seltener vor.“

In der Exempla '99 ist ein Giebelbundwerk ausgestellt, das zum Bestand des Freilichtmuseums des Bezirks Oberbayern an der Glentleiten gehört. Der reich verzierte Bundwerkgiebel stammt von dem Anwesen des „Hanslauer“ in Krün, Landkreis Garmisch-Partenkirchen. Eine verblaßte Inschrift am Querbalken des Giebels gibt an, daß der damalige Hofbesitzer Johannes Kriener den bereits bestehenden Mittertennhof in der Zeit um 1700 mit diesem Zierbund ausstatten ließ. 1968 mußte sich Mathias Kriener entscheiden, den Hof abtragen zu lassen, da akute Einsturzgefahr bestand. Der damalige Kreisheimatpfleger des Landkreises Garmisch-Partenkirchen, Wolfgang Ott, setzte sich aber für den Erhalt des Giebelbundwerks ein. Der Zierbund

wurde vor dem Abbau vermessen und genau untersucht, alle Einzelteile wurden nummeriert und bis zur Übergabe 1975 an das neu gegründete Freilichtmuseum zwischengelagert.

Der Bundwerkgiebel des „Hanslauer“ hat eine Breite von 17,70 Metern und eine Dachneigung von 20 Grad. Er war auf sieben Pfetten konstruiert. Der reich gestaltete Zierbund war ursprünglich mit leuchtenden Kaseinfarben, meist Rotschwarz und teilweise mit Weiß und Goldgelb bemalt. Die vielen Ornamente überzogen alle Hölzer des Giebelfeldes, so daß die Architektur optisch in den Hintergrund trat. Durch die Witterungseinflüsse wurden die Farben mit der Zeit fast unsichtbar, und so tritt heute die plastische Wirkung der Bundbänder stärker hervor.

Auszüge zitiert aus:  
Wilhelm Neu: Der Zierbund.  
In: Paul Werner (Hrsg.):  
Das Bundwerk: eine alte Zimmermannstechnik; Konstruktion,  
Gestaltung, Ornamentik.  
München, 2. Aufl. 1988,  
Seite 45 ff.

---

## **Freilichtmuseum an der Glentleiten – ein Ausflug in die Vergangenheit**

Dr. Helmut Keim,  
Freilichtmuseum des Bezirks  
Oberbayern an der Glentleiten

Eine halbe Autostunde von München entfernt liegt in reizvoller Voralpenlandschaft, an der Glentleiten oberhalb von Großweil, das Freilichtmuseum des Bezirks Oberbayern. Es zeigt Baukunst und Alltagskultur aus fünf Jahrhunderten. Originale, ländliche Gebäude hat man hierher übertragen und detailgetreu wiederaufgebaut; mit ihrer vollständigen Einrichtung vermitteln sie ein lebendiges Bild vom Wohnen und Wirtschaften unserer Vorfahren.

Komplette Bauernhöfe mit Ställen und Scheunen, Kornkästen und Backöfen – insgesamt rund 40 Gebäude – sind hier für die Nachwelt erhalten worden. In der Baugruppe „Bäuerliche Technik“ sind wassergetriebene Anlagen wie Mühle, Säge, Hammerschmiede errichtet und – einmalig in einem Freilichtmuseum – eine voll funktionsfähige Wetzsteinmühle. Besondere Glanzpunkte



sind die mehr als 300 Jahre alten Wandmalereien in den Schlafkammern einiger Bauernhäuser. Eine weitere Attraktion auf dem Almgelände sind die zwei „Kasern“ aus dem Berchtesgadener Land.

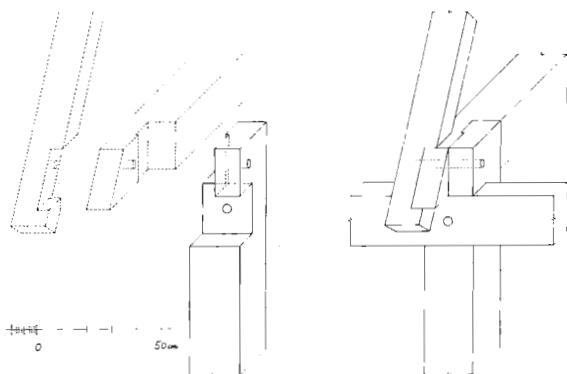
Zusammen mit den Gebäuden ist auf 25 ha Fläche auch die historische Kulturlandschaft wiedererstanden – Haus- und Obstgärten mit alten Zaunformen, bewirtschaftete Felder und Wiesen, Viehweiden mit historischen Nutztierrassen. Besonders beliebt sind die Vorführungen bäuerlicher Arbeiten mit Zugpferd oder Oldtimer-Traktor. In den Werkstätten werden alte, vergessene Handwerkstechniken wieder lebendig. Schäffler, Schmied, Seiler, Wagner und viele mehr zeigen in einem regelmäßigen Handwerkerprogramm ihr Können. Dauer- und Sonderausstellungen sowie eine moderne Tonbildschau ergänzen das didak-

tische Angebot. Fürs leibliche Wohl sorgen Gaststätte, Biergarten und Kramerladen.

Einzelbesucher können sich den ganzen Tag aufhalten, Gruppen mit beschränktem Zeitplan bevorzugen meist eine Museumsführung, um in kurzer Zeit das Wichtigste zu erfahren. Eine Führung dauert ca. 1½ Stunden und kann in Deutsch, Englisch, Französisch und Niederländisch bestellt werden. Sonderaktionen wie Handwerkertage, Traktorenkorso, Dreschfest oder Volksmusiktage runden das reichhaltige Museumsangebot ab.

# Holzverbindungen

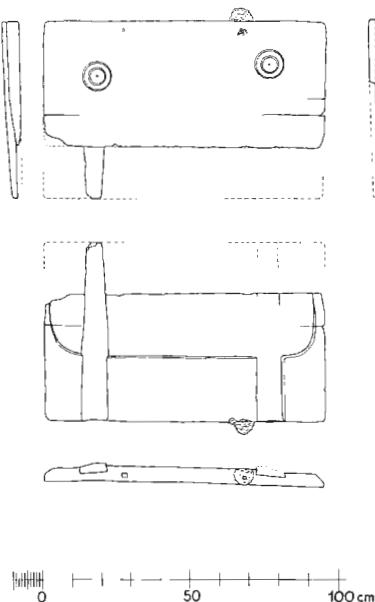
Abb. 2  
Traufknoten, Ende 12. Jh. (nach Gläser)



## Alte Holzverbindungen in Bau- und Dachwerken

Dr. Gert Th. Mader,  
Bayerisches Landesamt für  
Denkmalpflege, München

Abb. 1  
Fensterladen, ca. 1169 (nach Gläser)



Aufnahme: M. Gläser

Der Holzbau ist in Süddeutschland als Blockbau und – überwiegend – als Fachwerkbau vertreten.

Der Blockbau ist durch die Art der Aufeinanderschichtung der Balken dem Massivbau verwandt. Die Verbindungstechnik nutzt die Schwerkraft aus. Die Balken werden gewöhnlich mit Holznägeln zu Wand scheiben (auch Deckenscheiben) verbunden, die Aussteifung und der Zusammenhalt der Wände erfolgt über Eckverbindungen nach dem Prinzip der Verzahnung.

Der Fachwerkbau ist eine Skelettbauweise, um nicht zu sagen „die“ Skelettbauweise der Vergangenheit in Europa. Er besteht aus Stäben, die mit Knoten verbunden sind. Die räumliche Geometrie der Stäbe bedingt die Qualität der Aussteifung. Die überwiegend aus Lehmleichtwerk bestehenden Ausfachungen können (und sollen) nichts zur Aussteifung oder zur Lastabtragung beitragen. Ausfachungen aus Ziegelwerk sind seit dem 15. Jahrhundert bekannt, in dieser Zeit aber selten und werden erst ab dem 18. Jahrhundert häufiger. Sie sind (mit Einschränkungen) so lange geeignet, an Aussteifung und Lastabtragung mitzuwirken, so lange das Holzwerk völlig gesund ist. Man darf aber eine Mitwirkung bei Entwurf neuer bzw. Instandsetzung alter Wände nicht einkalkulieren.

Beide Bauweisen haben ihre traditionellen Einzugsgebiete; sie ver mischen sich nur dort, wo die Regionen aneinanderstoßen. Über den Fachwerkbau und seine Vorläufer im hohen und frühen Mittelalter ist mehr bekannt als über den Blockbau. Frühmittelalterliche Bauweisen können zuverlässig nur mit archäologischen Methoden erschlossen werden. Andere Quellen sind nicht genau genug.

## Wände des Fachwerbaus und seiner Vorläufer

Über die Holzverbindungen im frühen Mittelalter wissen wir wenig. Die Ausgrabungen von Holzbauten, deren Teile sich durch günstige Umstände unter Wasser erhalten haben, ergeben für das 12. Jahrhundert handwerklich hochentwickelte Bauweisen des Stab- und Pfostenbaus. Erhalten haben sich die unteren Bereiche der Holzkonstruktionen als Pfähle, häufiger nur als Pfostenlöcher, als Schwellen mit entsprechenden Nuten und Zapfenverbindungen, als untere Teile umgestürzter Bohlenwände und als Teile von Fußböden. Manchmal haben sich auch, wie z. B. in der Grabung Alfstraße in Lübeck 1983, Bauteile wie ein Fensterladen um 1169 (Abb. 1), ein frühes Beispiel einer Gratleistenkonstruktion, gefunden. Solche Funde sind besonders auf schlußreich. Die bekannten Beispiele der Stabbauweise dürften lediglich ein Stockwerk hoch

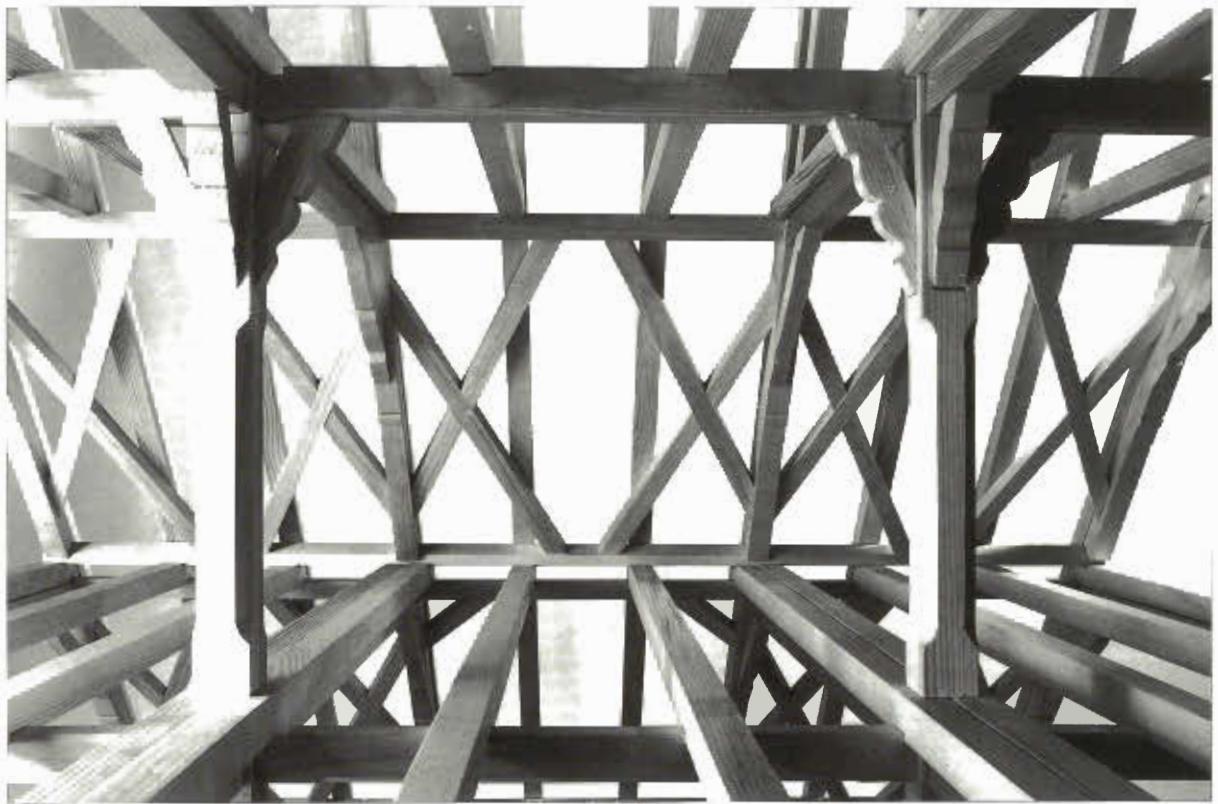
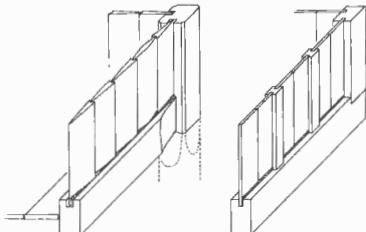


Abb. 3  
München, Tal 26, Dach 1709,  
Modell Dipl.-Ing. Hilmar Goller

Abb. 4  
Stabbauweisen des 10.–12. Jhs.



gewesen sein (Abb. 4). Daher spielten Fragen der Aussteifung gegen Windkräfte eine noch untergeordnete Rolle. Beim Pfostenbau, den wir uns keineswegs als primitive Bauweise mit Astgabeln als Auflager von Unterzügen oder Pfetten vorstellen dürfen, wie das in Rekonstruktionszeichnungen immer wieder vorgeschlagen wird, wurden Windkräfte durch die Einspannung der Pfosten aufgenommen. Solche Bauten, wie etwa Stabkirchen, konnten beträchtliche Höhen erreichen, nutzten dann aber weitere konstruktive Systeme zur Aussteifung.

Die durch Ausgrabungen bekannten Beispiele von Ständerbauten aus dem 12. Jahrhundert (der Bauweise, die wir als Fachwerkbau bezeichnen) sind mit großer Wahrscheinlichkeit ebenfalls nur mit einem Stockwerk zu rekonstruieren. Die spärliche Auswahl ist allerdings nicht repräsentativ für

die Höhenentwicklung und das Repertoire an Bautypen. Die wenigen Holzverbindungen, die gefunden wurden, sind jedoch mit Sicherheit für die handwerkliche Qualität repräsentativ: Das sind keine neuen Erfindungen. Sie belegen eine über Jahrhunderte gewachsene technische Erfahrung und zeigen eine konstruktiv voll durchentwickelte Bauweise, bei der schon alle Details geläufig sind, die uns in der Fachwerkbauweise der nächsten Jahrhunderte begegnen werden. Abbildung 2 gibt uns einen Eindruck von einem Traupunkt, wie er aus Funden der Grabung Alfstraße in Lübeck rekonstruiert werden konnte.

Für das 13. Jahrhundert hat Ulrich Klein, Marburg 1993, die Fachwerkbauten zusammengestellt, in denen sich noch Strukturen ihrer ersten Bauphase erhalten haben. Aufschlußreich für unsere Fragestellung sind etwa neun der 21

# Holzverbindungen

Abb. 5a-g  
Knotenpunkte ab dem 13. Jh.

Beispiele, bei denen auffällt, daß man gegen Ende des Jahrhunderts im Zentrum bedeutenderer Städte mindestens zwei-, wenn nicht dreigeschossig baute. So hohe Bauten erfordern ein durchentwickeltes statisches Bauprinzip, bei dem die Probleme der Aussteifung der Konstruktion bewältigt worden sind. Die Bauten sind so ausgereift, daß sie eine längere Erfahrung voraussetzen. Den Beginn dieser Entwicklung müssen wir mindestens im 12. Jahrhundert annehmen.

Im 12. und 13. Jahrhundert sind folgende Verbindungen geläufig: Zapfung, je nach Bedarf mit Holznagel (Abb. 5a), darunter auch raffinierte Lösungen mit Versatz und einer Art Verriegelungswirkung bei den Kehlbalken des Hauses Webergasse 8 (1267 dendrochronologisch) in Esslingen (Abb. 5b), durchgesteckter Zapfen mit Zapfenschloß (Ankerbalken) bei Kolpinggasse 6 (1292 d) in Limburg a. d. Lahn und Schellgasse 8 (1292 d) in Frankfurt a. Main (Abb. 5c), Verblattung als gerades, als Schwabenschwanz und als Hakenblatt in vielerlei Positionen, besonders wichtig als Dachfußlösung, hier überwiegend mit je zwei Holznägeln gesichert (Abb. 5d), Ständerfußblätter und Kopfblätter (Abb. 5e) beim sogenannten Templerhaus in Amorbach (1291 d) und oberes Blatt bei Webergasse 8 (1267 d) in Esslingen, Blattstoß bei Rähmen,

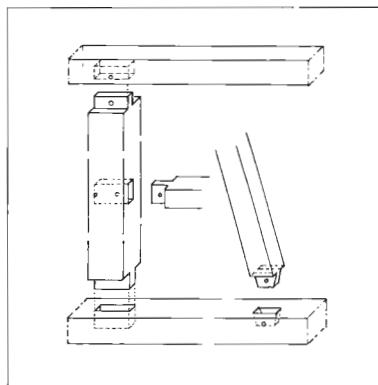


Abb. 5a

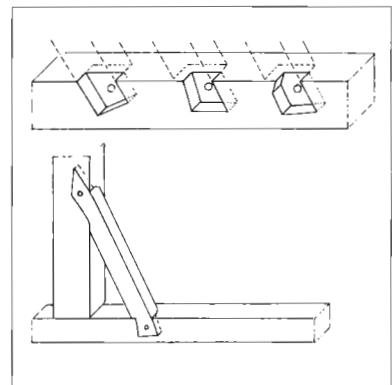


Abb. 5d

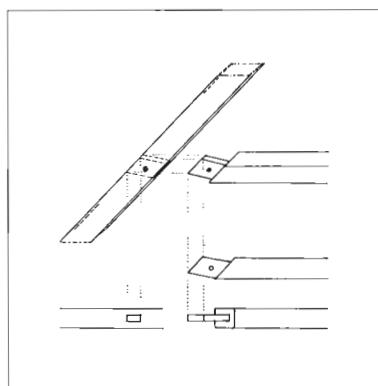


Abb. 5b

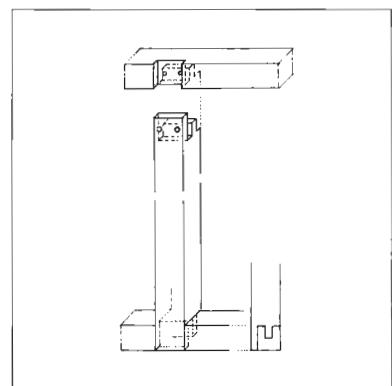


Abb. 5c

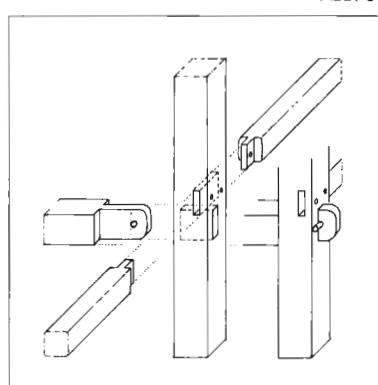


Abb. 5e

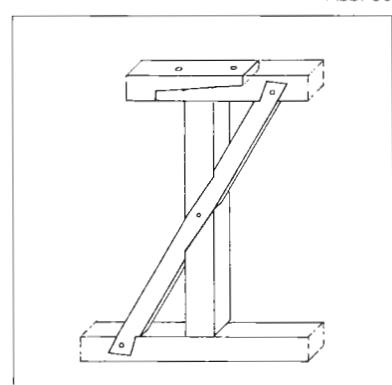


Abb. 5f

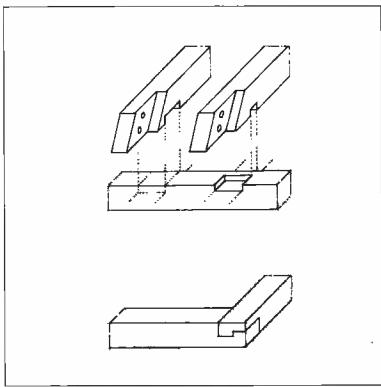


Abb. 5f

Unterzügen usw. (Abb. 5f), Pseudoverkämmungen, die eigentlich Überblattungen sind, wie bei Römerstr. 2, 4 und 6 (1290 d) in Limburg a. d. Lahn zwischen Rähm und Bundbalkenlage; auch regelrechte Verkämmungen (Abb. 5g), nachgewiesen bei verschiedenen Kirchendächern, z. B. bei St. Martin in Sindelfingen (1132 d), Fälzungen als Anschluß für Verbreiterungen bei Haus A und B, Alfstraße in Lübeck (um 1184 und 1195 d) oder als Anschlag für Fensterläden und Türblätter.

In den späteren Jahrhunderten tut sich konstruktiv und bei den Verbindungen im Holzbau nicht mehr viel; man greift auf Bewährtes zurück und verbessert es da und dort. Neu sind allerdings: Stirnversatz mit Zapfen, zuerst an spitzbogigen Pforten und Fenstern, im 16. Jahrhundert an Winkelhölzern und an statisch wirksamen Teilen wie Streben und Bändern. Der

Abb. 6a  
Fachwerkwand des 15.–16. Jhs.

Abb. 6b  
Fachwerkwand des 18.–19. Jhs.

Wechsel von der Blattung zur Zapfung beruht auf der Unzuverlässigkeit der Blattung bei Verformungen des Bauwerks. Wird das Blatt aus seiner Sasse gedreht, versagt es. Überwiegend in der 2. Hälfte des 16. Jahrhunderts, regional abhängig jedoch auch später oder gar nicht, findet der Umstieg aufgrund von Verordnungen oder technischer Einsicht statt (vgl. die Beibehaltung der Blattungen bei Maria Steinbach oder der Wieskirche, wie bei den Dachwerkmodellen naturgetreu nachgebaut). Außerdem steigt der Anteil schmiedeeiserner Verbindungsteile kontinuierlich.

Während sich die Verbindungen – abgesehen von der Verdrängung der Blattungen – kaum ändern, gibt es einen deutlichen, modisch bedingten Wandel bei den Figuren des Fachwerks, aber auch technisch und wirtschaftlich bedingt bei den Aussteifungen und beim Entwurf der räumlichen Struktur der Skelette (Gerüste). Eine wesentliche Veränderung beginnt im 16. Jahrhundert und setzt sich im Lauf des 17. Jahrhunderts durch: die gleiche Dimensionierung der Stäbe in Wandstärke, immer dann, wenn für die Wirkung der Raumschale ebene Flächen angestrebt werden (Abb. 6b), während vorher Schwellen und Rähmholz, Ständer, Streben bzw. Bänder und Riegel jeweils unterschiedlich stark bemessen

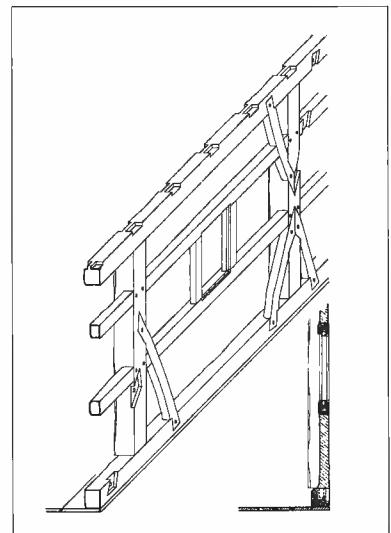


Abb. 6a

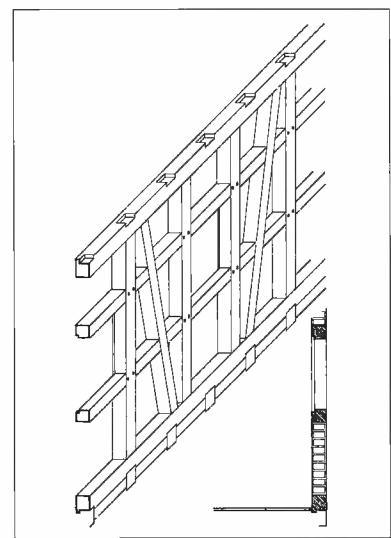
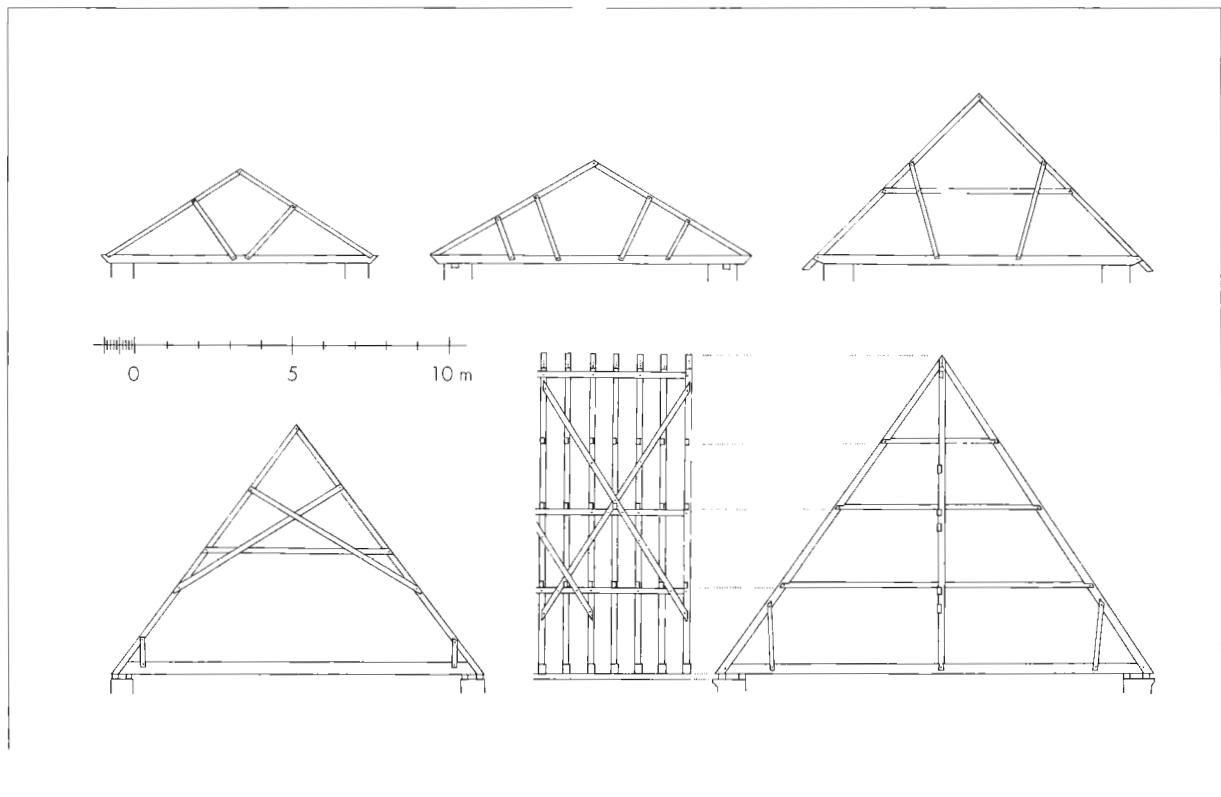


Abb. 6b

wurden und daher nur eine ebene Fläche auf der Bundseite bilden konnten (Abb. 6a).

Die normale Ausfachung ist das Lehmflechtwerk, bei Wohn- und privaten Badstuben die lehmüberzogene Bohlenwand, bei Wirtschaftsbauten, Lauben, Dachgiebeln oft der einfache Bretter- oder auch Langschindelmantel. Originale Ziegelausfachungen sind mindestens seit spätgotischer Zeit in Sonderfällen nachgewiesen, z. B. Hürbener Schlössl in Krambach (1475 d).

# Holzverbindungen



## Dachwerke

Ein eigenes Kapitel sind die Dachwerke. Sie werden nicht nur über Fachwerkbauten, sondern auch über steinernen Gebäuden als Holzkonstruktion errichtet. Bei letzteren sind Mauerlatten (Mauerbalken), gegebenenfalls in doppelter Ausführung als ebenes Auflager für die Balkenlage eingebaut. Gerade der Kirchenbau verlangt mit den großen Spannweiten und Höhen der Dächer konstruktiv aufwendige und wirksame Lösungen. Wir unterscheiden grob zwischen Sparrendächern und Kehlbalkendächern einerseits und Pfettendächern andererseits.

Die Mehrzahl der untersuchten und dokumentierten Dächer sind Sparrendächer. Die Entwicklung der Dachwerke kann ab etwa 1100 anhand dokumentierter Exemplare von Kirchendachwerken nachgezeichnet werden. Erst für 1266 und 1267 stehen uns mit

den Resten des Dachwerks von Marktplatz 6 in Bad Wimpfen und Webergasse 8 in Esslingen erste Zeugnisse für Profanbauten zur Verfügung, die einwandfreie Rekonstruktionen erlauben. Die Dachwerke unterscheiden sich nicht wesentlich von denen der kirchlichen Gebäude, wenn man von Walmkonstruktionen absieht.

Die frühen Dachwerke sind dadurch charakterisiert, daß die Gehrte alle gleich sind und Dachstühle fehlen. Die Längsaussteifung ist vielfach ungeklärt. Sofern nicht schräge Rispen vorkamen, was oft nicht mehr nachweisbar ist, mußten die Dachlatten einschließlich Deckung oder die Walme bzw. steinerne Werke wie Türme als Widerlager erhalten. Nicht wenige der alten Dachwerke haben sich daher in Längsrichtung schnell geneigt, was zur Erfindung von Mittellängsverbänden und später von Dachstühlen führte.

Abb. 7  
*Einige romanische und gotische Dachsysteme*

Abb. 8a und b (Seite 39)  
Sindelfingen, Dachfuß 1132 (nach Ostendorf)  
Konstanz, Dachfuß 1239 (nach Reisser)

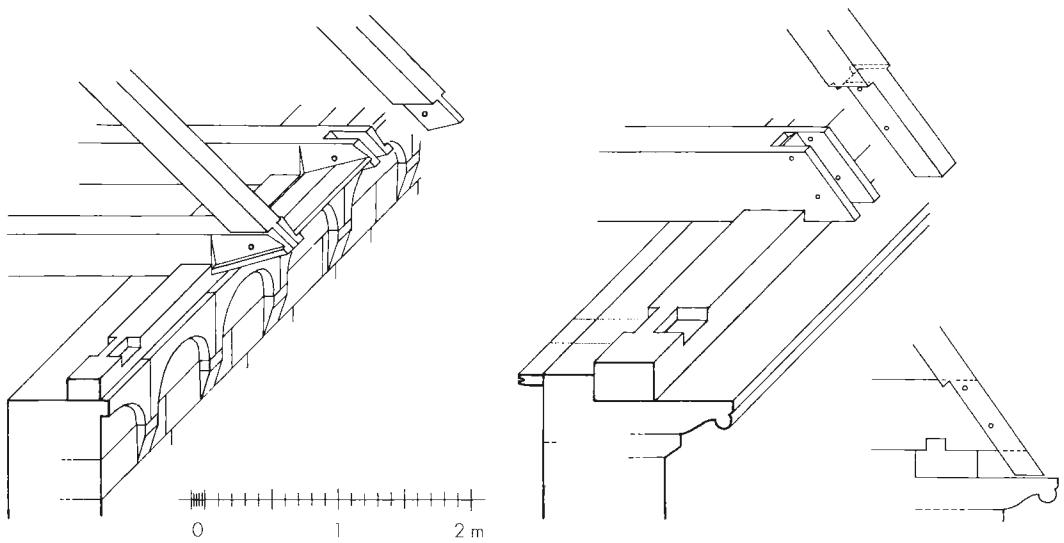


Abb. 8a und b

Wir greifen in Abb. 7 einige der einfachen Entwurfsmuster reiner Gespärrewerke heraus:

Die Knoten dieser Gespärre sind sehr einfach, überwiegend Blattungen. Der Traufpunkt kann, wie im Fall der Stiftskirche in Sindelfingen (1132 d) besonders sorgfältig gestaltet sein. Wir finden hier eine Scherzapfenverbindung und Ausnahmungen für Traufbretter (Abb. 8a). Bekannt ist eine ähnliche Lösung für das Münster in Konstanz (1239 d), hier außerdem ein singulärer Fall von Ferserversatz (Abb. 8b). Überwiegend sind Traufknoten jedoch geblattet und mit doppelten Holznägeln gesichert.

Die gotischen Dachwerke werden steiler, behalten das Prinzip der Aneinanderreihung von Gespärren aber zunächst bei. Die Figuren von Sparrenstreben und Kehlbalken werden reicher. Scheren-

streben kommen hinzu. Die Zunahme der Verstrebungen hängt mit der Vergrößerung von Spannweiten und Höhe der Dächer zusammen. Bald wird klar, daß die Längsaussteifungen verbessert werden müssen. Die klugen Zimmermeister ordnen die frühesten Längsverbände mittig an. Eine Erinnerung an dieses Prinzip zeigt das Modell des mittleren Dachwerks des Weststocks des Alten Hofs in München (s. a. Abb. 9a u. 9b.).

Die sich ständig vergrößernden Spannweiten führen zum Durchhängen der nur durch ihr Eigengewicht belasteten Bundbalken. Die Ausstrebungen, die an die Bundbalken überwiegend zugfest angeblattet sind, lassen den Schluß zu, daß an eine Arretierung der Lage des Bundbalkens, also an eine Art Abhängung, gedacht wurde. Die Mittelsäulen der Längsverbände sind häufig eben-

falls angeblattet. Das Thema der Entwicklung von Hängewerken ist jedoch zu facettenreich, um hier auf engem Raum unmißverständlich dargestellt werden zu können.

Einen wesentlichen Fortschritt in der konstruktiven Entwicklung der Dachtragwerke bringt die Erfundung des Dachstuhls. Die Erfinder kennen wir allerdings nicht, und es ist auch unwahrscheinlich, daß es sich um individuelle Leistungen handelte, da es Vorstufen und eine schrittweise Entwicklung gibt. Mit der Einführung der Mittellängsaussteifung beginnt das Prinzip, senkrechte Säulen in regelmäßigen Abständen einzubauen und durch zusätzliche Längshölzer untereinander zu verbinden. Mit der Parallelverschiebung der Längsaussteifungen aus der Mittelachse entsteht im 14. Jahrhundert der stehende Stuhl in Kirchendächern. Das Dachwerk über dem mittleren Teil des Westflügels des Alten

# Holzverbindungen

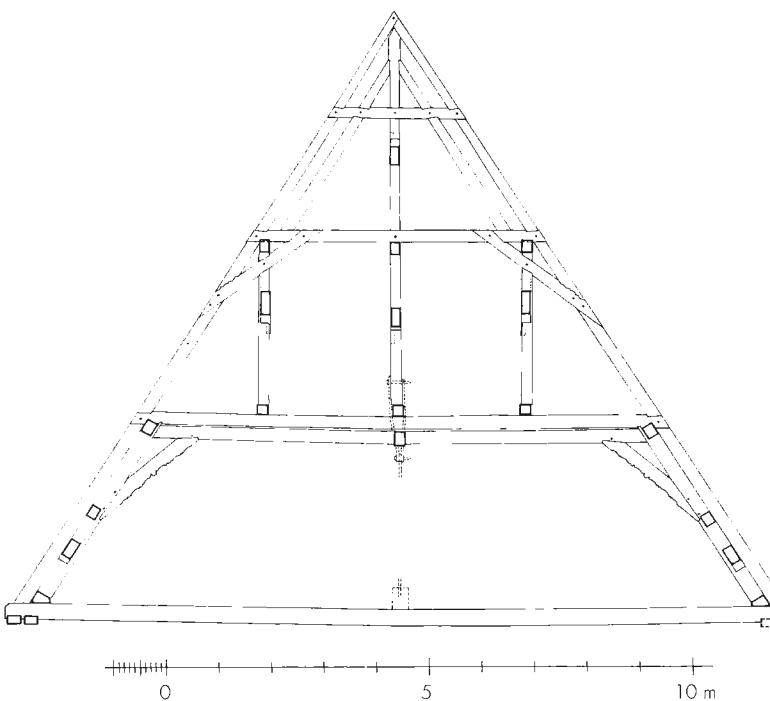


Abb. 9a

Hofs in München besitzt im 2. Boden einen stehenden Stuhl (Abb. 9a) neben der Mittellängsaussteifung. Das Dachwerk (1562 d) steht aber nicht am Anfang dieser Entwicklung, wie man auf einen ersten Blick meinen möchte, weil es beide Arten des Längsverbands zeigt. Es zeigt im Gegenteil eine Mischung fortgeschrittenener Systeme mit dem bereits aussterbenden Mittelverband und ist gerade durch diese Kombination besonders interessant.

Der Schritt vom stehenden zum liegenden Stuhl ist nicht weit, erfordert aber erhebliche konstruktive Intelligenz. Die stehenden Stützen stören die Nutzung des Dachraums als Lagerfläche. Das Schrägestellen der Stützen in die Dachebene, der liegende Stuhl, der erhöhten Arbeitsaufwand für den Zimmerer bedeutet, lohnt sich also besonders für Bauten, wo der Platzgewinn ausgenutzt werden

kann, vor allem für Kornschränken, bürgerliche Scheunen, aber auch für Wohnhäuser. Ob das aber das Motiv für diese Neuerung war, ist unbekannt. Liegende Stühle haben den eindeutigen Vorteil, sehr stabile Längsverbände zu ermöglichen.

Liegende Stühle kommen mit dem 15. Jahrhundert auf. Die Denkmäler der frühen Phase dieser Neuerung sind bisher nicht so häufig und auch nicht so präzise untersucht, daß eindeutige entwicklungsgeschichtliche Aussagen getroffen werden können. Bei größeren Dächern werden stehende Stützen innen und liegende außen kombiniert. Auch stockwerksweise Differenzierungen sind üblich. Der liegende Stuhl setzt sich im 17. und 18. Jahrhundert als Standardkonstruktion in Süddeutschland durch. In den Pfettendachregionen werden die herkömmlichen flachgeneigten

Pfettendächer jedoch weiterhin gebaut. Das soeben genannte Dachwerk über dem Alten Hof in München zeigt in seiner unteren Ebene einen musterhaften liegenden Stuhl.

Abb. 9a und 9b  
München, Alter Hof, Mittlerer Zwingertstock,  
1562 (nach Josef)

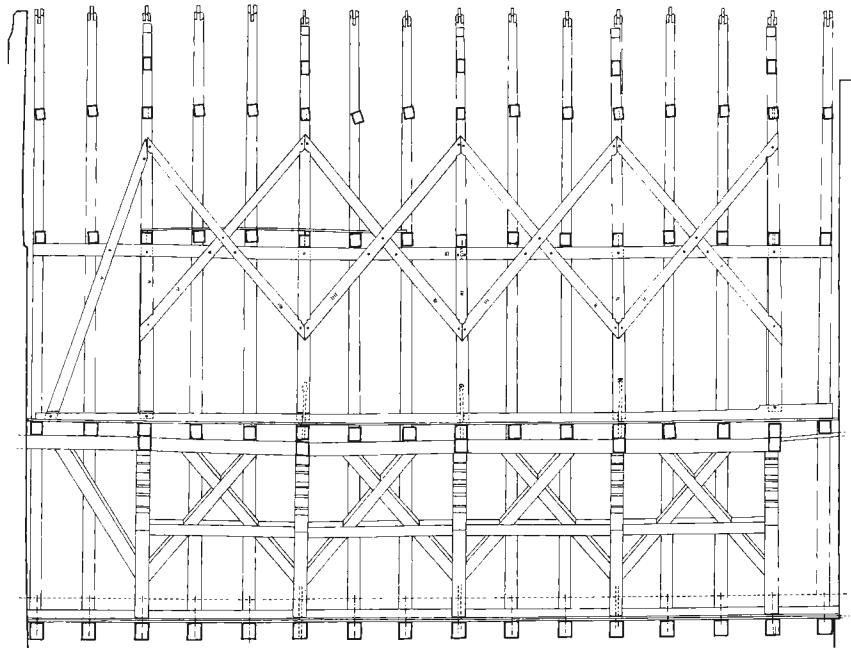


Abb. 9b

### **Das Dachwerkmodell des Alten Hofs in München**

Das Dachwerkmodell zeigt den Mittelteil des sogenannten Zwingerstocks im westlichen Teil des Alten Hofs. Das um 1562 (d) entstandene Dachwerk hat zwei Böden und eine weitere Kehlbalkenlage. Der untere Boden ist ein völlig freier Raum. In dieser Ebene bilden fünf mächtige Binder einen liegenden Stuhl. Je vier Felder zwischen den Bindern sind mit Andreaskreuz-Windverbänden bestückt. In den Endfeldern stützen lange Kopfstreben die Stuhlrähme.

Der zweite Boden ist zweischiffig. In den Binderebenen sind bis in den First reichende, abgestrebte „Hängesäulen“ eingebaut, die die bei dieser Spannweite erforderliche Mittelstützenreihe im ersten Boden entbehrlich machen sollen. Die Hängesäulenreihe ist mit sich kreuzenden Streben zu einem mittleren Längsverband zu-

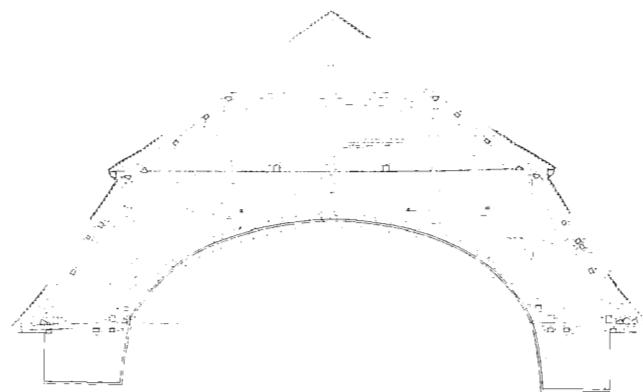
sammengefaßt. Außen stehen in den Binderebenen Ständer auf Längsschwellen, die zusammen mit Kopfbändern das jeweilige Längsrähm tragen. Die Längsaussteifung der Kopfbänder dieser stehenden Stuhlräume ist zu vernachlässigen.

Im unteren Boden findet sich an den Kopfbändern der Sprengwerke, die übrigens konservativ verziert sind, der moderne Stirnversatz, im oberen Boden sind alle Verbindungen geblattet. Die zum Teil in Zierformen gearbeiteten Blätter sind nicht individuell, sondern – zeitgemäß – typisiert ausgeführt, also nach Schablone gearbeitet. Die Kombination von liegendem Stuhl, stehendem Stuhl, Mittellängsverband mit Hängewerken und die unglaubliche Präzision der Oberflächenbearbeitung machen das Dach zu einem sehr wertvollen Denkmal, welches im übrigen in der Entwicklungsge-

schichte der Dachwerke nicht allein steht. Vergleichbare – etwas bescheidenere – Dächer finden sich beispielsweise in Sachsen.

# Holzverbindungen

Abb. 10  
Maria Steinbach, Dach 1754, Querschnitt  
{J. Huber, M. Paul}



## Das Dachwerkmodell der Wallfahrtskirche in Maria Steinbach

Das im Modell nachgestaltete Dachwerk der Wallfahrtskirche in Maria Steinbach, die der schmerzhaften Muttergottes und St. Ulrich geweiht ist, erhebt sich über dem Saalraum der Wandpfeilerkirche des 18. Jahrhunderts (1746 begonnen, 1768 die Ausstattung beendet, das Dachwerk vor 1754 aufgerichtet). Es überdeckt nicht nur das Bauwerk, sondern trägt auch die zentrale Holzkuppel. Der Entwurf des Kirchenraums folgt alten Schemata. Die nach innen verlegten tiefen, von Emporen ausgesteiften Strebewerke könnten die Horizontalkräfte einer gemauerten Kuppel aufnehmen, die vielleicht beim Anlegen des Baus bedachtigt war. Die Ausführung zeigt das moderne Prinzip einer leichten Holzspanenkuppel, die eigentlich freiere Wölb- und dementsprechend auch freiere Raumformen ermöglichen würde.

Das Dachwerk ist aus Gründen der Außenerscheinung der Kirche als Mansarddach konstruiert. Der obere Teil ist wie üblich ein Kehlbalkendach, dessen unteres Gebälk eine so große Spannweite besitzt, daß es über zwei Strebenpaare und Hängesäulen mittig aufgehängt wird. So gesehen ist im Querschnitt die gleiche Aufgabe wie beim Alten Hof gegeben,

nur, daß in den stützenlosen unteren Boden eine Kuppel eingeschnitten wird. Die Hängewerke im zweiten Boden sind mit Sprengwerken vermischt, welche als liegender Stuhl der räumlichen Aussteifung des Sparrendachs dienen. Beide Prinzipien sind bereits seit dem Spätmittelalter, allerdings mit steilerer Dachneigung, geläufig.

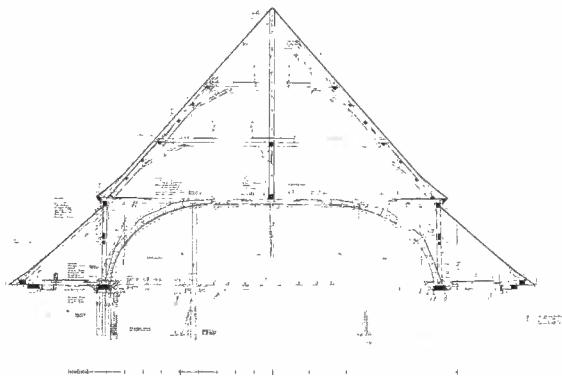
Das untere Dach ist bis auf den üblichen, auf der Außenmauer aufsitzenden Traufknoten eine komplizierte Konstruktion. Es muß den zentralen Raum der Kirche überspannen und das obere Dach tragen. Neben dem liegenden Stuhl wirken in den Binderebenen je zwei senkrechte Ständer an der Lastabtragung mit, die von einer zum Originalbestand gehörenden Kopfstrebe gekreuzt werden. Die Ständer stehen auf Kragarmen. Bei Wind werden diese Kragbalken stark belastet und haben zum Teil nachgegeben. Zusätzlich angebrachte spätere Streben sollten diesen Mangel abmildern.

Die Kuppel, die man sich wie einen umgedrehten Bootskörper vorstellen muß, ist an einem eigenen, im Dachwerk abgehängten Tragsystem, einem flächig angelegten Rost mit dünnen Stangen, befestigt. Konstruktiv besteht die Kuppel aus mehreren sich überlagernden Strukturen: Zunächst stehend angeordnete Bohlenpaare, die untereinander vernagelt als außenlie-

gende Spannen die Kurve des Gewölbes bilden. Dann ein an die Unterseite der Spannen genagelter Lattenrost als Tragebene. Die Latten sind auf Lücke genagelt und trapezförmig geschnitten, wobei die breitere Seite nach unten gerichtet ist. Darauf ist ein elastischer Haarkalkmörtel als Unterputz aufgetragen, der durch die konische Form und Kerbungen der Latten gehalten wird. Bei dickerem Auftrag für Profile wurde er mit Holzkohle erleichtert und mit längeren Schmiedenägeln und Drähten armiert und diente so als mechanische Pufferschicht. Eine Stuckschicht wurde in der Fläche dünn darübergezogen oder künstlerisch modelliert.

Das Problem dieser Konstruktion ist, daß sich alle Erschütterungen, denen das Dach vor allem durch Wind und Sturm ausgesetzt ist, auf die Kuppel und die Putz- und Stuckschichten übertragen, was zu Schäden führt. In Maria Steinbach wurden die horizontalen Erschütterungen, die die weitaus intensiveren sind, durch die Art der Abhängung mit Latten abgemildert. Dennoch werden senkrechte Vibratoren weiterhin übertragen.

Abb. 11  
Wieskirche bei Steingaden, Dach 1753,  
Querschnitt [M. Paul, R. Winkler]



### Das Dachwerkmodell der Wieskirche

Dem Mansarddach über dem Zentralraum der Wieskirche bei Steingaden, 1751 (inschriftlich) von dem Schongauer Zimmerer Josef Mang abgebunden und 1753 (i) aufgerichtet, liegt im Querschnitt das gleiche Prinzip zugrunde, wie dem Dachwerk von Maria Steinbach. Es ist aber einfacher konzipiert und steht mit seinen senkrechten Ständern auf statisch sicher aufgelagerten Balken. In Wirklichkeit ist das Dach äußerst kompliziert, da es dem polygonalem Grundriß folgt.

Der Kirchenentwurf rechnet von vorneherein mit der modernen leichten Wölbung, die keinen Schub verursacht, weil sie abgehängt ist und nur ihr Fuß auf einem Böhlenkranz aufsitzt. Der Entwurf nutzt den Umstand aber nur beschränkt zu größerer Freiheit der Wölbungen, dafür aber zur Auflösung der nun überflüssig werdenden Wandpfiler, also zu mehr Eleganz und Durchsichtigkeit. Die schlanken, freistehenden Säulenpaare wären ohne die Spantenkuppel nicht realisierbar.

Die Kuppelspannen sind an die Balkenlage des Oberdachs angegossen. Da die Kuppelschale ein wesentlich steiferes Element als das Dach ist, stützt sich dieses in allen Windlastfällen auf die Kuppel ab. Was für das Dachwerk



vorteilhaft ist, schadet den Stukkaturen. Die Situation ist für die Raumschale schlechter als in Maria Steinbach. Die Sandwich-Struktur der Kuppel ist die gleiche wie in Maria Steinbach; ohne die Pufferung der Impulse durch eine weiche Zwischenschicht wären die Stukkaturen bereits nach wenigen Jahren flächenhaft herabgestürzt.

Abb. 12  
Wieskirche, Dachmodell [J. Wickenheißer]

# Holzverbindungen

## Das Dachwerkmodell

### des Metzger-Bräu in München

Das um 1709 (d) errichtete große Dachwerk überspannte einen barocken Saal. Die Spannweite wurde hier auf eine ungewöhnliche Art, nämlich durch eine zweite Balkenlage, verkürzt, die quer von Brandwand zu Brandwand gespannt war. Auf ihr liegt die normale Zerbalkenlage des Kehlbalkendachs auf. Der untere Dachboden sollte auch hier stützenfrei bleiben, so daß Hängewerke in den Binderebenen notwendig wurden. Die Hängesäulen und Kopfbänder sind sorgfältig gestaltet worden. Zwei Ebenen des Dachwerks werden durch liegende Stühle in Stockwerksbauweise ausgesteift (Abb. 3 und 13).

Dem Modellbauer kam es darauf an, alle Holzverbindungen zu stecken und nicht fest zu verbinden, damit das Modell demontierbar bleibt und zu Lehrzwecken jederzeit „aufgerichtet“ werden kann. Deshalb sind auch Einkerbungen, die wie nachträgliche Beschädigungen aussehen, die aber zur Montage notwendig waren, im Modell berücksichtigt worden.

## Pfettendachwerke

Auch wenn das Sparrendach hier im Mittelpunkt der Darstellung stand, soll das Pfettendach nicht unerwähnt bleiben. Die etwas

stiefmütterliche Behandlung dieses Konstruktionstyps beruht auf zu geringer Kenntnis seiner Entwicklung aufgrund unterlassener Dokumentationen. Nur ein einziges der damals sicherlich noch häufiger erhaltenen mittelalterlichen Pfettendächer konnte präzise dokumentiert werden: das des Bauernhauses Treiergasse 2 in Hemau, Lkr. Regensburg. Das Alter wurde mit 1388 (d) ermittelt. Die Dokumentation wurde von Gotthard v. Montgelas in Zusammenarbeit mit dem Verfasser durchgeführt. Die handwerklichen Techniken sind denen des Sparrendachs aus dieser Zeit so ähnlich, daß ein geschultes Auge eine Pfettendachkonstruktion des Mittelalters sofort erkennen kann.

Andere Dachwerke oder Dachfragmente des 14. und 15. Jahrhunderts wurden von Walter und Wolfgang Kirchner beispielsweise in Eichstätt in den 80er Jahren vor Abbruch oder Umbau gesichtet und 1985 skizzenhaft festgehalten, im Denkmalamt jedoch nicht an die zuständige Stelle weitergeleitet, so daß wir keine Gelegenheit zu einer gesicherten Dokumentation hatten. Immerhin gibt es einen publizierten Bericht, der Fragen aufwirft und ahnen läßt, was auch andernorts verloren ging, ohne bekannt zu werden.

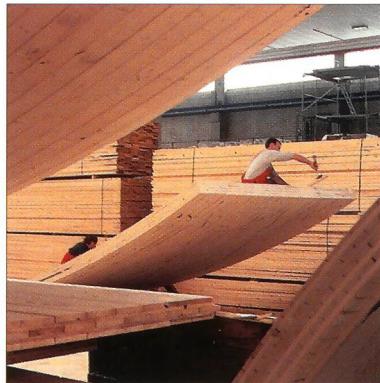
Die Beispiele, insbesondere die Modelle, machen deutlich, daß

die einzelne Holzverbindung in ihrer Funktion und Durchdachtheit nicht ausreichend verstanden werden kann, wenn sie aus ihrem baulichen Zusammenhang gelöst betrachtet wird. Das Mindeste, was bekannt sein muß, ist der Kraftfluß und die Montagesituation. Daneben spielen andere Aspekte, wie die örtliche Nutzung, eine wesentliche Rolle. Alle Verbindungen sind Bestandteile räumlicher Systeme und räumlicher Einflüsse. Die Zimmererkunst verlangt höchste Intelligenz bei Entwurf und Abbund. Heute wären das Architektenleistungen; allerdings könnte kein Studienabsolvent Konstruktionen dieser Qualität entwerfen und bauen, weil sie einen über Generationen fortentwickelten Erfahrungsschatz in der Praxis voraussetzen, der mit akademischen Übungen nicht vermittelbar ist.

Abb. 13  
München, Tal 26, Dach 1709,  
Modell Dipl.-Ing. Hilmar Goller



# Holzverbindungen



Seite 47:  
Kath. Gemeindezentrum in Heilbronn,  
Arch. Prof. Peter Cheret

## Neue Verbindungstechniken in der zeitgenössischen Holzarchitektur

Die Leistungsfähigkeit des Werkstoffes Holz ist seit dem 19. Jahrhundert teilweise in Vergessenheit geraten, u. a. deshalb, weil die zur damaligen Zeit hochmodernen Materialien wie Gußeisen oder Stahl als tragfähiger und widerstandsfähiger galten. In den letzten Jahrzehnten hat Holz als Baumaterial eine Renaissance erlebt. Angeregt wurde diese Entwicklung auch von dem wachsenden Umweltbewußtsein, das neue Maßstäbe für die Wertschätzung eines Materials setzt. Der nachwachsende Rohstoff, seine Umweltverträglichkeit bei der Verarbeitung und Entsorgung spielen seitdem eine wichtige Rolle – Aspekte, die vom Material Holz erfüllt werden.

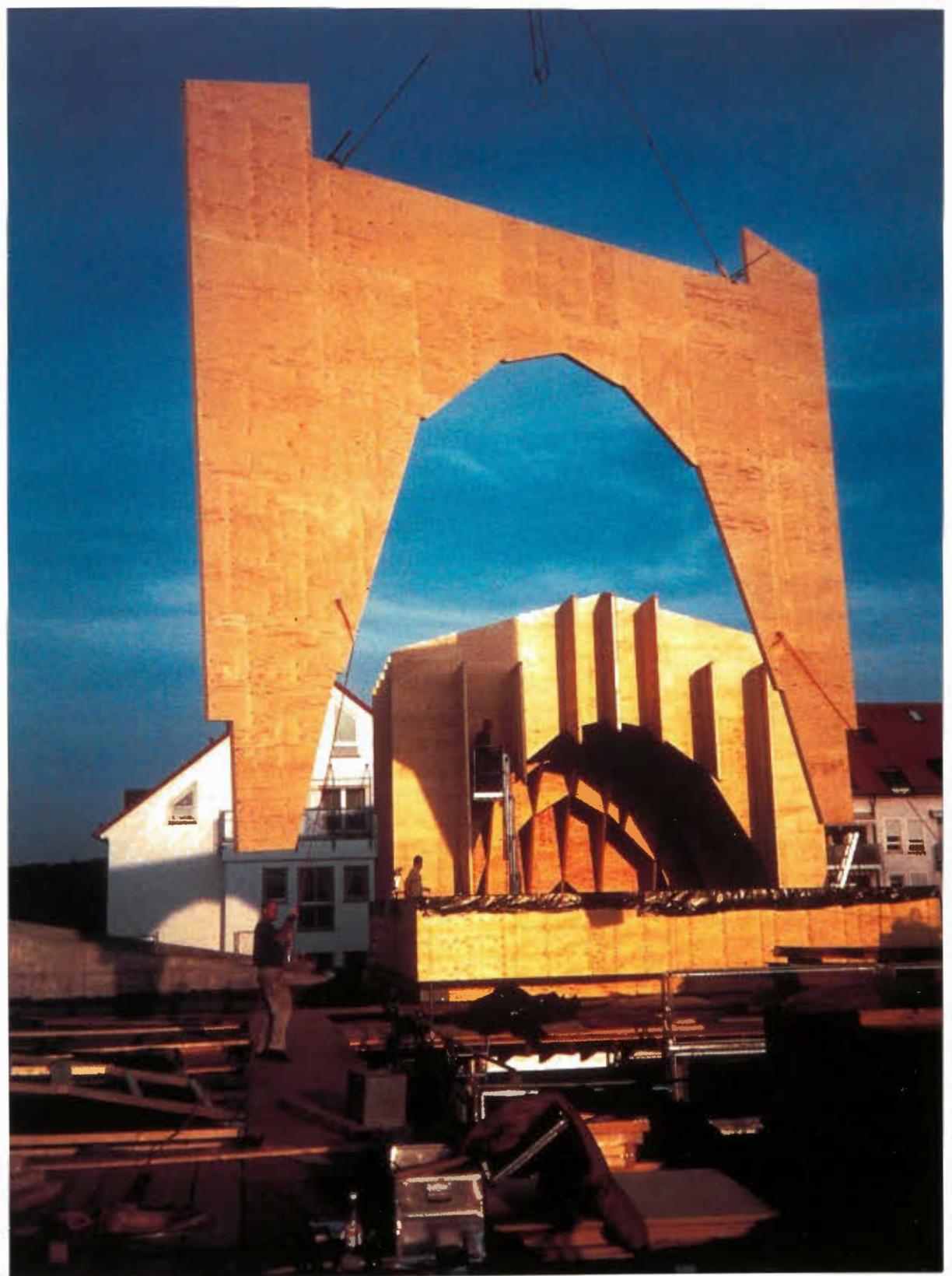
Holz wurde zum Forschungsgegenstand der Bautechnik: Es wurden neue Holzwerkstoffe, Fertigungstechniken und Verbindungstechniken entwickelt, die dem Holzbau neue Möglichkeiten erschließen. Der Baustoff Holz muß nicht mehr auf den traditionellen Blockbau oder Fachwerkbau beschränkt bleiben, Holz und Holzwerkstoffe eignen sich auch für viele Spezialaufgaben der Technik.

## MERK-HOLZBAU GmbH & Co

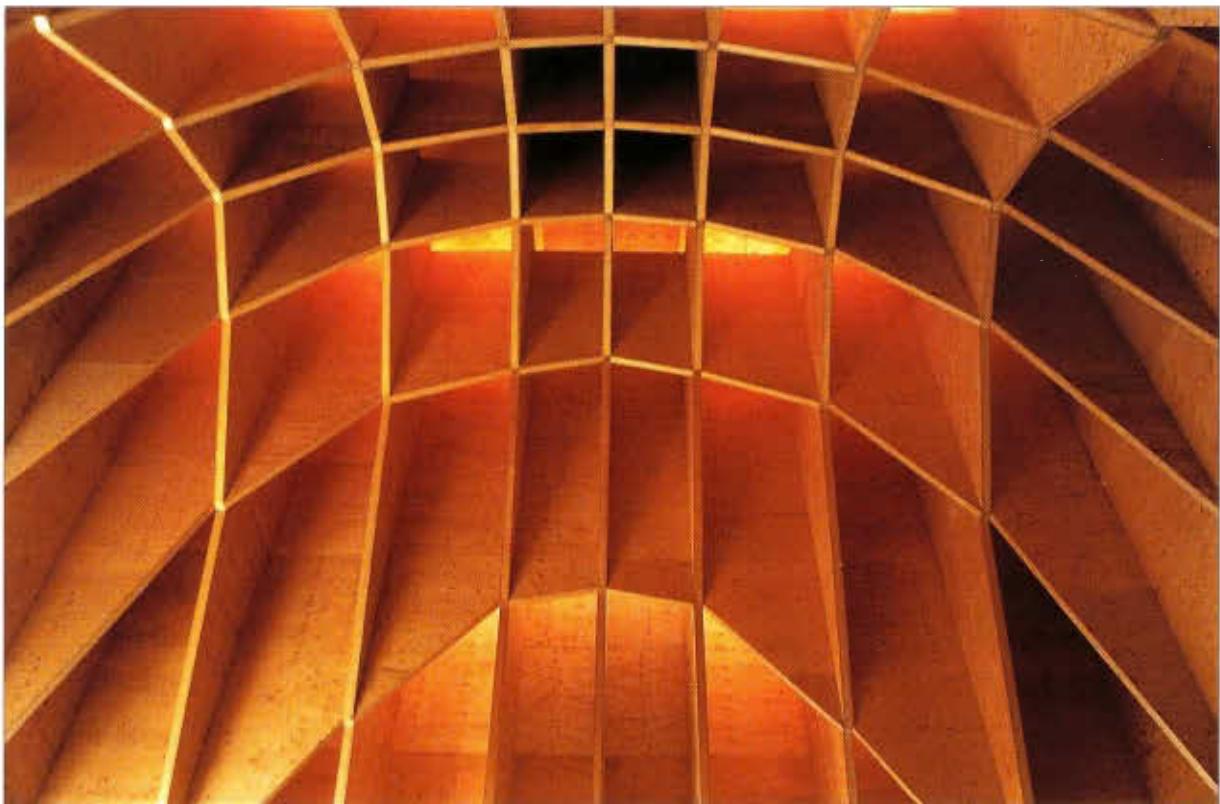
Die Firma MERK in Aichach hat bei der Entwicklung neuer Anwendungsbereiche für das Material Holz einen wichtigen Anteil. Der Betrieb ist darauf spezialisiert, außergewöhnliche Holzbau-Konstruktionen und bautechnische Lösungen in Holz zu realisieren. Für Fassaden- und Dachlösungen wurden hochtragfähige, filigrane Strukturen entwickelt. Im Hausbau werden unterschiedlichste Wohnhäuser in den verschiedenen Holzbauweisen realisiert. Außerdem werden Bauten in den Bereichen Lärmschutz, Landwirtschaft und Gewerbe durchgeführt. MERK produziert verleimte Sonderbauteile, wie Fahrbahnplatten für Brücken, Kastenträger oder sphärisch gekrümmte Spezialbauteile. Ein weiterer Bereich der Produktion sind die Holzmodule des Steko-Bausystems aus der Schweiz. Mit Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt wurde ein neuer Holzwerkstoff, das sogenannte MERK-Dickholz® entwickelt, aus dem sich massive Flächenbauteile mit Formaten von  $4,8 \times 20,0$  m und einer Dicke von bis zu 50 cm herstellen lassen.

Gestalterische und konstruktive Ideen der Architekten und Planer ergeben in der Zusammenarbeit mit den Ingenieuren und Zimmerleuten der Firma MERK interessante Bauwerkslösungen in der Kombination von Holz- und Holzwerkstoffen mit neuen Verbindungsmitteln. Die traditionellen Holzverbindungen sind seit langem durch neuartige, rationell einsetzbare und zugleich ästhetisch ansprechende Verbindungstechniken ersetzt.

Seit über 30 Jahren produziert und errichtet MERK Konstruktionen und Gebäude mit der aus den USA stammenden Nagelplattenbindertechnik. Diese Technik wurde weiterentwickelt und durch modifizierte Nagelplattensysteme ergänzt. Ein Beispiel ist das Multi-Krallen-Dübel-System (MKD), das Binderstrukturen für Spannweiten bis zu 50 m und mehr ermöglicht. Diese Verbindungstechnik weist eine sehr günstige Kraftdichte – das ist die Anschlußkraft je Flächeneinheit – bei dünnen Holzbauteilen auf. Multi-Krallen-Dübel sind kräftige Doppelnagelplatten: relativ kurze, angespitzte, rechteckige Stahlstifte – Nägeln ähnlich – werden beidseitig mit Kontakt-schweißverfahren rechtwinklig auf 10 mm dicke stählerne Knotenplatten aufgeschweißt. Auf diese stacheligen Knotenplatten werden beidseitig die Holzteile aufgepreßt und zwar so, daß die Nagelplatten zwischen den Holzteilen liegen. Dieses System wird oft als Verbindungstechnik bei Fachwerkträgern aus Furnierschichtholz verwendet. Durch die Lage der



# Holzverbindungen



Kath. Gemeindezentrum in Heilbronn,  
Arch. Prof. Peter Cheret

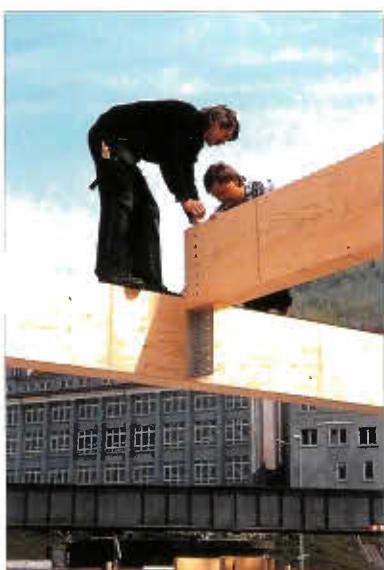
Knotenplatten zwischen den Holzteilen erscheinen die Fachwerke wie verleimt, da keine Verbindungsmitte sichtbar sind.

Andere, zum Teil patentierte Verbindungsmitte aus Stahl, Holz und Kunststoff wurden neu entwickelt. Dazu gehört der NHT-Verbinder (Neben-Haupt-Träger-Verbinder) aus Stahl, der dazu verwendet wird, Balkenanschlüsse wie Decken- oder Auswechslungsbalken verdeckt an Hauptträger, Wandelemente, Unterzüge, Betonringbalken oder Stahlträger, anzuschließen. Die im Anschlußbereich halbkreisförmigen NHT-Verbinder werden mit einem Spezialbohrer von oben in den Nebenträger eingebohrt und mit Spax-Schrauben fixiert. Auf der Baustelle wird der mit NHT-Verbinder versehene Nebenträger montiert, wobei die Krafeinleitung in den Hauptträger über die auskragende Auflagerplatte erfolgt. Die

Verankerung geschieht mit zwei von oben eingedrehten Holzschrauben, die auch die horizontalen Zugkräfte aufnehmen. Die Verbindungstechnik mit NHT-Verbinder ermöglicht viel Vorarbeit in der Werkstatt, wobei das Ausfräsen der Haupt- und Nebenträger auch von einer Abbundmaschine geleistet werden kann, und kurze Montagezeiten auf der Baustelle.

Ein weiteres Verbindungselement ist der Zugverbinder MZV, der für Hirnholzanschlüsse, beispielsweise bei Stützen, für alle Kantholz-Verbindungen und auch bei schrägen Flächen geeignet ist. Auch hier sind die Verbindungselemente nach der Montage unsichtbar.

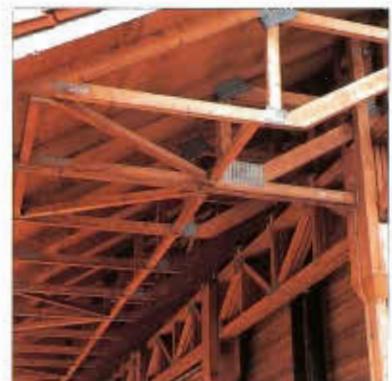
Der Einpreßdübel Typ D ist ein ein- oder zweiseitig gezahnter Holzverbinder, der mit speziellen Werkzeugen in das Holz gepreßt und mit Schrauben angezogen



wird bis die Verbindung der Holzteile stabil ist.

Zur Verankerung von Holzstützen im Fundament wurde der MGA-Stützenfuß entwickelt. Er besteht aus einem Stahlrohr mit oberem Innen- und Außenholzgewinde und wird mit einem Vierkantschlüssel oder einem elektrischen Schlagschrauber in eine Ringnutbohrung eingeschraubt. Die Grundplatte des Stützenfußes wird entweder einbetoniert oder auf der Bodenplatte aufgedübelt und ist deshalb dann mit Bohrungen ausgestattet.

Die verschiedenen Verbindungs-techniken kommen bei den unter-schiedlichen Materialien und Konstruktionsarten in sämtlichen Projekten des Ingenieur-Holzbau vom traditionellen Dachstuhl bis zur komplizierten Sondertrag-werksstruktur zur Anwendung. Die Exempla '99 zeigt einige dieser Verbindungstechniken im Holzbau, die von der Firma MERK her-gestellt und eingesetzt werden.



Möglichkeiten konstruktiver Verbindungs-elemente im Holzbau

# Holzverbindungen



## Fertigungsperspektiven durch computergesteuerte Abbundmaschinen

CNC-gesteuerte Maschinen haben die Arbeitsweise der Zimmereibetriebe völlig umstrukturiert. Die Exempla '99 stellt die Abbundmaschine K1 der Firma Hans Hundegger Maschinenbau GmbH vor. Diese Abbundmaschine kann in allen Holzbauarten, im Zimmereiabbund, im Holzrahmenbau, im Block- und Fertighausbau und auch im Leimholzabbund eingesetzt werden. Sie wird von Betrieben jeder Größe genutzt, sowohl vom Zwei-Mann-Betrieb bis hin zur Fertighausfabrik und kann auch kleinere Handwerksbetriebe wieder konkurrenzfähig machen.

Das Spektrum der vollautomatischen Bearbeitungsmöglichkeiten dieser Maschine reicht vom normalen Sparren über Grat- und

Kehlsparen mit Hexenschnitten, Hirnholz- und Blockhausbearbeitungen bis zu profilierten und verzierten Geländerpfosten und Treppen. Extrem kurze Kopfbänder oder Wechsel mit beidseitig abgesetzten Zapfen sind ebenso problemlos herzustellen wie Stellbrettnuten oder Bohrungen für Hirnholzdübel. Alle Arten von Längsbearbeitungen wie Nuten, Austälzen, Besäumen usw. sind vollautomatisch zu fahren.

Gerade auch traditionelle, bisher aufwendig anzufertigende Holzverbindungen sind mit Hilfe der modernen Maschinentechnik wieder wirtschaftlich herstellbar. Zapfen- und Schwalbenschwanzverbindungen, Verblattungen, Hakenblätter, Andreaskreuze und Profilierungen können deshalb durchaus wieder rationell bei Holzkonstruktionen eingesetzt werden.

Außerdem wurden neue Arten von

Verbindungen entwickelt, wie beispielsweise der konische Schwalbenschwanz, die von Hand nicht anzufertigen sind. Diese Verbindungen können auf Druck und Zug belastet werden und sind als verdeckte, konische oder durchgehende, parallele Verbindungen ausführbar. Sie sind als Querverbindung für Wand- und Deckenanschlüsse, als Längsverbindung bei der Blockbalkenverlängerung und als Eckverbindung in beliebigen Winkeln einsetzbar.

Die Abbundmaschine K1 ist für Holzquerschnitte von  $20 \times 40$  mm bis  $300 \times 450$  mm ausgelegt. Selbst Rundhölzer für Blockhäuser mit diesen Querschnitten und allen anfallenden Bearbeitungsvorgängen werden auf der Anlage gefertigt. Die Maschine arbeitet im Einzeldurchlaufprinzip mit vollautomatischer Be- schickung, so daß Serienstücke aber auch unsortierte, stets wech-



selnde Bauteile ohne Leistungsverluste bearbeitet werden können.

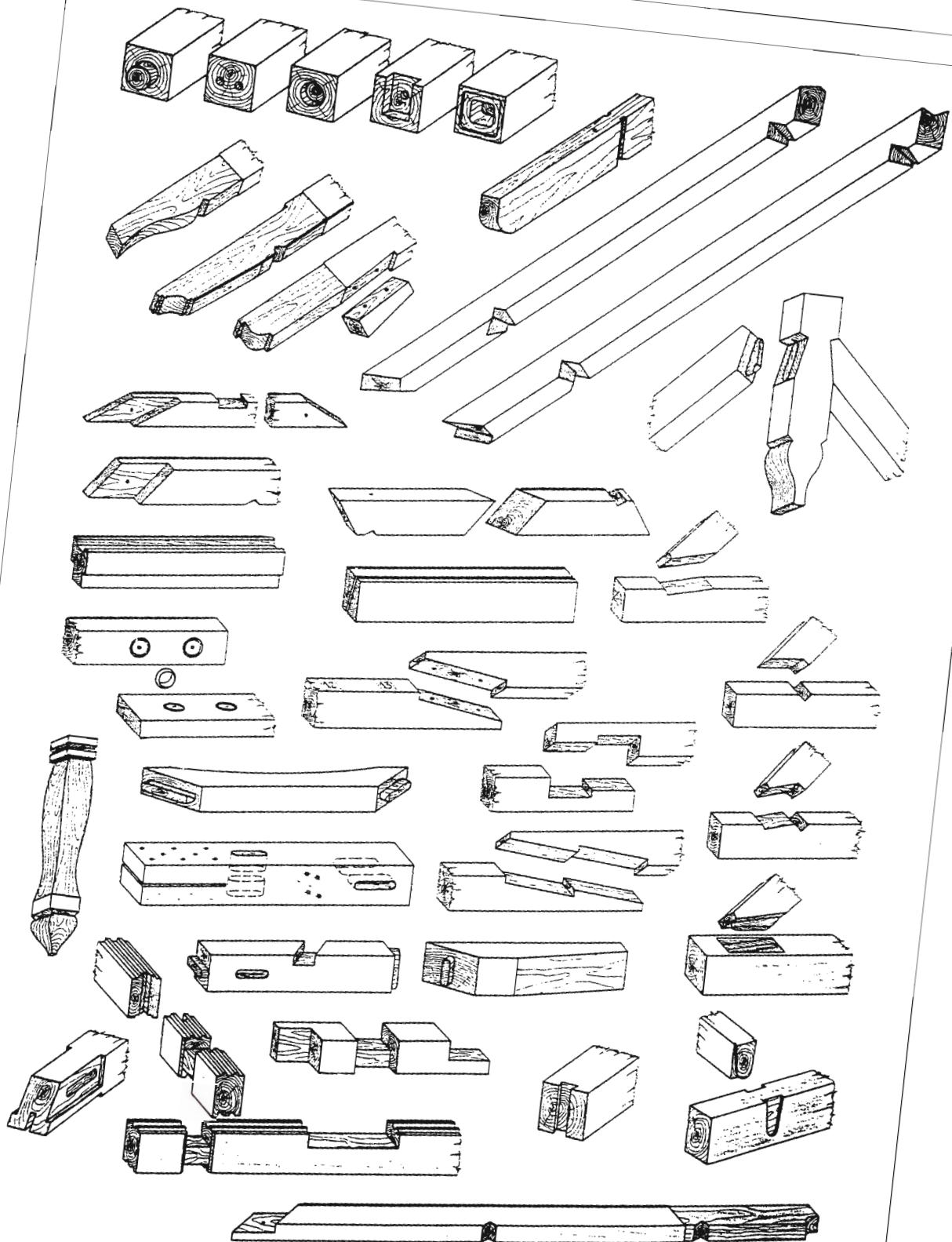
Neben den Zuführ- und Positioniereinheiten besteht die Abbundmaschine K1 im wesentlichen aus vier Aggregaten: einer Universalunterschwenkkappsäge, einer Universalfräse mit drei Fräswerkzeugen in unterschiedlichen Drehzahlen, je einem Werkzeugschlitten für vertikal- und einem für horizontalbearbeitende Werkzeuge mit jeweils bis vier unterschiedlichen Werkzeugen. Beide Werkzeugschlitten, wie die gesamte Maschine, werden nach Einsatzbereich ausgestattet und können nach Bedarf nachgerüstet werden. Als Zusatzausrüstungen sind Hobel- und Anfasautomat, Rohholzvermessung mit Optimierung, Bauteilnumerierung und Tintenbeschriftungssystem vorhanden.

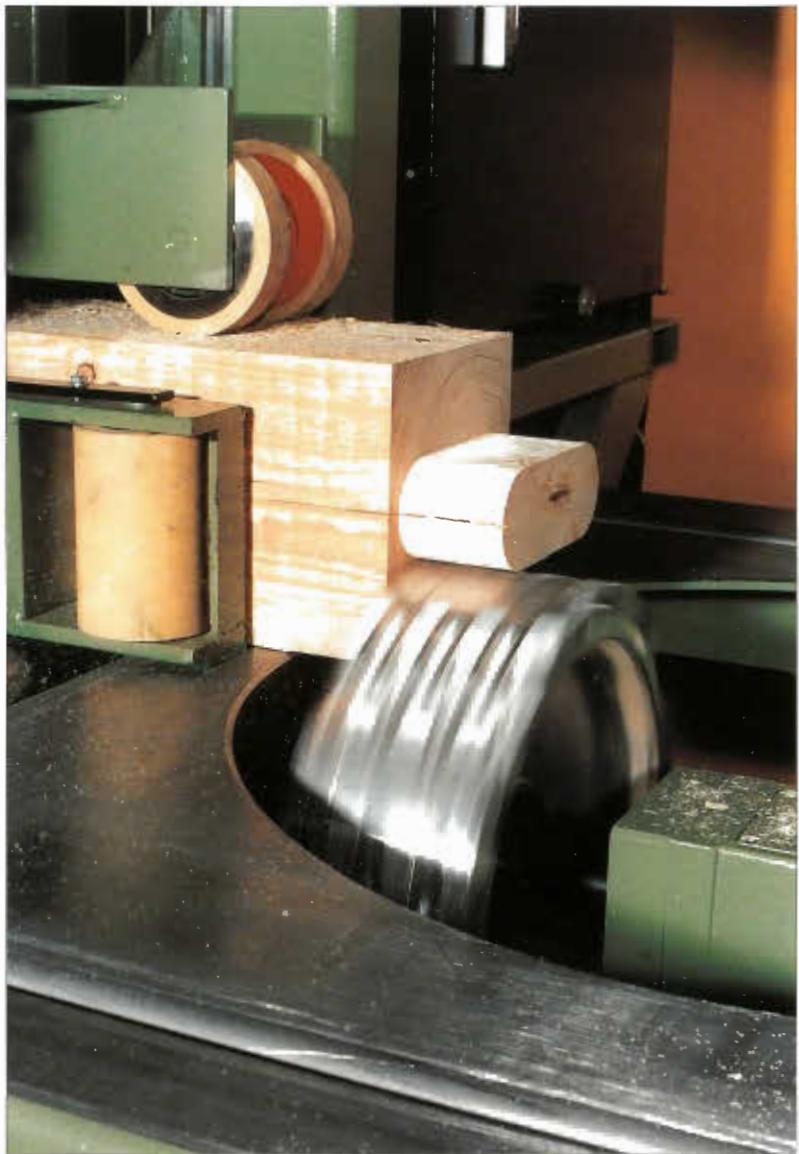
Bis zu 12 Werkzeuge sind auf den vier Aggregaten installiert; sie

können – ohne Werkzeugwechsel – in Sekundenschnelle auf allen sechs Bauteilseiten in Aktion treten. Dadurch kann eine sehr hohe Bearbeitungsgeschwindigkeit erzielt werden. Die Präzision der CNC-Steuerung wird auf das Bauteil dadurch übertragen, daß die Werkzeuge immer unmittelbar an den Balkenspanneinrichtungen arbeiten. Somit wird auch bei verdrehten oder krummen Kantehölzern eine exakte Bearbeitung erzielt.

Der rund um den Balken arbeitende Fingerfräser stellt Senkungen für Beilagscheiben oder Ringdübelfräslungen in allen Größen her, wie beispielsweise Einfräslungen für gerade Treppenwangen. Mit einem Spezialfräser können auch sämtliche Zapfenverbindungen in Schwalbenschwanzausführung gefertigt werden.

# Holzverbindungen





### Hans Hundegger Maschinenbau GmbH

Die Firma Hans Hundegger Maschinenbau in Hawangen war zunächst ein kleiner Familienbetrieb im Allgäu, der sich innerhalb von 20 Jahren zu einem marktführenden Unternehmen mit derzeit 125 Mitarbeitern entwickelte.

Hans Hundegger war nach einer praktischen und theoretischen Ausbildung zum Maschinenbauer zunächst in einer Fabrik für Schreinemaschinen angestellt. Nach Feierabend konstruierte er Anlagen und Geräte für seinen Bruder, der das elterliche Sägewerk übernommen hatte und modernisieren wollte. Bald kamen andere Sägewerksbesitzer mit Aufträgen und das anfängliche Hobby wurde zur Arbeit. Hundegger richtete sich eine kleine Werkstatt ein und machte sich 1978 mit der eigenen Firma selbstständig.

1981 begann Hundegger mit der Entwicklung der ersten computergesteuerten Abbundmaschine, nachdem ihn ein Bauunternehmer auf die Schwierigkeiten und die Unwirtschaftlichkeit handwerklich abgebundener Dachstühle hingewiesen hatte. Mehr als drei dieser Maschinen werden zur Zeit wöchentlich produziert und europaweit und in die USA geliefert. Bevor eine Abbundmaschine das Werk verlässt wird sie zwei Tage

lang im plangerechten Zerteilen, Bohren und Fräsen getestet. Das Programm der Abbundmaschine ist so konzipiert, daß sich die Zimmerleute selbst einarbeiten können. Abbundanlagen bilden das Hauptabsatzprodukt der Firma Hundegger, daneben werden Hobelmaschinen, Bewehrungsschweißautomaten und Behaumaschinen produziert.

# Holzverbindungen



## Japanische Holzverbindungen – ihre geschichtliche Entwicklung und heutige Bedeutung

Christoph Henrichsen



Abb. 2  
Befestigung von Rofen und Latten  
mit Strohschnüren

In Europa ist in den letzten Jahren ein verstärktes Interesse an japanischer Holzbaukunst, an Holzbearbeitungswerkzeugen und Holzverbindungen zu beobachten. Letztere bestechen besonders durch ihre Vielfalt und Präzision. Die japanischen Holzverbindungen haben sich in einem zweitausendjährigen Prozeß zu immer komplizierteren Formen weiterentwickelt. Diese Entwicklung und die dabei wirksam gewordenen Einflüsse sollen hier in groben Zügen nachgezeichnet werden und schließlich auch ihre heutige Bedeutung im japanischen Handwerk beschrieben werden.

Streng genommen wurde Holz seit seiner Verwendung für die Herstellung von Gebäuden, Behältnissen und Geräten verbunden. Anfangs geschah dies durch Ausnutzung seiner natürlichen Formen wie etwa Astgabelungen oder indem zwei Teile mit geflochtenen Schnüren verbunden wurden. Die Verwendung von Schnüren im Hausbau reicht in Japan übrigens bis in die Gegenwart, denn bei Reetdächern wird die Lattung unter der Dachhaut und auch die Rofen mit Schnüren aufgebunden (Abb. 1 u. 2).

Die ältesten bekannten Beispiele von Verbindungen, bei denen Hölzer unter Verwendung von Klingen bearbeitet wurden, um dann ohne andere Hilfsmittel verbunden zu

werden, kennen wir durch Ausgrabungen. Als man in Toro und Yamaki in der Präfektur Shizuoka auf die Reste größerer landwirtschaftlicher Siedlungen des 2. und 3. Jahrhunderts stieß, fand man auch zahlreiche Bauteile von Speichern, deren Boden zum Schutz vor Feuchtigkeit und Ungeziefer auf einem Niveau von bis zu 2 Metern lag. Die an Pfosten, Balken und Wandfüllungen festgestellten Verkämmpungen, Verzapfungen und Nuten, welche bereits mit Eisenwerkzeugen hergestellt wurden, bezeugen die damaligen Möglichkeiten der Holzbearbeitung.

Die Verbindungen, die wir im Tempel Horyu-ji an den weltweit ältesten erhaltenen Holzbauten finden, zeigen bereits einen deutlich höheren Entwicklungsstand. Es ist dabei nicht möglich zu sagen, in welchen Anteilen diese Techniken vom Festland stammen, da in China und Korea keine Holzbauwerke dieser Epoche erhalten sind. Als sicher gilt jedoch, daß nach Vermittlung des Buddhismus seit der 2. Hälfte des 6. Jahrhunderts auch buddhistische Architektur und damit deren Bautechnik einschließlich der Holzverbindungen über Korea nach Japan gelangte.

Die in der Zeit um 700 entstandenen Haupthalle und die fünfstöckige Pagode des Horyu-ji wurden

Abb. 1  
Dachstuhl einer reetgedeckten Tempelhalle  
(Quelle: Hanjoji, Obama)

# Holzverbindungen

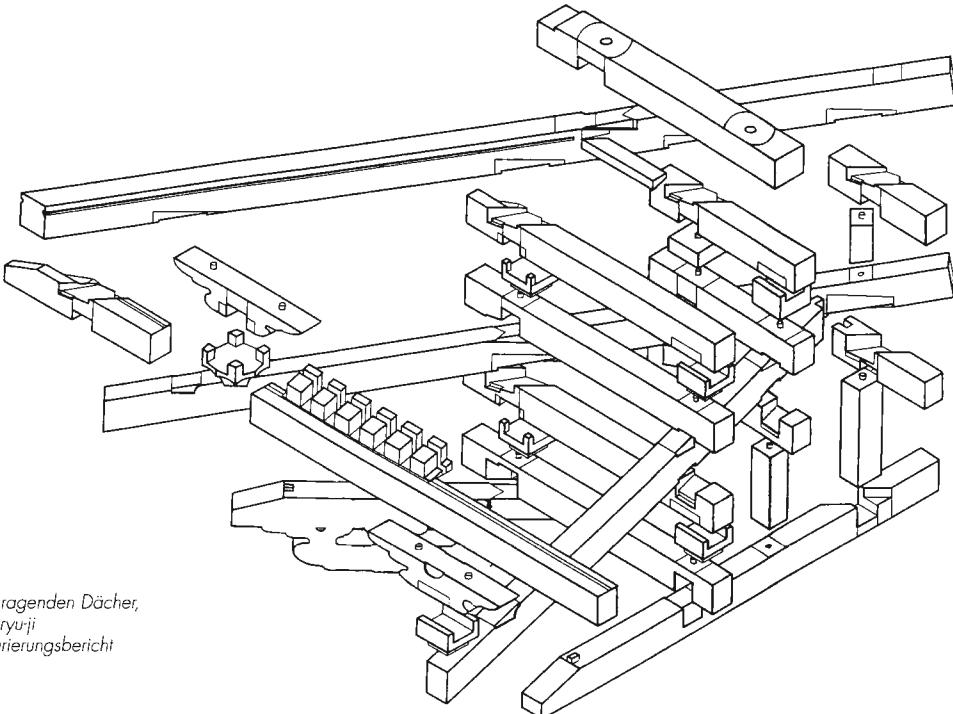


Abb. 3  
Aufbau der vorkragenden Dächer,  
Pagode des Horyu-ji  
(Vorlage: Restaurierungsbericht  
der Pagode)

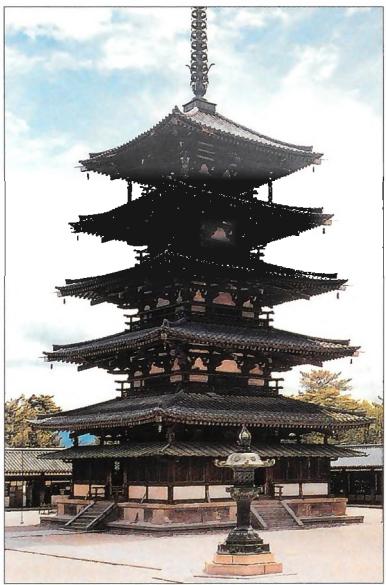


Abb. 4  
Ansicht der fünfstöckigen Pagode des Horyu-ji

im Rahmen der zwischen 1934 und 1952 durchgeführten Restaurierung vollständig abgetragen und nach Austausch und Reparatur schadhafter Teile wieder aufgerichtet. Das Abtragen bot die Möglichkeit einer sehr detaillierten Untersuchung, so daß wir heute ein genaues Bild von den damals üblichen Verbindungen haben.

Den Zimmerleuten standen bereits viele Grundformen wie Verzapfungen, Schäftungen, Verblattungen und Verkämmpungen zur Verfügung (Abb. 3). Auch die für den japanischen Holzbau so typischen Sichelzapfen kommen vor, jedoch nur an einigen Pfetten. Sieht man von ihnen und dem aus drei Teilen zusammengesetzten „Herzständer“, der durch die gesamte fünfstöckige Pagode läuft und deren Bronzeaufsatz trägt, einmal ab, so wurden keine Längsverbindungen verwandt. Dies hatte vor allem zwei Gründe; es standen da-

mals noch ausreichend Stämme in allen gewünschten Abmessungen zur Verfügung und man scheute eine Schwächung der Querschnitte durch Ausführung einer Verbindung. Darin liegt wohl auch die Vorliebe für Verkämmpungen begründet, denn meist wurden die Balken des Gerüstes nicht auf einer Ebene, sondern im Versatz angeordnet und so deren Querschnitt kaum verringert. An der Wende zum 8. Jahrhundert stand den Zimmerleuten schon ein anscheinliches Sortiment an Werkzeugen zur Verfügung, wie dies eine Untersuchung der Bearbeitungsspuren ergab; neben verschiedenen Dechseln und Beilen auch Stecheisen in mindestens zwölf verschiedenen Breiten. Entgegen weitläufiger Ansicht wurden für diese frühen Bauwerke wie auch für alle späteren japanischen Holzbauten Eisennägel verwandt. Ihr Einsatz beschränkt sich jedoch auf wenige Zonen wie die Befesti-

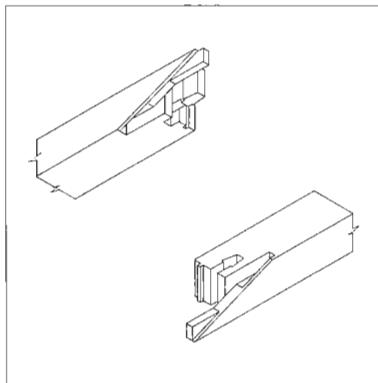


Abb. 5  
Längsverbindung am Geländer des Kyuan-ji, Osaka

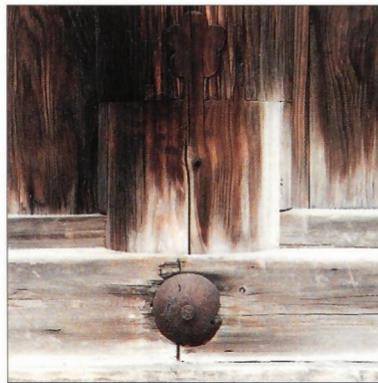


Abb. 6  
Ständeranschuhung mit Blumenmotiv

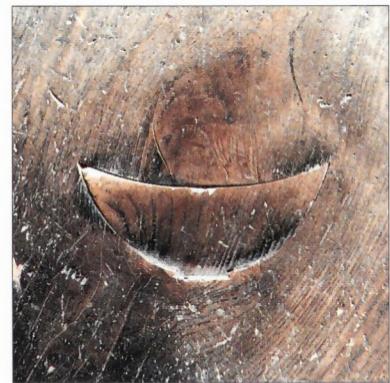


Abb. 7  
Ausfüllung einer Fehlstelle an einer Diele

gung der Rofen an den Pfetten oder das Anschlagen der verkämmten Riegel an den Ständern.

Vom 8. bis 12. Jahrhundert ist die Entwicklung zu neuen und komplexeren Verbindungen eher langsam. So treten etwa bei Kopfriegeln an die Stelle von Überblattungen Hakenblätter. Im 13. Jahrhundert gelangt die Architektur Japans erneut unter den Einfluß des Festlandes, als aus China der Daibutsu-Stil und der Zen-Stil nach Japan gelangen. Sie brachten neue Impulse besonders für die Entwicklung von Längsverbindungen wie etwa Hakenblättern mit Steckfalten.

Im 14. Jahrhundert ist zu beobachten, wie durch Kombination mehrerer Grundformen immer kompliziertere Verbindungen entstehen. Dabei wird deutlich zwischen sichtbaren und verborgenen Teilen unterschieden. Ein gutes Beispiel für diese beiden Entwicklungen ist

das Geländer des um 1400 errichteten zweistöckigen Tores an dem Tempel Kyuan-ji in Osaka (Abb. 5). Die gezeigte Längsverbindung, die von der Schwelle des Geländers im oberen Stockwerk stammt, bringt auf engstem Raum nicht weniger als vier Grundformen zusammen. Die Sichtseite zeigt eine unauffällige Schäftung, während rückseitig beide Teile durch Zapfen, Sichelzapfen und Steckfalte zusammengehalten werden.

Die Entwicklung zu komplexeren Verbindungen geht auch in der Edo-Zeit weiter und ihre Kenntnis wird erstmals in Manualen festgehalten und damit im Gegensatz zu früher auch schriftlich übermittelt. Unauffälligkeit war lange ein Anspruch, den man in Japan an Holzverbindungen stellte. Seit Ende des 18. Jahrhunderts finden sich aber vereinzelt auch Belege dafür, daß ein Zimmermann eine

besonders ungewöhnliche und augenfällige Verbindungsart wählte, um sein Können unter Beweis zu stellen oder zu verblüffen. Mitunter waren es auch Reparaturen, die zu ausgefallenen und manchmal humorvollen Lösungen verleiteten. An den im 19. Jahrhundert ersetzen Ständerfüßen eines Schreines in Kyoto verwandte der Zimmermann ein Blumenmotiv (Abb. 6). Es wirkt spielerisch, wird ihn aber ziemliche Mühe gekostet haben. Besonders kreativ war man, wenn es darum ging, Fehlstellen wie ausgefallene Äste auszufüllen. Das Beispiel einer Verandadiele aus Kyoto zeigt hier eine Reparatur in Form einer Reisschale (Abb. 7).

Die Entwicklung zu immer komplizierteren Verbindungen soll anhand einiger Beispiele verdeutlicht werden; um die Entwicklungsstufen leicht vergleichen zu können, wird dabei jeweils die gleiche Stelle in einem Bauwerk gezeigt.

# Holzverbindungen

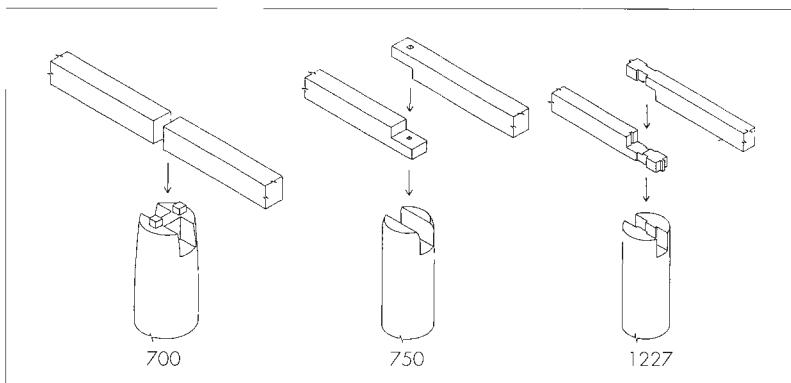


Abb. 8  
Verbindung von Ständer und Kopfriegel

## Verbindung von Ständer und Kopfriegel

An der um 700 entstandenen Haupthalle des Tempels Horyu-ji schien man eine Verlängerung der Kopfriegel noch gescheut zu haben. Sie wurden bei vollem Querschnitt in Aussparungen an den Ständerköpfen eingelassen. Bei einer Mitte des 8. Jahrhunderts erbauten Halle des gleichen Tempels sind die Kopfriegel dann schon durch ein gerades Blatt ver-

längert und in den Ständer einge-häst. Der Verbund untereinander und mit dem Ständer wird durch einen handgeschmiedeten Nagel hergestellt. Gleich einen doppelten Fortschritt zeigt schließlich die Lösung an der auf 1227 datierten Haupthalle des Daihoon-ji in Kyoto: die Kopfriegel sind durch Hakenblatt und Steckfalte gegen Zug und seitliche Kräfte gesichert. Da der mittlere Bereich an der Einhälsung schmäler gehalten ist,

greift der Ständer in die Riegel und verhindert so auch ohne Na-gel wirkungsvoll ein Verschieben.

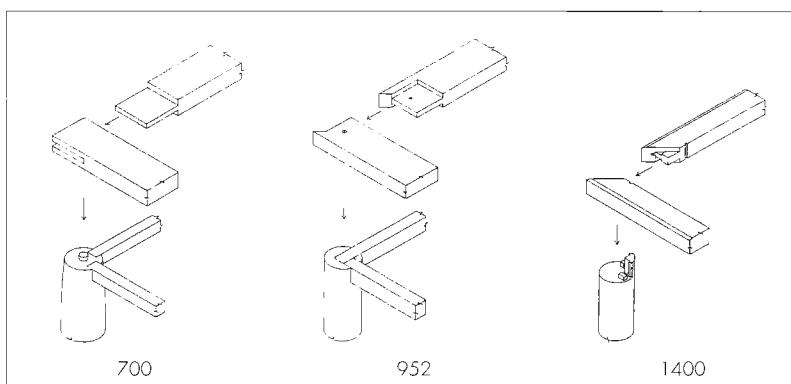


Abb. 9  
Eckverbindung am Rähm von Pagoden

## Eckverbindung am Rähm von Pagoden

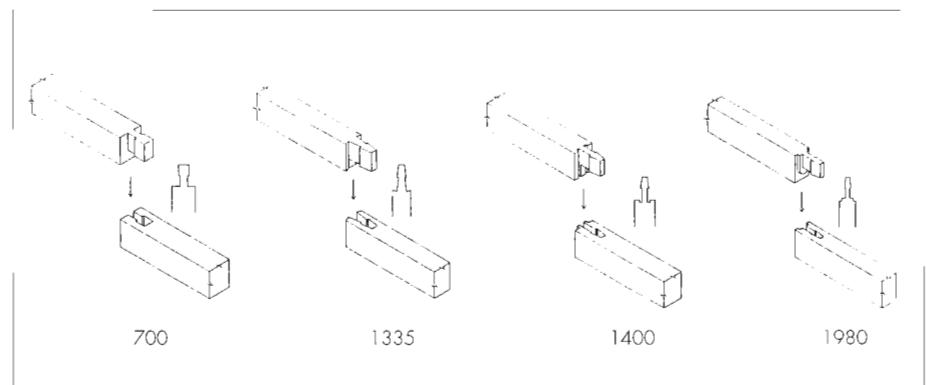
Bei den Eckverbindung am Rähm von Stockwerkpagoden ist eine ähnliche Entwicklung zu beobachten. An der fünfstöckigen Pagode des Horyu-ji (um 700) wurden die Rähmhölzer über dem Eckständer mit Scherzapfen verbunden.

Die im Jahre 952 abgezimmerte Pagode des Daigo-ji in Kyoto weist eine ähnliche Verbindung auf, doch hat sie ein auf Gehrung

abgesetztes Verdeck. Daß damit kein Hirnholz mehr offenliegt, ist nicht nur optisch befriedigender, sondern schützt die Verbindung auch besser vor Witterungseinflüs-sen. Der Verbund mit dem Eck-ständer wird hier übrigens durch einen handgeschmiedeten Nagel hergestellt. An der dreistöckigen Pagode des Kongorin-ji, um 1400, können wir ein noch stär-keres ineinandergreifen der Teile beobachten. Der durch verdeckte

Gehrungszapfen verbundene Rähm wird auf Steckfälze und Zapfen am Ständerkopf gescho-ben; einem Verschieben der Rähmhölzer und damit einer Öff-nung der Gehrungsfuge wird so vorgebeugt.

Abb. 10  
Entwicklung von Sichelzapfen



### Entwicklung von Sichelzapfen

Auch bei Sichelzapfen, einer häufig für Pfetten eingesetzten Verbindung, kam es immer wieder zu neuen und raffinierteren Lösungen. Während die Seiten des Zapfens bei den ältesten bekannten Beispielen (um 700) parallel liegen und die Verbindung gerade abgesetzt wurde, ging man im Mittelalter vorübergehend dazu über, den Zapfen keilförmig auszubilden und die Brüstungen leicht zu hinterschneiden. Eine wesentlich höhere Belastbarkeit gegen seitliche Kräfte brachte schließlich die Kombination mit Steckfalten (*mechigai*). An dem Zapfen verjüngt sich seit dem 15. Jahrhundert meist nur der vordere Teil, während der Hals parallel gehalten ist. Zum Vergleich soll auch eine industrielle Weiterentwicklung des Sichelzapfens gezeigt werden, wie sie heute oft angewandt wird. Die rotierenden Messer der Fräswerkzeuge bedingen, daß der Zapfen an der Unterseite U-förmig ausgebildet ist. Die obigen Beispiele sollen auch deutlich machen, daß im Laufe der Jahrhunderte mit immer geringeren Querschnitten gearbeitet wurde. Dünnerne Ständer und Balken belegen nicht nur Fortschritte der Zimmermannskunst, sondern folgen auch der Notwendigkeit zum sparsameren Umgang mit Holz, welches nicht mehr in allen gewünschten Abmessungen zur Verfügung stand.

Welche Faktoren begünstigten die Entwicklung zu immer komplizierteren Verbindungen? In Europa waren Bauten, die der Repräsentation dienten und von denen Dauerhaftigkeit erwartet wurde wie etwa Kirchen, öffentliche Gebäude und Schlösser in den meisten Regionen schon früh Steinbauten. Der Holzbau war besonders seit dem 18. Jahrhundert zunehmend auf das einfache ländliche Bauen beschränkt. In Japan jedoch wurde auch repräsentative Architektur bis ins 20. Jahrhundert hinein fast ausschließlich in Holz gebaut und so die Holzbearbeitung auf höchstes Niveau entwickelt. Besondere Ansprüche wurden dabei an Paßgenauigkeit und perfekte Oberflächenbearbeitung gestellt, da die Konstruktion in den meisten Fällen weder verkleidet noch gefaßt wurde. Für hochwertige Arbeiten wurde dabei japanische Zypresse (*Hinoki*) verwendet, eine Nadelbaumart, die nicht nur bis zu 50 m lange kerzengerade Stämme liefert, sondern auch sonst durch ihre Eigenschaften besticht. Ihr Holz ist nämlich feinjährig, relativ leicht, es steht gut, istwitterungsbeständig, langlebig und vor allem leicht zu bearbeiten. Durch ihre Geradwüchsigkeit und Feinjährigkeit lassen sich Hinokistämme leicht spalten, was zunächst eine Voraussetzung für ihre Verwendung war, denn Ständer, Balken und auch Bretter wurden in Japan bis zur

Verbreitung der Rahmensäge im 14. Jahrhundert mit Keilen gespalten. Seine relativ geringe Dichte dieses Nadelholzes erforderte allerdings für eine saubere Bearbeitung besonders scharfe Klingen. Neben der offenen unverkleideten Konstruktion, dem Material und guten Schneidwerkzeugen bedingten aber auch die Verknappung von Holz und die Standardisierung vor allem im Wohnungsbau eine Weiterentwicklung der Verbindungen zu immer neuen Varianten, bis Anfang des 20. Jahrhunderts ein Höhepunkt erreicht wurde.

Den traditionellen Holzverbindungen widerfuhr in Japan nach dem Krieg ein rasanter Bedeutungsverlust. Etliche Verbindungen genügten nicht den Anforderungen des 1950 verabschiedeten Baugesetzbuches und wurden daher immer seltener angewandt. Auch waren die Bedingungen der Nachkriegszeit, in der es weniger um gute Verarbeitung denn um einen schnellen Wiederaufbau ging, nicht förderlich für das Handwerk. Die 1957 in Japan einsetzende Produktion von Handmaschinen verdrängte schließlich die alten Handwerkszeuge und Techniken immer mehr; sie lag im Trend einer bis heute anhaltenden Rationalisierung des Baubetriebs. Zwar liegt der heutige Anteil von Holzarchitektur bei Neubauten in Japan mit gut 40 Prozent im Ver-

# Holzverbindungen

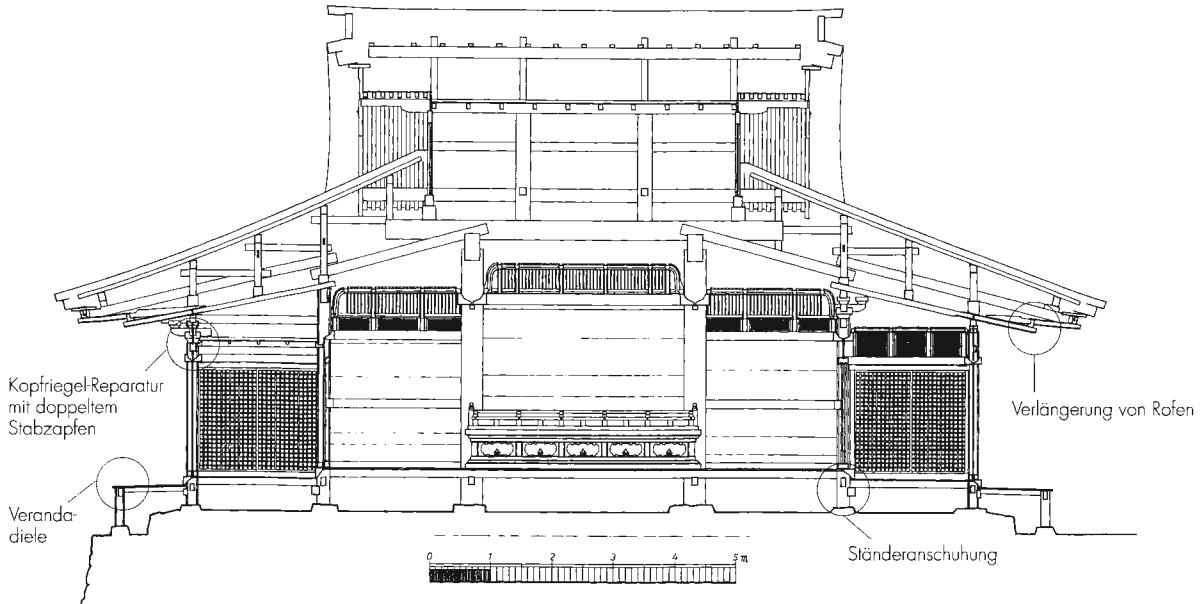


Abb. 11  
Längsschnitt durch die Fudo-Halle des Kongobu-ji in Koyasan, um 1300, mit Kennzeichnung der Reparaturen

gleich zu europäischen Ländern sehr hoch, doch handelt es sich dabei meist um Fertighäuser, die in Form und Technik stark von amerikanischen Vorbildern beeinflußt sind. Meist sind sie für eine Nutzung von weniger als 30 Jahren ausgelegt und damit bereits zu einem Konsumgut geworden.

In abgewandelter Form finden traditionelle Verbindungen jedoch auch in der Massenproduktion von Holzhäusern Verwendung. So kommen etwa für die Langholzverbindung von Pfetten die bekannten Sichelzapfen und für die Befestigung von Balken an Schwelten oft Schwalbenschwanzblätter zum Einsatz. Ihre halb- oder vollautomatische Herstellung durch Fräsen mit rotierenden Schneiden bedingt, daß Schlitz und Zapfen an der Unterseite U-förmig ausgebildet sind (Abb. 10). Hierdurch ergab sich gegenüber der alten Ausführung teilweise eine deutlich höhere Belastbarkeit.

Trotz Automatisierung und Rückzug des Handwerks leben die traditionellen Holzverbindungen in Japan heute in zwei Nischen fort. Hier sind zunächst einmal Schreine, Tempel und Teehäuser zu nennen, bei denen die alten Formen und Techniken das größte Beharrungsvermögen zeigen. Besondere Aufmerksamkeit und auch Pflege bringt man ihnen schließlich in der Baudenkmalpflege entgegen. Bei der Restaurierung der geschützten historischen Holzbauten ist man in der Regel bestrebt, diese Bauwerke in Techniken der jeweiligen Epoche zu restaurieren. Daß sich Baudenkmale und auch Werke angewandter Kunst langfristig nur in Verbindung mit den historischen Techniken erhalten lassen, hat man in Japan schon in der Hochphase der Industrialisierung bemerkt. Seit der Novellierung des Gesetzes zum Schutz von Kulturgütern im Jahre 1975 werden bestimmte für Pflege und

Erhalt von Kulturgütern unabdingliche traditionelle Techniken als „immaterielle Kulturgüter“ geschützt. Durch Stipendien und Kurse werden die Kenntnisse einiger Berufe, darunter auch das Zimmermannshandwerk, so an einen kleinen Kreis überliefert.

Bei der Restaurierung von Bauwerken greift man in Japan meist auf den reichen Formenschatz traditioneller Verbindungen zurück. Bei der Wahl der geeigneten Verbindung muß dann vor allem dreierlei beachtet werden. Der Eingriff soll möglichst klein gehalten werden, denn es gilt ja, das Original mit allen seinen Spuren zu erhalten. Weiterhin muß der Zimmermann überlegen, welchen Belastungen die Reparatur später standhalten muß. Er wird schließlich bemüht sein, auf Ersatzwerkstoffe wie Epoxidharze oder Metallverstärkungen zu verzichten, um nicht unnötig neue Materialien

Abb. 15  
Ständeranschuhung durch gerades Hakenblatt, Zusammenbau

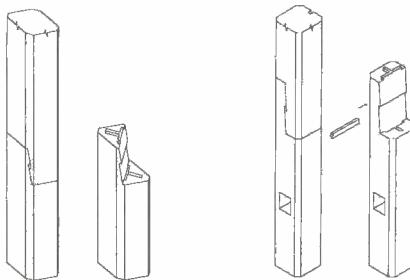


Abb. 16  
Ständeranschuhung durch schrages Hakenblatt, Zusammenbau

Abb. 17 a-d  
Verlängerung einer Rofe durch Stabzapfen im geöffneten und geschlossenen Zustand, Ansicht und Aufsicht

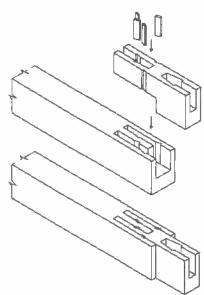


Abb. 12  
Ständeranschuhung durch schrages Hakenblatt

Abb. 13  
Ständeranschuhung durch gerades Hakenblatt

Abb. 14  
Anschuhung eines Kopfriegels

zu verarbeiten, die eigentlich nicht zu dem alten Bauwerk passen und über deren Alterungsverhalten wir kaum etwas wissen.

Einige Beispiele von der Restaurierung einer mittelalterlichen Tempelhalle sollen einen Einblick ermöglichen (Abb. 11). Häufig müssen durch Schädlingsbefall und Fäulnis angegriffene Ständerfüße ersetzt werden. Für derartige Anschuhungen verwendet man meist

gerade oder schräge Hakenblätter, die durch Steckfalte gegen Verschieben gesichert sind. Oft wird die Verbindung mit einem Hartholzkeil geschlossen, was auch eine mögliche spätere Abnahme erleichtert (Abb. 13). Für die Erneuerung von abgebrochenen oder andersweitig geschädigten Verbindungen wird gerne ein besonders langer Zapfen verwandt, im Japanischen daher als Stabzapfen bezeichnet. So wurde

etwa an dem gezeigten Riegel der Kopf mit Hilfe eines doppelten Stabzapfens ersetzt, der hier durch vier Hartholzstifte gesichert wird (Abb. 14). Eine derartige Reparatur wäre an einem stark auf Biegezug belasteten Teil sicherlich problematisch, doch in diesem Fall lag der ergänzte Bereich in der Einhälsung eines Ständers. Ein Stabzapfen mit Sicherungsschrauben wurde auch für die Verlängerung einiger Roffen verwandt (Abb. 17).



Abb. 15

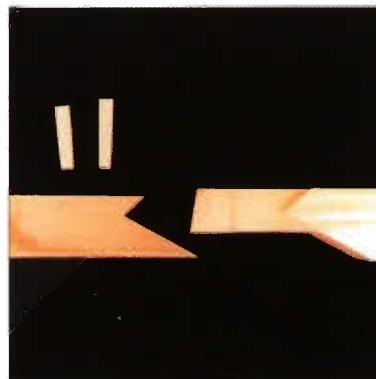


Abb. 16

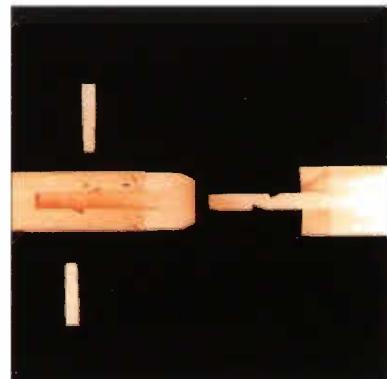


Abb. 17a-d



Abb. 16

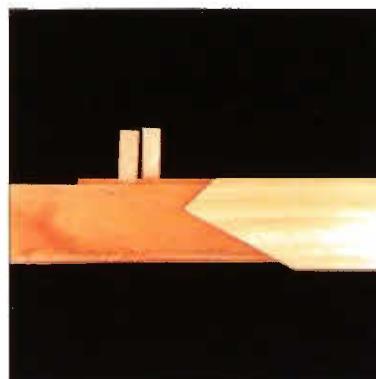


Abb. 17a-d

# Holzverbindungen

Häufig müssen aber auch zur Behebung eines außergewöhnlichen Schadens Verbindungen auf der Denkmalbaustelle neu erdacht werden. An einigen Verandadielen der Halle waren die Enden angefault. Hier half sich der Zimmermann durch eine Überblattung. Ein zweifacher Versatz verhindert ein seitliches Verschieben und der Sichelzapfen am Kopf sichert die Verbindung gegen Zug (Abb. 19).

An einer anderen Verandadiel kam eine Zapfenverbindung zum Einsatz. Der Stoß wurde hier kronenförmig abgesetzt, damit die Fuge später weniger auffällt (Abb. 18).

Für Breitenverbindungen an Ständern und Balken setzte man auf der Baustelle gerne Dübel und Gratleisten ein. Der hintere Teil des Riegels war stark befallen. Der Riegel wurde aufgetrennt, der



Abb. 18

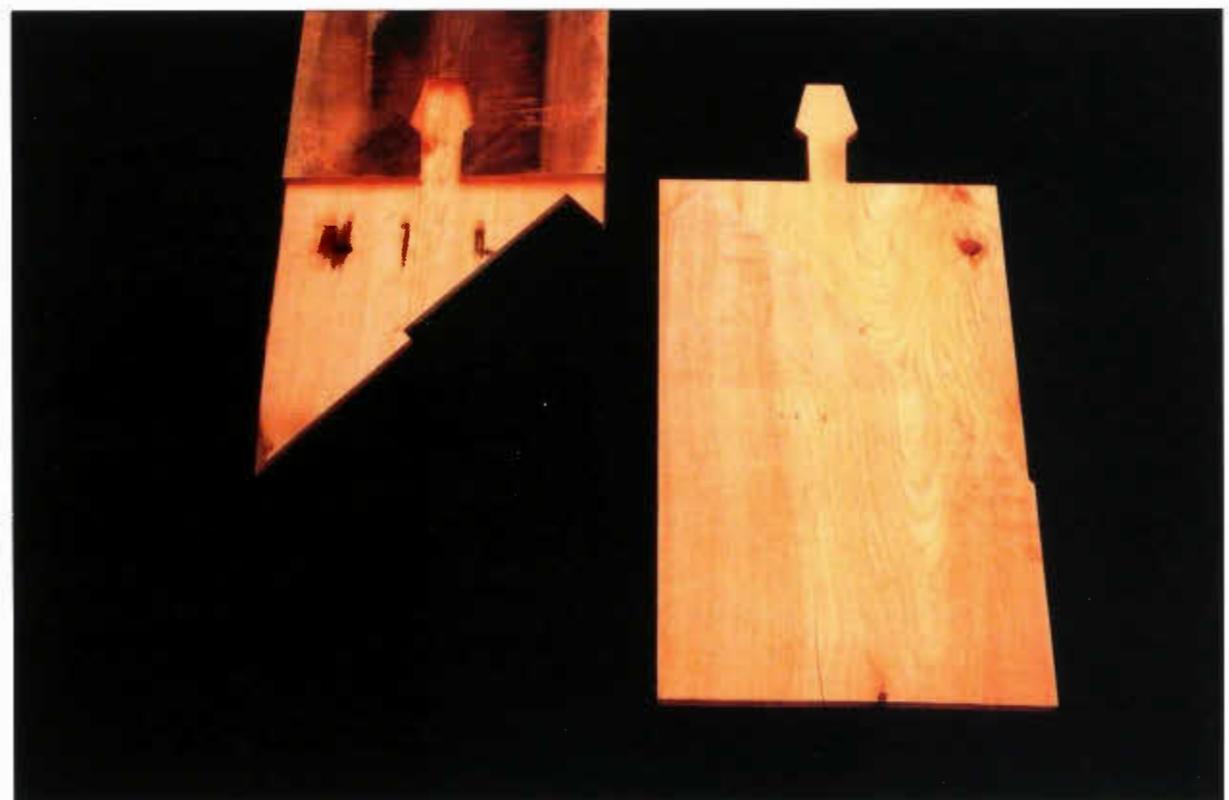


Abb. 19



Abb. 20

Abb. 18  
Ergänzung einer Verandadiele durch Verzapfung

Abb. 19  
Ergänzung einer Verandadiele durch Überblattung und Sichelzapfen

Abb. 20  
Dreistöckige Pagode des Nyoirinji, um 1385  
(Quelle: Nyoirinji, Kobe)

Abb. 21  
Reparaturen eines Kopfriegels durch Verdübelung und Gratleisten

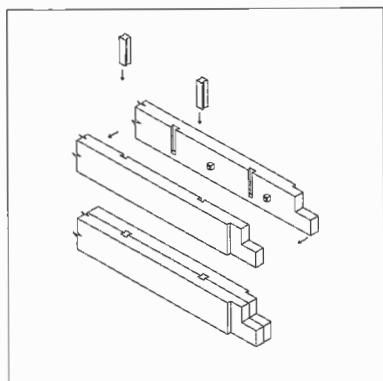


Abb. 21

geschädigte hintere Teil ergänzt und beide Hälften wieder zusammengefügt. Mehrere Dübel verhindern ein Verschieben, und kurze Gratleisten halten beide Hälften sicher zusammen (Abb. 21).

Von wenigen Ausnahmen, wie dem durch Stifte gesicherten Stabzapfen einmal abgesehen, findet man in Japan bei den Holzverbindungen die gleichen Grundformen wie in Europa. Durch Kombination von Grundformen entstand aber ein Variationsreichtum, der weltweit einmalig ist. Die hohe Präzision bei der Ausführung wurde und wird dabei durch die gut zu verarbeitenden Nadelhölzer sowie durch die hohe Qualität der Schneidwerkzeuge erleichtert. Die häufige Verwendung von Verblattungen und Verkämmlungen, die lediglich gesteckt und nicht zusätzlich durch Nägel gesichert sind, sowie das Schließen von Verbindungen mit Keilen und Stif-

ten machen deutlich, daß die traditionelle Architektur Japans leicht demonstriert werden kann. In der Geschichte seiner Architektur finden sich denn auch viele Belege dafür, daß selbst große Bauwerke abgetragen und an anderer Stelle wieder errichtet wurden.

# Holzverbindungen



## **Christoph Henrichsen – ein deutscher Tischlermeister in Japan**

Christoph Henrichsen absolvierte zunächst eine Lehre als Möbeltischler und arbeitete anschließend einige Jahre in Südwestdeutschland und England. Sein Interesse an Japan wurde schon zu Schulzeiten geweckt, als er zufällig bei einem in Deutschland ausgebildeten japanischen Geigenbauer japanische Holzbearbeitungswerkzeuge sah.

1987 bereiste er Japan für drei Monate per Rad, um sich selbst ein Bild von dem dortigen holzverarbeitenden Handwerk zu machen. Der Besuch in vielen Werkstätten zeigte ihm, daß es gerade in den hochspezialisierten Holzberufen kaum Nachwuchs gibt.

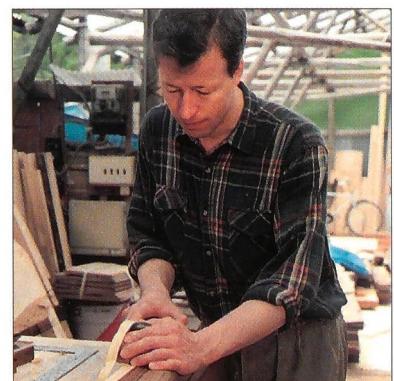
Henrichsen studierte schließlich Japanologie und Kunstgeschichte in

Köln und Tokyo. Nach Abschluß des Studiums und Ablegung der Meisterprüfung ebnete ein Promotionsstipendium der Japan Foundation den Weg zur Teilnahme an der Restaurierung einer als Nationalschatz geschützten 700 Jahre alten Tempelhalle in Koyasan.

Nach Ablauf des einjährigen Stipendiums wurde er vom Tempel bis zum Abschluß der Restaurierung als Zimmermann eingestellt. Es war das erste Mal, daß ein Ausländer langfristig an der Restaurierung eines japanischen Baudenkmals teilnehmen konnte.

Die Restaurierung von Baudenkämlern ist eine Nische, in der die traditionelle Holzbearbeitung fortlebt. Durch die praktische Arbeit unter dem Zimmermeister Nakao wurde er mit den japanischen Techniken der Restaurierung von Holzbauwerken vertraut, die für Europa etliche Anregungen bieten. Den dreijährigen Japanaufent-

halt nutzte Henrichsen dazu, eine Sammlung mit historischen Bauteilen aufzubauen. Einige dieser Bauteile und Anwendungen von traditionellen Verbindungen bei der Restaurierung von Holzarchitektur werden in der Exempla '99 gezeigt.

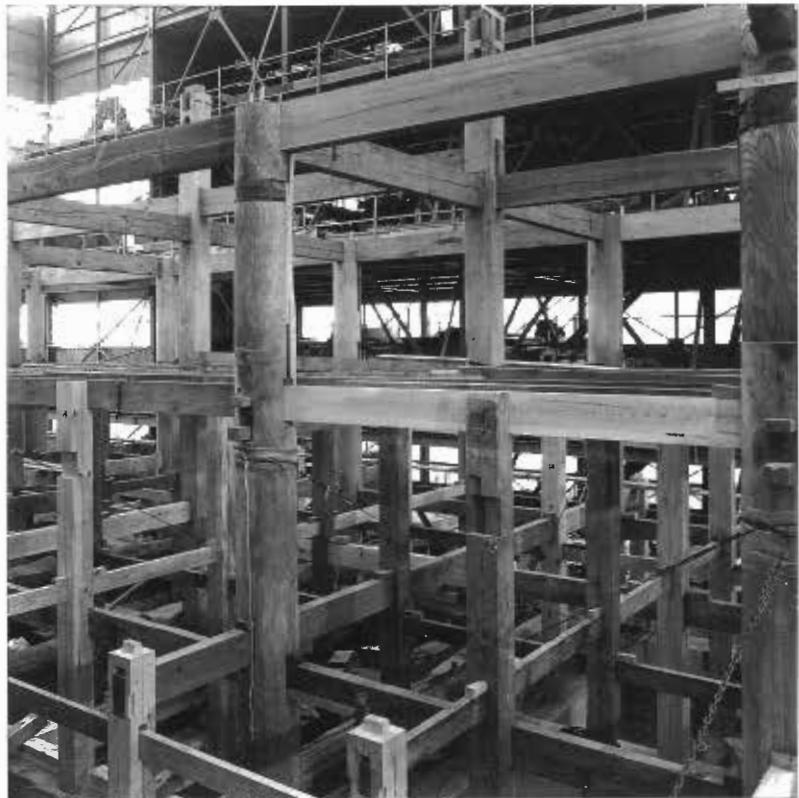


## Hiroo Nakao – ein japanischer Zimmermeister

Der 1939 in Koyasan geborene Hiroo Nakao ging mit fünfzehn bei seinem Vater für sechs Jahre in die Lehre. Der war bereits ein *miyadaiku* oder Zimmermeister für Schreine und Tempel, dem angesehensten unter den hochspezialisierten Holzberufen Japans. Die Ausbildung fiel in eine Zeit, in der noch ohne Handmaschinen gearbeitet wurde. Die Grundtechniken wie das Abziehen der Werkzeuge und das Putzen der Teile mit dem Hobel hat er so von früh an bis zu einer Perfektion verfeinert, wie man sie heute kaum noch findet.

Nakao hat auch nach seiner Lehre meist in der Gemeinde Koyasan gearbeitet, wo er mehrere Hallen, Schreine und auch Teehäuser errichtete. Der auf 900 m Höhe gelegene Ort geht auf eine Tempelgründung im neunten Jahrhundert zurück und ist seither Zentrum einer der großen buddhistischen Schulen Japans. Mit über 120 Tempeln gibt es neben den beiden alten Kaiserstädten Kyoto und Nara wohl keinen zweiten Ort mit einer derart hohen Dichte an alten Tempelbauten und buddhistischer Kunst. Auch heute werden hier Hallen und Pagoden gebaut, so daß die alten Bautraditionen ungebrochen fortwirken.

Von 1982 bis 1985 war Hiroo Nakao leitend an der Restaurierung des etwa 300 Jahre alten Großen Tores am Weststrand des Ortes beteiligt. Zwischen 1992 und 1995 rekonstruierte er nach erhaltenen Plänen die im Krieg abgebrannte Haupthalle des Tempels Shojō-in in der Hauptstadt der Präfektur. Der Bau dieser Halle war technisch besonders anspruchsvoll, denn die Ständer werden zu den Ecken hin länger und erfordern somit ein genaues



Anpassen der Kraggebälke.  
Hiroo Nakao führte dieses Projekt alleine durch, was in Japan, wo auch am Bau meist in Gruppen gearbeitet wird, eher etwas ungewöhnlich ist.

Nakaos jüngstes größeres Objekt war die Restaurierung der vor rund 700 Jahren errichteten Fudo-Halle, einem Bauwerk nationaler Bedeutung. Die aus gut 12 000 Teilen bestehende Halle wurde im Rahmen der Restaurierung weitgehend abgetragen und nach Reparatur und Austausch einiger Teile wieder aufgerichtet. Die Arbeitsweise von Hiroo Nakao besticht durch ihre Konzentration und Präzision. Gesprochen wird bei der Arbeit grundsätzlich nicht, und durch seine ruhigen Bewegungen scheint alles wie von selbst zu entstehen.

Das in der Exempla '99 von Hiroo Nakao und Christoph Hen-

richsen gebaute Kraggebälk zeigt Aufbau und Wirkungsweise der für Japans Sakralarchitektur typischen, weit vorspringenden Dächer, die den Bau wirkungsvoll gegen die hohen Niederschläge schützen.



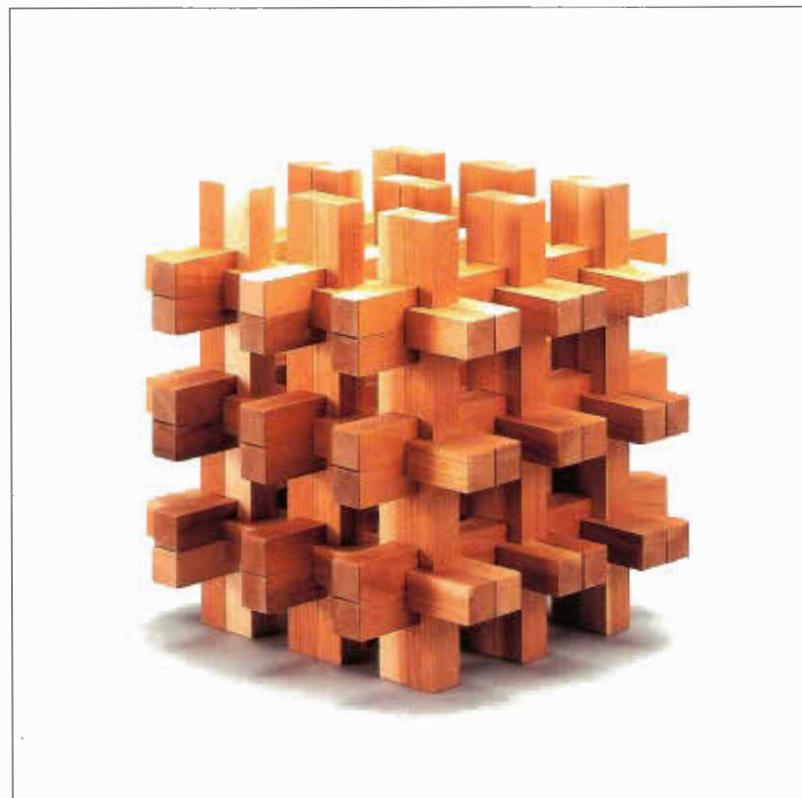
# Holzverbindungen

## Die Sammlung japanischer und europäischer Holzverbindungen von Wolfram Graubner

Die in der Exempla '99 ausgestellten konstruktiven Holzverbindungen aus Japan stammen aus der Sammlung von Wolfram Graubner.

Als die kleinsten Elemente, in denen sich die Gesamtheit der statischen und geometrischen Verhältnisse eines MöBELs, aber auch eines Hauses, widerspiegeln, hatten konstruktive Holzverbindungen schon immer die besondere Aufmerksamkeit von Wolfram Graubner auf sich gezogen. Graubner lernte handwerkliche und industrielle Holzverarbeitung im elterlichen Betrieb und an den Holzfachschulen Rosenheim und Bad Wildungen. Nach dem Abschluß zum Holztechniker studierte er Psychologie, Physiologie und Philosophie an den Universitäten Berlin, Bochum und Frankfurt. 1978 gründete er einen Holzbaubetrieb mit angegliederter Schreinerei in Herrischried im südlichen Schwarzwald.

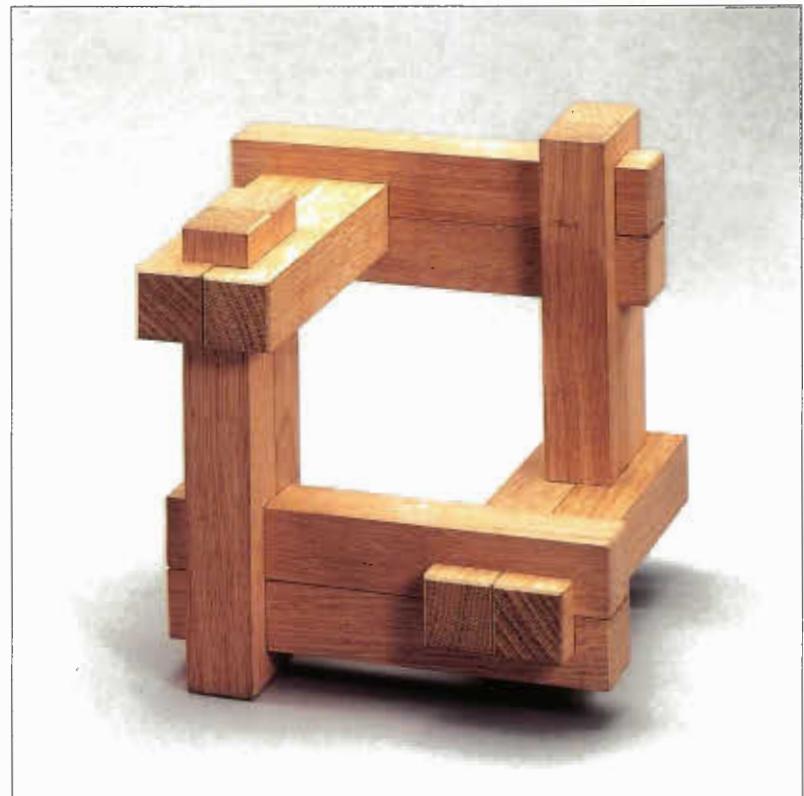
Mit der Arbeit im eigenen Betrieb begann er bestimmte Holzverbindungen zu sammeln und wissenschaftlich zu erforschen, wobei ihn vor allem die japanischen Holzverbindungen faszinierten. Das Interesse Graubners an der japanischen Kultur war zunächst über die japanische meditative Kampfsportart Aikido entstanden und wurde durch mehrere Besuche von Juho Roshi, einem Abt des Klosters Egenji, der wie viele Priester der Shinto-Religion eine Ausbildung als Zimmerer besaß, gefördert.



Der Austausch mit Fachleuten in Japan und Europa und einige wichtige Freundschaften halfen ihm, seine Kenntnisse zu erweitern. Vor allem Hugo Kükelhaus ist hier zu erwähnen, der bereits in den 30er Jahren in einem seiner kulturphilosophischen Bücher eine weitgespannte und umfassende Betrachtung der Holzverbindungen gab und seinen Nachlaß Graubner zur Nutzung überließ. Auch Professor Manfred Speidel, der in Japan im Fachbereich Architektur habilitierte, stellte Graubner wichtiges Anschauungsmaterial zur Verfügung. Die Professoren Kiyoshi Miyazaki von der Universität in Chiba und Kiyoshi Seike vom Technologischen Institut in Tokio, die Forschungen zu japanischen Holzverbindungen im Rahmen ihrer Institutionen durchführten und z.T. auch publizierten, lieferten dabei wertvolle Informationen.

Mit Hugo Kükelhaus und Fritz Gotthelf, dem ehemaligen Generalsekretär des Rates für Formgebung, entstand die Idee einer Ausstellung über europäische und japanische Holzarchitektur, die in München 1984 in der Galerie Handwerk der Handwerkspflege in Bayern präsentiert wurde. Der Zimmermeister Fumio Tanaka aus Tokyo sowie Mitarbeiter des Betriebes von Graubner und Auszubildende der Berufsfachschule München, die die Holzverbindungen nach japanischen Vorlagen herstellten, trugen wesentlich zur Realisierung der Ausstellung bei.

Die Ausstellung wurde Grundlage für das 1986 von Wolfram Graubner veröffentlichte Buch mit dem Titel „Holzverbindungen. Gegenüberstellungen japanischer und europäischer Lösungen“, das zwischenzeitlich in der 6. Auflage erschienen ist und zu einem Standardwerk geworden ist.



# Holzverbindungen

---

## **Studenten bauen einen Pavillon – Holzverbindungen als Lehrkonzept in der Architektenausbildung**

Dr. Klaus Zwerger,  
Technische Universität, Wien

Im Sommersemester 1997 unternahmen wir an der Abteilung für Architektonische Gestaltungslehre der Technischen Universität, Wien, mit einer Gruppe interessierter ArchitekturstudentInnen ein Experiment. Im Rahmen einer Entwurfsübung war das Thema „Kleinarchitektur – zur Ästhetik des konstruktiven Details in Holz“ zu bearbeiten. Von Anfang an waren die StudentInnen darauf vorbereitet, daß einer der Entwürfe in Gemeinschaftsarbeit realisiert werden sollte. Das heißt: gefordert war nicht nur die Entwurfsarbeit mit den laufenden Korrekturterminen, die Anfertigung von Präsentationsplänen und die Herstellung eines Präsentationsmodells, sondern die Bereitschaft zur handwerklichen Ausführung im Maßstab 1:1.

Das Verlassen ausgetretener Pfade birgt so manche Tücke. Zum Glück für das Projekt haben wir den damit verbundenen organisatorischen Aufwand unterschätzt. Es wäre sonst nicht zustande gekommen. Woran wir sehr wohl von Anfang an mit Unbehagen dachten, war der Zeitpunkt, zu

dem den StudentInnen klar würde, auf welchen Arbeitsaufwand sie sich eingelassen hatten. Im schlimmsten Fall hätten wir die Übung abbrechen und das Experiment als gescheitert betrachten müssen. Zum Glück trat der gegenteilige Fall ein.

Der Angstschweiß manches blutigen Anfängers vor den Folgen eines falschen Handgriffs, eines falschen Maßnehmens fand seine ausgleichende Entsprechung in den vielen unruhigen Stunden des Betreuers, ob das Wagnis des Unternehmens gelingen würde. Nahezu 2000 Arbeitsstunden (dies ist kein Maßstab für Fachkräfte, sondern Beweis für den Einsatz- und Arbeitswillen mancher StudentInnen) leisteten vier Frauen und sieben Männer, die mit Ausnahme eines ausgebildeten Tischlermeisters alle Laien sind, in der Ferienzeit, an vielen Wochenenden und oftmals bis spät in die Nacht. Auch Wolfgang Mayr, dessen Entwurf wir für die Realisierung ausgesucht hatten, ist Laie. Früh ist damit für ihn der Wunsch jedes Architekten in Erfüllung gegangen – nicht nur für die Schublade gezeichnet zu haben. Die vielleicht schönste Anerkennung war, als wir den Pavillon im Barockgarten des Stifts Melk aufstellen konnten. Zum Leidwesen der Veranstalter der Exempla sollte er dort nicht mehr demontiert werden, um ihn in Mün-

chen aufzubauen. Von seiner Ausführung her wäre das kein Problem gewesen. Das konstruktive Skelett besteht ausschließlich aus gesteckten Verbindungen. Gengelt ist die Dachdeckung und der Boden. Die Veranstalter waren von dem Pavillon so beeindruckt, daß sie ihn unbedingt nachbauen wollten. Wir fühlen uns geehrt.

Das kleine Holzbauwerk, das wir errichtet haben, drängt die Frage nach der Zeitgemäßheit der vorgestellten Lösung zur geforderten Aufgabenstellung auf. Darf man an einer Technischen Universität eine Übung mit der Herstellung alter Zimmermannsverbindungen bestreiten? Wenn die Universität ihre Aufgabe darin sieht, die StudentInnen nur mit den neuesten Technologien vertraut zu machen, dann hat die von uns durchgeführte Übung tatsächlich keine Berechtigung.

Wir haben schon lange Technologien am Markt, die wesentlich ökonomischer mit dem Holz umgehen, als wir es hier vorführten. Die Herstellung einer traditionell handwerklichen Holzverbindung reduziert den Querschnitt aller Hölzer, oft in erheblichem Ausmaß, und wirkt sich so auf das statische Zusammenwirken des ganzen Bauwerks im Wortsinn einschneidend aus. Dies ist grundsätzlich einmal ein Nachteil. Man kann sich dieses Nachteils



# Holzverbindungen

ganz leicht entledigen, indem man die Thematik als überholt ad acta legt. Man kann sich aber auch den Kopf zerbrechen, ob es nicht Ansprüche an ein Bauwerk geben kann, die unsere Übung rechtfertigen. In jedem Fall erfordert das viel Erfindungsgeist im Erinnern von Holzverbindungen, die zwar ebenfalls die Querschnitte schwächen, aber so geschickt angelegt sind, daß die statische Schwächung des Gefüges nicht der des Holzquerschnitts entspricht. Das kostet Zeit, viel Übung und viel Wissen um das Material. Geht dieses Wissen schon Fachleuten mangels entsprechender Aufgaben zunehmend verloren – woher sollten es die StudentInnen nehmen? In Quellen zu historischen Bauwerken bzw. an diesen selbst sind wir auf der Suche nach Inspirationen für eine optimale Lösung fündig geworden. Unser Problem war kein neues. Neu war nur die Umsetzung.

Will sich der Architekt vom Handwerker nicht zum bloßen Ideenlieferanten degradieren lassen, muß er über das von ihm eingesetzte Material in einem gewissen Ausmaß Bescheid wissen. Und der Handwerker wird froh sein, wenn er nicht mit unlösbarsten Aufgabenstellungen konfrontiert wird. In Vorlesungen werden die StudentInnen großzügigst mit theoretischem Wissen ausgestattet. Die schuli-



sche Vermittlung von Merksätzen, Tabellen und Normen kann aber nur da Früchte tragen, wo sie zumindest einen Bodensatz praktischer Erfahrung aufzurühen imstande ist. Ausschließlich theoretisches Wissen bleibt Halbwissen.

Eine solche Übung, wie die hier vorgestellte, soll den Studierenden diesen Umstand bewußt machen. Aber sie soll ihm auch helfen, dieses Manko zu überwinden. Sie soll ihm helfen, das von ihm bearbeitete Material in seinem Bearbeitungswiderstand kennenzulernen. Ein Material, das man gestaltend formen will, muß man begriffen haben. Begreifen kann man ein Material aber erst dann, wenn man es tatsächlich in die Hand nimmt und seine Eigenschaften im mühevollen Bearbeiten erfährt. Säge, Stechbeitel und Hammer erlauben zumal dem Laien keine nach heutigen Maßstäben perfekte Arbeit, aber sie

gewährleisten in wenigen Wochen eine intensivere Auseinandersetzung mit Holz als es seine jahrelange Bearbeitung mit Maschinen vermag. Im Schneiden traditioneller Zimmermannsverbindungen wird eine Vielzahl der spezifischen Materialeigenschaften augenfällig erlebbar. Das dabei erworbene Wissen setzt Grenzen, aber öffnet auch den Blick für Gestaltungsmöglichkeiten, die nur aus der Kenntnis des Materials entwickelt werden können.

Die Aufgabenstellung „zur Ästhetik des konstruktiven Details“ spiegelt also durchaus eine suggestive Absicht wider. Das In-den-Mittelpunkt-Stellen des konstruktiven Details sollte die Entwicklung einer Architektur herausfordern, die Holz als Baustoff nicht nur benutzt, um einer zeitgeistigen Strömung Rechnung zu tragen. Ziel war nicht eine Zurschaustellung handwerk-



## Holzverbindungen als didaktisches Konzept in der Zimmererausbildung

Ein Gespräch mit dem Ausbilder Wolfgang Weigl

Der Zimmermeister Wolfgang Weigl ist seit sechs Jahren Ausbildungsleiter der Zimmerer-Innung München. Eine Gruppe von Zimmerlehrlingen baut unter seiner Anleitung in der Zeit der Exempla '99 den Holzpavillon nach, der von Wolfgang Mayr an der TU Wien entworfen wurde.

**Herr Weigl, wie kommt es, daß Sie hier mit Lehrlingen diesen Holzpavillon errichten?**

Die Zimmererlehrlinge kommen im 2. und 3. Lehrjahr in die Berufsbildungsstätte der Bau-Innung München zur Überbetrieblichen Lehrlingsunterweisung und werden von mir in mehreren, 14tägigen Blöcken ausgebildet. Es ist mir ein großes Anliegen, die Ausbildung praxisnah zu gestalten und deshalb führe ich, wenn es sich mit dem Ausbildungsinhalt vereinbaren läßt, gerne mit den Lehrlingen Projekte wie dieses durch. Die Lehrlinge sollten immer Dinge anfertigen, die etwas Ganzheitliches darstellen und wirklich verwendet werden können, und nicht Brennholz herstellen. Für mich bedeutet das natürlich einen erhöhten privaten Einsatz, der sich aber lohnt,

wenn ich beobachte, wie diese Arbeiten die Motivation der Lehrlinge fördert.

Für die Exempla arbeiten wir fast jedes Jahr. Oft werde ich auch zu Projekten gebeten, die das Zimmerhandwerk darstellen sollen. So haben wir z. B. auf der letzten Heim und Handwerk in der Sonderausstellung Holz einen Aussichtsturm gebaut, der jetzt im Frühjahr für die Landesgartenschau in Memmingen aufgestellt wird.

**In welchen Bereichen werden die Zimmererlehrlinge von Ihnen ausgebildet?**

Die Aufgabe der Überbetrieblichen Lehrlingsunterweisungen ist, Inhalte zu vermitteln, die die Betriebe und die Berufsschule meist aus zeitlichen Gründen nicht in dem Maße, wie es notwendig ist, erfüllen können und den Lehrling gut auf die Gesellenprüfung vorzubereiten. Beispielsweise wird in der Gesellenprüfung relativ viel Handarbeit verlangt, die im Betrieb aber meistens nur wenig geübt werden kann. Extrem ist das, wenn der Ausbildungsbetrieb vor allem Trockenbauarbeiten ausführt oder mit einer Abbundstraße arbeitet und der Lehrling fast nur noch montiert. Auch die Arbeit am Computer ist in der Regel dem Meister oder dem Vorarbeiter vorbehalten. Die „ÜLU“ wird von den Betrieben finanziert, damit sie die Ausbildungslücken schließt, und

licher Fähigkeiten, wie sie uns so oft im traditionellen Holzbau begegnen, Ziel war auch nicht eine Werkstoffprüfung, die in der Art einer Leistungsschau die Grenzbelastung des Materials austestet.

Wir wollten zeigen, daß es Beispiele gibt, die einen Rückgriff auf traditionelle Holzverbindungen begründen können. Im intelligenten Ausnützen der Holzeigenschaften sollten im Material gedacht die statischen und konstruktiven Problemstellungen ästhetisch ansprechend und anspruchsvoll gelöst werden. Dem Betrachter erschließt sich unbewußt der klare konstruktive Aufbau, dem Fachkundigen liegt er logisch vor Augen. Er versteht etwa sofort, warum dank der gewählten Verbindungen eine Diagonalaussteifung nicht notwendig ist; eine Diagonalaussteifung, die das Raumlebnis im Pavillon erheblich verändert hätte.

# Holzverbindungen

---

die Betriebe schätzen die Ausbildung, die wir hier leisten, da sie realitätsnah ist und die Lehrlinge hier viel lernen.

Am Anfang der „ÜLU“ steht immer der Maschinenkurs, der der Arbeitssicherheit eine solide Grundlage geben soll, dann geht es um traditionelle Holzverbindungen und das Aufreißen, Anreißen und Ausarbeiten von Holzkonstruktionen. Es wird auf der Zeichenplatte im kleinen Maßstab gezeichnet und auf dem Reißboden im Maßstab 1:1 aufgerissen. Nach diesen Vorlagen wird das Holz angerisen. Konstruktive Details werden im großen, realitätsnahen Maßstab, Dachstuhlmodelle im kleinen Maßstab ausgearbeitet.

Später lernen die Lehrlinge den rechnerischen Abbund mit Hilfe der Lehrsätze von Pythagoras und mit den Winkelfunktionen. Das wirklich verstanden zu haben, ist z. B. eine Voraussetzung, um später Eingabefehler am Computer rasch erkennen zu können. Da es ganz anders ist nach einer geploteten Vorlage zu arbeiten, als nach einem gezeichneten Plan, wird auch das in der „ÜLU“ geübt.

Bei dem Holzpavillon werden traditionelle konstruktive Holzverbindungen verwendet. Welchen Stellenwert haben diese Verbindungen in der Ausbildung, die die Lehrlinge bei Ihnen erfahren?

Am Anfang der Ausbildung geht es zuerst einmal darum, den Lehrlingen ein Gefühl für das Material Holz und die Zimmermannswerzeuge zu geben. Das gelingt am besten, wenn sie traditionelle Holzverbindungen herstellen. Die Lehrlinge arbeiten beispielsweise mit einer Handsäge direkt am Holz. Dabei erfahren sie, daß ein scharfes Werkzeug die halbe Arbeit ist und wie sie mit dem Holz umgehen müssen, um ein Ausbrechen oder Absplittern von Holzstücken zu vermeiden.

Wenn das Bauholz nicht mit einer Abbundanlage bearbeitet wird, arbeiten Zimmerer heute fast nur noch mit Handmaschinen. Meistens wird mit der Motorsäge oder der elektrischen Säge gesägt, auch wenn es manchmal viel weniger aufwendig wäre, einen Schnitt schnell mit einer scharfen Handsäge zu sägen. Bei der Bearbeitung des Holzes mit Handwerkzeugen können die Lehrlinge ein Gefühl für das Material entwickeln und die Freude an der Handarbeit entdecken. Und wenn eine Holzverbindung paßt, ist das wirklich ein Erfolgsergebnis für den Lehrling! Viele der Lehrlinge identifizieren sich erst bei dieser Arbeit mit dem Material und ihrem Handwerk.

Das heißt ja, daß Sie den Lehrlingen wirklich Grundlegendes an Hand der traditionellen Holz-

verbindungen vermitteln können, was auch über Material und Werkzeug hinausgeht.

Die Identifikation mit dem Beruf ist wirklich notwendig, um ihn gerne auszuüben und auch später überzeugend zu vertreten. Marketing findet auch auf der Baustelle statt, und es sind meistens die Gesellen, die Rede und Antwort stehen müssen. Zur Identifikation gehört übrigens auch die berufständische Kleidung, die die Lehrlinge gerne und auch stolz tragen.

**Zurück zu den konstruktiven Holzverbindungen: Welche traditionellen Verbindungen werden denn von den Lehrlingen hergestellt?**

Das sind alle üblichen Verbindungen, wie die verschiedenen Zapfenverbindungen, Überblattungen, Verkämmpungen und Versätze. Sie vermitteln sehr deutlich, wie wichtig es ist, den Faserverlauf zu beachten und in welchen Richtungen Holz Kräfte aufnehmen kann. Die Lehrlinge stellen sie sowohl mit der Hand als auch mit der Maschine her. Wenn der Lehrling diese konstruktiven Verbindungen verstanden hat, weiß er sehr viel über sein Material, so daß er dann z. B. auch eine Holzstütze immer so setzen wird, wie das Holz gewachsen ist, und sie nie mals auf den Kopf stellen wird.

Die alten Verbindungstechniken basieren auf jahrhundertelangen Erfahrungen. In unserem Jahrhundert wurden sie nicht weiterentwickelt, sondern man hat ab ca. 1950 viele durch Verbindungen mit Metallteilen ersetzt, was oft sehr zeitsparend und damit wesentlich rationeller ist. Viel Wissen über die alten Techniken ist in den letzten Jahrzehnten verlorengegangen. Alte Handwerksmeister könnten noch anknüpfen, aber das Interesse ist nicht mehr da, außer es betrifft die Zimmererarbeit im Bereich der Denkmalpflege.

Ganz anders war die Entwicklung in Japan und China, weshalb wir heute viele Anregungen aus dem Osten aufnehmen können.

In diesem Zusammenhang muß man auch etwas zu den Werkzeugen sagen, die wir verwenden. Japanische Qualität ist heute der gefragte Standard für Handwerkzeuge. Bei uns in Europa wurden fast alle Handwerkzeuge des Zimmerers durch Handmaschinen ersetzt. Diese wurden weiterentwickelt und verbessert, die Handwerkzeuge dagegen nicht. Heute haben wir nicht mehr die Schmiedemeister, die hochqualitative Werkzeuge wirtschaftlich herstellen. Deshalb arbeiten wir unter anderem auch mit Werkzeugen aus dem Ausland. Das sind z. B. Sägen aus Japan, Stemmisen aus Japan und aus der Schweiz,



Handbeile aus Schweden, Hobel aus England und Amerika. Außerdem bedeutet das Umgehen mit diesen Werkzeugen für die Lehrlinge auch eine Horizonterweiterung, die sie hier in der Ausbildung erfahren können.

**In welchen Bereichen werden traditionelle Holzverbindungen heute im Zimmererhandwerk angewendet?**

Holzverbindungen sind in der Regel mühsam und aufwendig herzustellen und werden meistens nur angewendet, wenn es die Ästhetik verlangt. Der offene Dachstuhl ist dafür ein typisches Beispiel. Dabei soll nur Holz zu sehen sein und kein Metall, wobei aber oft bei innenliegenden Verbindungen wieder mit Schlitzblechen o. ä. gearbeitet wird.

Blockhäuser werden traditionell nur mit Holzverbindungen gebaut.

Den heutigen Anforderungen an den Wärmedschutz entspricht ein Blockhaus jedoch nur mit zweischaligem Wandaufbau. In der Holzarchitektur ist heute der Holzrahmenbau der modernste Stand der Technik. Die konstruktive Verbindung geschieht hier mit Hilfe von Verbindungsmitteln aus Metall, d. h. mit Nägeln, Schrauben und Blechformteilen.

Reine Holzverbindungen haben auch ihre Belastungsgrenzen, die teilweise durch Harthölzer gesteigert werden können, wobei das bei Kleinarchitekturen wie Einfamilienhäuser noch keine Rolle spielt. Für so herausragende Holzarchitekturen wie die Stabkirchen in Skandinavien oder die Holztempel in China und Japan wurde unter großem Aufwand Holz gesucht, das von der Qualität und Dimension her die Belastung aushalten konnte. Heute eröffnen verleimte Konstruktionen neue Dimensionen in der Holzarchitektur.