

# Metallverbindungen

---



---

## **Die Gestaltungskraft geschmiedeter Metallverbindungen**

Ein Gespräch mit dem Kunstschmied Manfred Bergmeister

Manfred Bergmeister leitet in Ebersberg, im Osten von München, eine große Kunstschmiede, in der hauptsächlich mit den traditionellen Schmiedetechniken gearbeitet wird. Gerade damit hat sich dieser Betrieb einen Namen gemacht, und es sind immer gestalterisch überzeugende Metallarbeiten, die diese Werkstatt verlassen. Die in der Exempla '99 gezeigten Verbindungen sind Details schmiedeeiserner Gitter der Bergmeister-Kunstschmiede. Außerdem ist ein großes geschmiedetes Gittertor von Manfred Bergmeister ausgestellt.

**Herr Bergmeister, welche Schmiedearbeiten werden in Ihrer Kunstschmiede vorrangig angefertigt?**

Das sind die üblichen Schmiedearbeiten, also vor allem Gitter wie Gartentore, Toranlagen, Gittertüren und Zäune, aber auch Portale.

Im Bereich der Kirchengestaltung werden von uns Lüster und Pendelleuchten, Altäre, Leseplatte, Tabernakel, Inschriften, Grabkreuze und auch Hochkreuze hergestellt. Wir arbeiten auch viel im Bereich der freien Plastik, was ungewöhnlich für eine Kunstschmiede ist, da sie traditionell eher im angewandten Bereich bleibt.

**Welche sind die wichtigsten Verbindungstechniken, die in Ihrer Werkstatt zur Anwendung kommen?**

Die Lochung, das Nieten und das Bünden, das sind die Verbindungstechniken, mit denen der Kunstschmied hauptsächlich arbeitet. Schon vor Hunderten von Jahren waren das die wesentlichen konstruktiven und gestalterischen Techniken der Schmiede und das sind sie auch heute noch. Auch der Arbeitsablauf ist noch immer derselbe: das Material muß zunächst erwärmt werden, da es nur in warmen Zustand bearbeitet werden kann, d. h., es wird im Schmiedefeuer auf ca. 1200 Grad erhitzt, so daß es fast weißglühend und formbar ist. Mit dem Hammer, verschiedenen Meißeln, Dornen und Gesenken wird das Werkstück auf dem Amboß in die gewünschte Form geschmiedet. Das Werkzeug muß immer auf das Werkstück bzw. auf den Entwurf abgestimmt sein, d. h. also, daß zuerst der Entwurf entsteht,

dann der Schmied sich das entsprechende Werkzeug anfertigt, mit dem er den Entwurf ausführen kann. Das Werkzeug ist aus härterem Material, aus einem qualitativ volleren Stahl, als das Schmiedeteil und muß während der Arbeit immer wieder im Wasser abgekühlt werden.

**Wie funktioniert eine Lochung, und wie wird sie hergestellt?**

Mit dieser Technik werden zwei Stäbe verbunden, indem ein Stab gelocht und der andere Stab durch die Lochung hindurchgesteckt wird. Die Lochungen und damit die Kreuzungsstellen der Stäbe müssen bei einem Gitter exakt sitzen. Deshalb zeichnet man die Lochungsstelle auf dem Stab zuerst mit einem Körner an. Dann wird das Material erhitzt und mit einem Lochmeißel gespalten. Der Lochmeißel hat eine besondere Form, um die Materialstruktur nicht zu verletzen. Er ist nicht nur unten scharf, sondern auch an den beiden Seiten. So entsteht beim Schlagen eine ovale Form. Die Größe des verwendeten Lochmeißels hängt natürlich von der Stärke des Materials und der Größe des endgültigen Loches ab.

Da die Lochung am Schluß genau den Querschnitt des Stabes, der durchgesteckt werden soll, haben muß, weitet man anschließend den Spalt mit einem entsprechend

# Metallverbindungen



Lochen und Nieten

großen Rund- oder Vierkantorn. Wenn der ebenfalls erhitzte Stab eingesteckt und das Material wieder abgekühlt ist, halten sich beide Stäbe gegenseitig ohne weitere Befestigungsmittel.

Ein wichtiger konstruktiver Aspekt dieser Technik ist, daß das Lochen – im Gegensatz zum Bohren – das Material nicht schwächt, weil hier kein Material weggenommen, sondern nur verdrängt wird. Durch diese Verformung des Materials entsteht an der Kreuzungsstelle eine Verdickung, die gestalterischen Wert hat und die Gesamtgestaltung eines Gitters wesentlich bestimmt.

## Wie ist der Arbeitsablauf bei der Technik des Nietens?

Diese Verbindungstechnik wird ebenfalls sehr häufig bei Gittern angewendet. Überkreuzte Stäbe können auf diese Weise miteinander verbunden oder Stabendenden am Rahmen befestigt werden. Beide Teile müssen zuerst gelocht oder gebohrt werden. Die Nieten mit einem geschmiedeten Kopf wird durchgesteckt und auf der Rückseite vernietet.

Es gibt die unterschiedlichsten Nietköpfe, die entweder frei oder mit Formstücken gearbeitet werden. Die Rundniete wird mit einem Nietmeißel, eine Fünf-Schlag-Niete eben mit fünf Schlägen geformt.

Nietköpfe sind immer auch gestalterisches Element einer Schmiedearbeit, und es gibt hier wirklich unbegrenzte Möglichkeiten.

Eine besondere Form der Niete ist die Spaltniete, die aus dem Stabende eines Rundeisens hergestellt wird. Dazu werden das Rundeisen nach der Kreuzungsstelle gespalten und beide Enden zum Querstab hin umgebogen.

## Was muß man sich unter Bunden vorstellen, und wann wird diese Technik angewendet?

Beim Bunden werden – wie der Name schon sagt – Einzelteile zusammengebunden. Das ist eine Technik, die man gerne benutzt, wenn sich rund gebogene Teile, geschwungene Stäbe oder Ringe berühren und miteinander befestigt werden sollen. Die Bundeisen werden in einem Gesenk geschmiedet, wobei es wichtig ist, daß eine Seite flach gearbeitet ist. So kann das Bundeisen in einer möglichst großen Fläche auf den Stäben aufliegen und sie gut umschließen. Ein Rundbund hat deshalb den Querschnitt eines Halbkreises. Häufig werden auch Profilbunde verwendet, die dekorativ wirken, aber es gibt auch unauffällige Flachbunde.

Wenn das Bundeisen hergestellt ist, wird es abgelängt, also in der nötigen Länge abgeteilt, und

natürlich in warmen Zustand um die Stäbe geschlagen. Die Enden können entweder stumpf aneinandergelegt sein, sich flach überlappen oder sich mit ausgeschmiedeten Spitzen berühren. Da sich das Material beim Erkalten zusammenzieht, umschließen die warm umgelegten Bunde die Stäbe am Ende sehr fest.

## Verwenden Sie auch das Schweißen als Verbindungstechnik bei der Herstellung von Gittern?

Das Schweißen wird seltener eingesetzt, aber wir haben auch schon Gitter angefertigt, die ihre gestalterische Wirkung durch dekorative Schweißnähte erhalten. Meist sind das eher von der Fläche bestimmte Gitterentwürfe.

## Worin liegt für Sie die Bedeutung der Verbindungstechniken?

Wenn ich als Kunstschmied ein Gitter entwerfe, habe ich während des Zeichnens immer die Technik im Kopf, mit der dieses Gitter konstruiert und auch gestaltet werden soll. Die Verbindungstechniken fließen ganz automatisch in den Entwurf ein und bestimmen ihn auch formal. Mit den drei Techniken, der Lochung, dem Nieten und dem Bunden, die immer ihre konstruktive Funktion und Berechtigung haben, stehen mir unendliche Möglichkeiten der



Bunden

Formgebung offen. Geschmiedete Verbindungen haben eine große gestalterische Wirkung, die oft durch andere Schmiedetechniken wie Spalten, Stauchen, Einziehen und Aufdornen oder aufgesetzte Zierteile zusätzlich betont werden. Die Konstruktion bleibt aber immer ablesbar.

### Die Kunstschmiede Bergmeister in Ebersberg

Der Kunstschmied Manfred Bergmeister steht heute gemeinsam mit seinem Bruder German Larasser einem dreiteiligen Unternehmen vor, dessen Mittelpunkt die 1954 von ihnen gegründete Kunstschmiede in Ebersberg ist. Im Jahr 1992 wurde die Bergmeister Metallbau GmbH und die Bergmeister Leuchten GmbH ins Leben gerufen. Die Kontinuität der Bergmeister-Betriebe wird durch Mathias Larasser fortgeführt, der neben der Meisterprüfung auch das Diplom der Kunstakademie und den Betriebswirt im Handwerk absolviert hat. 65 Mitarbeiter sind in den Betrieben heute beschäftigt. Die Aufgaben der Unternehmensleitung sind klar verteilt, German Larasser obliegt die Werkstattleitung, Manfred Bergmeister die Aquisition und gestalterische Leitung.

Manfred Bergmeister lernte das Kunstschmiedehandwerk ab 1946

bei Professor Karl Nowak, dem Leiter der Metallwerkstätte an der damaligen Kunstgewerbeschule in der Münchner Luisenstraße. Nowak hatte großen Einfluß auf ihn – wie Bergmeister auch heute noch betont. Sowohl die Begeisterung für das Schmiedehandwerk als auch den hohen Anspruch an handwerkliche Präzision, Gestaltung und Materialästhetik vermittelte ihm Professor Nowak. Nach der Gesellenprüfung wurde Bergmeister in Nowaks Meisterklasse aufgenommen. 1955 absolvierte er die Meisterprüfung.

Wichtig für die Herausbildung der eigenen Formgebungssprache in der Gestaltung der Kunstschmiedearbeiten war in den 60er Jahren auch die Begegnung mit Dr. Herbert Hofmann, dem damaligen Leiter der Handwerkspflege in Bayern und Mitbegründer des Deutschen Werkbundes in Bayern nach dem Krieg. Bergmeister wurde von ihm damals in vielen Gestaltungsfragen intensiv beraten. Die Formgebungsprinzipien des Werkbundes sind bis heute in vielen Arbeiten Bergmeisters zu erkennen, ob im Gesamterscheinungsbild eines Werkes oder im Detail einer Türangel, eines Schlosses, eines Griffes oder einer Metallverbindung.

Bereits in den 60er Jahren arbeitete Bergmeister mit bekannten Architekten wie Hilmer, Sattler oder

von Branca zusammen. Schmiedearbeiten stehen meistens im architektonischen Kontext und von daher ist eine enge Zusammenarbeit mit Architekten, Denkmalpflegern, Bauherren oder Kirchenräten gefordert, die Bergmeister mit seiner Professionalität, seinem gestalterischen Können und seinem Engagement überzeugend erfüllt.

Im Laufe von über 40 Jahren beruflicher Tätigkeit sind die Arbeiten der Bergmeister-Betriebe heute weit verstreut zu finden. Das sind so bekannte Arbeiten wie das „Wüstentor“ in El Alamein von 1985 oder das 15 m hohe geschmiedete Kreuz auf dem Soldatenfriedhof Malime auf Kreta und daneben unzählige andere Skulpturen, Gitter oder Arbeiten für kirchliche Ausstattungen. Eine der größten Leistungen der letzten Jahre sind die 1996 fertiggestellten Gitter des Liebfrauentums in München.

Die jüngste große Auszeichnung war der Oberbayerische Kulturpreis, den Manfred Bergmeister 1997 für seine Arbeit erhielt.



# Metallverbindungen

## Schweißverbindungen im Metallbau

Ein Gespräch mit dem  
Schweißfachmann Helmut  
Schiegl



Schweißverbindungen sind äußerst belastbare Verbindungen, die im Stahlbau für die verschiedensten Konstruktionen angewendet werden. In der Exempla '99 werden moderne Schweißtechniken am Beispiel einer Achterbahnschiene, einer Brückendehnungsfuge und eines Kaminrohrs der Firma Maurer Söhne, München, vorgestellt.

**Herr Schiegl, auf die Belastbarkeit von Achterbahnkonstruktionen möchte sich jeder gerne verlassen. Das ausgestellte Schienenteil kommt aus der Forschung. Was wurde getestet?**

Achterbahnen werden von der Firma Maurer Söhne seit 1993 gebaut. Normalerweise fährt der Wagen auf den Schienen. Es wird jetzt eine neue Variante erprobt, bei der der Wagen unter den Schienen hängt. Das Schienenteil, das in der Exempla '99

zu sehen ist, wurde zwei Wochen lang in einem Dauerschwingversuch geprüft. Eine Achterbahn ist extremen Belastungen ausgesetzt. Den Schwingungen, die bei Betrieb entstehen, müssen die konstruktiven Verbindungen auf Dauer standhalten. In dem Dauerschwingversuch wird deshalb auch die Dauerfestigkeit der Schweißnaht geprüft. Das Ergebnis war zufriedenstellend, und so kann diese neue Konstruktion nun in die Produktion gehen.

**Welche Schweißtechnik wurde bei dieser Schiene angewendet?**

Die Achterbahnschienen sind verschweißt mit der Technik des Metall-Aktiv-Gas-Schweißens, was kurz MAG-Schweißen genannt wird. Das Gas schützt das Schweißschmelzbad, indem es das Eindringen der Atmosphäre verhindert – Sauerstoff würde zu Schweißnahtfehlern führen. Das

MAG-Schweißen ist die Technik, die in unserem Werk bei 90 Prozent der Schweißarbeiten angewendet wird.

Wenn die Naht genauso belastbar sein soll wie der Grundwerkstoff, was natürlich bei einer Achterbahnschiene gefordert ist, müssen die Blech- bzw. Profilquerschnitte voll verschweißt werden. Das geht nur mit einer entsprechenden Schweißnahtvorbereitung. Dazu werden die Kanten der Metalle angefast, also abgeschrägt, so daß zwei Grate aufeinandertreffen, die dann von beiden Seiten MAG-geschweißt und zu 100 Prozent verbunden werden können.

**Mit Hilfe welcher Schweißtechniken werden Brückendehnungsfugen hergestellt?**

Das ist in erster Linie auch das MAG-Schweißen. Ausgangs-



material sind Profile, die auf die benötigten Maße zugeschnitten werden, und Bleche, aus denen die Formen mit der Brennschneidemaschine oder mit der Plasmaschneidemaschine ausgeschnitten werden. Das sind CNC-gesteuerte Maschinen, die nach Makros, abrufbaren Formen oder nach Diskette gesteuert werden.

Nach der Schweißnahtvorbereitung werden entsprechend den Angaben im Konstruktionsplan die Einzelteile mit dem MAG-Verfahren geheftet und anschließend voll verschweißt. So wird beispielsweise die Aufkantung des Gehwegs an die Fahrbahn angefügt.

Bei Dehnungsfugen kommt eine weitere, sehr belastbare und rationelle Schweißtechnik zur Anwendung, das Bolzenschweißen. Wie der Name sagt, werden Bolzen oder Stahlstifte auf ein Blech oder Profil aufgeschweißt. Das ge-

schieht mit einer Schweißpistole, die die Bolzen regelrecht auf-schießt, wobei ein kleiner Keramikring den Schweißvorgang vor Schweißnahtfehlern schützt. Diese Bolzen sind bei Dehnungsfugen Teil der Verankerung im Beton.

**Stahlrohre wie das Kaminrohrteil, das in der Exempla '99 ausgestellt ist, haben beeindruckende Maße und dementsprechend lange und dicke Schweißnähte. Mit welchen Verfahren werden diese Verbindungen hergestellt?**

Die verschiedenen Schweißverfahren haben unterschiedliche Abschmelzleistungen, und man muß natürlich entscheiden, bei welchen Arbeiten welche Schweißmaschine sinnvoll, d. h. rationell, eingesetzt wird. Kaminrohre werden mit dem Unterpulverschweißen vollautomatisch geschweißt. Dieses Verfahren heißt so, da der Lichtbogen, der



# Metallverbindungen



den Werkstoff aufschmilzt, unter einem schützenden Pulver liegt.

Der Schweißvorgang wird an einem Bedienungspult vorprogrammiert und von einem Schweißroboter ausgeführt. Das Schweißgerät ist in eine Maschine integriert, die auf Schienen geführt wird und über das Bedienungspult in Bewegung gesetzt werden kann. Der Arm, an dem das Schweißgerät angebracht ist, kann ausgefahren und direkt über die Verbindungsstelle gefahren werden.

Der Schweißvorgang wird von einer Kamera gefilmt und auf den Bildschirm des Bedienungspults übertragen. Mit Hilfe eines Führungslichtpunktes, der am Schweißkopf des Schweißmasts angebracht ist, die Schweißnaht abtastet und ebenfalls auf dem Bildschirm zu sehen ist, kann man sich orientieren und wenn nötig

eingreifen. Über einen Schlauch wird ein relativ dicker Zusatzwerkstoff in Drahtform und das Schweißpulver auf das Metall zugeführt. Die Schütthöhe des Pulvers liegt zwischen 25 und 35 mm und schützt den Schweißvorgang vor der Atmosphäre, so daß keine Schweißnahtfehler wie Porosität entstehen können. Das durch den Lichtbogen aufgeschmolzene Schweißpulver wird als Schweißnahtschlacke bezeichnet und verhindert unter anderem ein zu schnelles abkühlen der Schweißnaht. Ein kleiner Staubsauger saugt das überflüssige Pulver ab, um es für den nächsten Schweißvorgang zu verwenden. Nach dem Schweißen kann die Schlacke abgehoben werden.

Kaminrohre werden nach der Schweißnahtvorbereitung mit dem Unterpulververfahren von außen und von innen im vollen Querschnitt verschweißt. Ganz wichtig

ist es, Metall, Zusatzwerkstoff und Pulver metallurgisch so aufeinander abzustimmen, daß die Qualität, also die Festigkeit der Naht, hochwertig ist und keine Schweißfehler entstehen.

## Wie prüfen Sie die Schweißverbindung auf Belastbarkeit bzw. auf Fehler?

Möglicherweise auftretende Fehler sind je nach Schweißverfahren unterschiedlich und werden auch mit unterschiedlichen Verfahren geprüft. Der äußere und innere Befund muß festgelegten DIN-EN-Normen entsprechen.

Generell werden die Schweißverbindungen auf Druck und Zug, auf Belastbarkeit, wie Kräfte, Schwingungen und Verkehrslasten und auf Materialermüdung getestet. Angeschweißte Bolzen müssen beispielsweise im Schlag-Biege-Versuch bis zu einem Biege-



winkel von 60 Grad standhalten. Das Innere der Schweißnähte wird mit Ultraschall oder mit Röntgenaufnahmen untersucht. Manchmal wird auch die Schweißnaht zerstörend geprüft, um die Schweiße nach Poren, Gas- und Schlackeeinschlüssen zu kontrollieren. Äußere Befunde wie Haarrisse in Schweißnähten kann man mit dem Farbeindringverfahren (PT) oder mit dem Magnetpulververfahren (MT) entdecken. Die Tests werden z. T. im Betrieb selbst oder bei einer neutralen Abnahmebehörde durchgeführt.

### **Die Stahlbaufirma Maurer Söhne GmbH & Co. KG, München**

Die Stahlbaufirma Maurer Söhne in München ist spezialisiert auf Brückenzubehör, zu dem insbesondere Brückenlager und Fahrbahnübergänge gehören. Im Stahlhochbau werden Stahlschornsteine, hochmoderne Wendelparkhäuser und auch Fahrgeschäfte wie Achterbahnen und Freifalltürme u. a. für das Münchner Oktoberfest hergestellt.

Die Firmengründung geht bis in das Jahr 1876 zurück, als Friedrich Maurer eine Schlosserei bzw. einen Betrieb für Stahlkonstruktionen in der Münchner Innenstadt gründete. Seine Söhne führten den Betrieb 1899 weiter und siedelten 1925 das erweiterte Unternehmen auf das jetzige Gelände am Frankfurter Ring an – damals noch eine ländliche Gegend im

Münchner Norden. Seit 1931 ist das Unternehmen im Besitz der Familie Beutler, Dipl.-Ing. Hans Beutler ist seit 1971 Firmenchef.

Der Schweißfachmann Helmut Schiegl, der seit 30 Jahren bei Maurer Söhne beschäftigt ist, erläuterte die verschiedenen Schweißverfahren im Stahlbau. Nach einer Lehre im Metallbau, Fachbereich Schweißtechnik bei der Firma Schmidlein in München, absolvierte Helmut Schiegl 1969 die Meisterprüfung im Metallbau. An der Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalt bildete er sich zum Schweißfachmann weiter und ist seit 1969 Schweißaufsichtsperson in der Firma Maurer Söhne.



# Metallverbindungen

## Falzen, Nieten, Löten – Verbindungen im Spenglerhandwerk

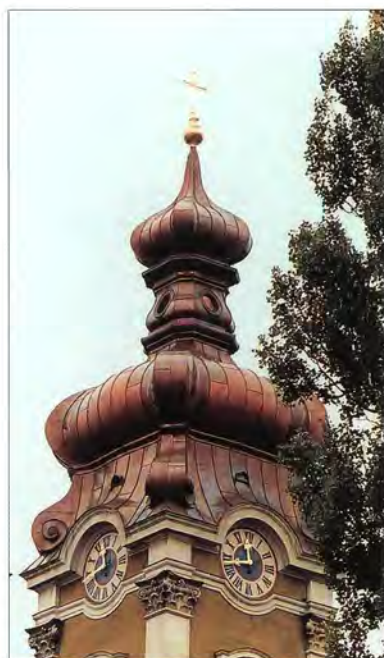
Ein Gespräch mit dem  
Spenglermeister Hans Lex

Die Techniken der Metallverbindung im Spenglerhandwerk werden in der Exempla '99 von dem Spenglermeister Hans Lex vorgestellt. Hans Lex ist Inhaber einer Spenglerei und Dachdeckerei in München-Schwabing.

**Herr Lex, welche konstruktiven Verbindungstechniken werden im Spenglerhandwerk vorrangig angewendet?**

Der Spengler arbeitet hauptsächlich mit Blechen, die ungefähr 0,5 bis 1,5 mm stark sind und die er vor allem durch Nieten, Falzen und Löten verbindet.

Beim Nieten werden zwei Bleche an einer Kante übereinander gelegt. Die Nietlöcher werden angezeichnet und anschließend gebohrt oder mit dem Durchschlag geschlagen. Dabei entsteht eine Vertiefung, in die der Nietkopf versenkt werden kann, und auf



St.-Theresia-Kirche, München

der Unterseite des Blechs bildet sich ein Grat. Der Niet wird durchgesteckt, von der anderen Seite mit Nietzieher und Nietstauer bearbeitet und schließlich der Nietkopf geschlagen. Meistens wird nach dem Nieten die Naht abgesetzt, d. h., es wird mit Stöckel und Hammer von der Rückseite das untere Blech bündig entlang der Kante des oberen Blechs angeschlagen. Die Naht wird dadurch dichter und zugleich wird die Oberseite der Verbindung glatter.

**Bei welchen Spenglerarbeiten wird genietet?**

Das Nieten ist eine zugfeste Verbindungstechnik, die beispielsweise bei Dachrinnen angewendet wird. Dachrinnen werden heute meist als 5 m lange Halbfertigprodukte gekauft und auf der Baustelle in der benötigten Länge aneinandergenietet. Da Nietverbindungen aber nie wasserdicht sind, muß das mit Hilfe anderer Techniken geschehen. Entweder legt der Spengler deshalb vor dem Nieten ein Ölpapier zwischen die

Bleche, oder die Nietverbindung wird wasserdicht gelötet.

Auch bei sämtlichen Spenglerarbeiten auf dem Dach wird sehr oft genietet und gelötet. Bei einer der letzten Restaurierungen, die unser Betrieb durchführte, die Erneuerung der kupfernen Turmabdeckung der St.-Theresia-Kirche in München-Neuhausen, stellten wir fest, daß die Kupferbleche alle nur genietet und nicht gelötet waren. Das ist sehr ungewöhnlich. Deshalb konnte Wasser eindringen und auch die Rückseite der Bleche patinieren.

Für manche Nietarbeiten benötigt der Spengler Spezialniete wie z. B. die Becherniete, die verwendet werden, wenn nur die Oberseite eines Bleches bearbeitet werden kann. Eine solche Situation ist gegeben, wenn beispielsweise ein neues Entlüftungsrohr in ein bestehendes Dach eingebaut wird.

**Können Bleche aller Metalle genietet werden?**

Vielleicht muß man überhaupt kurz etwas zu den verschiedenen Materialien sagen, die wir Spengler verarbeiten. Das historische, traditionelle und meiner Meinung nach immer noch das geeignetste Material in der Spenglerei ist das Kupferblech. Es ist hervorragend zu verarbeiten, es hält viel aus, da es ein wenig elastisch ist, und

man kann es bei jeder Temperatur verarbeiten. Auch die Preise sind seit Jahrzehnten stabil. Man kann Kupferblech hervorragend nieten, falzen und löten. Früher wurden Kupferbleche nur als Tafelbleche von 2 m Länge hergestellt. Größere Bleche stellte der Spengler auch mit der Technik des Nietens her, indem er mehrere Bleche so miteinander verband. Heute erübrigt sich das, da Kupferblech jetzt als Rollenblech geliefert wird.

Kupfer hat seine charakteristische Farbigkeit, die sich durch die Patina verändert und nach ungefähr 20 Jahren schwarzgrün wird. Diese Farbigkeit wird heute oft aufgrund gestalterischer Gesichtspunkte nicht mehr geschätzt und es wird seit einigen Jahren immer mehr mit Titanzink gearbeitet, dessen bleibendes Hellgrau die Architekten sehr schätzen.

Von handwerklicher Sicht aus hat das Zinkblech große Mängel. Es kann nicht genietet werden, es gibt keine Zinkniete, und es ist überhaupt schwieriger zu verarbeiten, da es sehr auf Wärme und Kälte reagiert, schnell spröde wird und unter 10 Grad nicht bearbeitet werden kann. Zinkblech wird seit ungefähr 100 Jahren in der Spenglerei verwendet, und man kannte im Handwerk immer schon seine Mängel. Auch die Anreicherung mit Titan, die das Blech elastischer macht, konnte



nicht alle Schwierigkeiten beheben. Bauphysikalische Veränderungen, wie z. B. ein nachträglicher Dachausbau, können verheerende Wirkungen auf ein Zinkblechdach haben. Wenn Wärme nach außen tritt und sich Kondenswasser unter dem Zinkblech bildet, wird das Zinkblech in relativ kurzer Zeit total zerstört. Kupfer ist dagegen relativ immun.

Ein neueres Material aus Frankreich, das eine dem Zinkblech ähnliche Farbigkeit hat und nicht diese Mängel aufweist, ist verzinktes Edelstahlblech. Dieses Blech kann genauso wie Kupfer genietet, gefalzt und gelötet werden. Auch Aluminium wird immer häufiger in der Spenglerei verwendet. Es ist genausogut wie Kupfer zu verarbeiten, nur löten kann man es nicht, und man muß stärkere Bleche ab 0,8 bis 1,5 mm verwenden. Ein Vorteil, den Aluminium bietet, ist, daß es

farbig beschichtet werden kann und deshalb in jeder Farbe zu erhalten ist.

**Zinkbleche können, wie Sie sagten, nicht genietet werden. Wie werden sie dann konstruktiv verbunden?**

Zinkbleche werden nur gelötet, wobei eine 10 mm breite Naht zugfest hält. Hier wird das Löten konstruktiv eingesetzt. Ansonsten wird in der Spenglerei das Löten in Kombination mit dem Nieten oder Falzen verwendet, um diese Verbindungen wasserdicht zu machen oder um beim Liegefalz ein Aufgehen der Naht zu verhindern.

Zum Spenglerhandwerk gehört das Weichlöten unter 450 Grad, was auf der Baustelle mit Propan- gasflaschen auch gut machbar ist. Hartlöten verändert durch die hohen Temperaturen das Materialgefüge und damit die Strapazier-

# Metallverbindungen



fähigkeit des Blechs, und das kann wiederum zu Bauschäden führen.

**Als weitere wichtige konstruktive Verbindungstechnik im Spenglerhandwerk haben Sie das Falzen erwähnt.**

Das Falzen wird genauso häufig wie das Nieten verwendet, um Bleche miteinander zu verbinden. Man unterscheidet zwischen Steh-, Liege- und Winkelfalz.

Die stehende Falzverbindung ist die häufigste Art des Falzens und ist als Doppelstehfalz sehr oft die Verbindungstechnik von Dachblechen. Beim Falzen müssen zunächst die zwei Kanten der Bleche, die miteinander verbunden werden sollen, senkrecht aufgebogen werden. Eine der aufgestellten Kanten muß höher als die andere sein, damit dieses Stück über die Kante des zweiten Blechs gebogen werden kann. Das ist der normale Stehfalz. Beim Doppelstehfalz wird dieser Falz nochmals eingebogen. Falze müssen eine Mindesthöhe von 24 mm haben, um regendicht zu sein, wasserdicht sind sie jedoch nie. Früher waren 35 mm Falzhöhe üblich, was z. B. bei schwerem Schnee sicherer ist, und es scheint, daß der Trend auch wieder zu dieser Höhe geht.

Zu den Stehfalzverbindungen



gehören als konstruktive Elemente die Haften. Das sind Halbleche, die das Dachblech auf der Unterkonstruktion des Daches befestigen. Zum Doppelstehfalz gehören die sogenannten Hosenhaften, kleine rechteckige Blechstücke, die an einer Kante schwalbenschwanzförmig ausgeschnitten sind. Die andere Kante ist rechtwinklig umgebogen und wird zunächst auf die Unterkonstruktion genagelt. An die befestigten Haften werden die gekanteten Bleche angelegt und einer der Schwalbenschwänze über das eine Blech, der zweite über das andere Blech gebogen. Beim Falzen werden die Haften mitgefaltzt, und auf diese Weise werden die Bleche an der Unterkonstruktion des Daches fixiert. Aufgrund der Temperaturendeckung von Blechen müssen ab 4 m verlegte Fläche sogenannten Schiebehafte, die sich mit dem Blech bewegen können, eingesetzt werden.

Treffen zwei gefaltzte Blechdachflächen an First, Grat oder Kehle aufeinander, so wird der anlaufende Stehfalz umgelegt und mit dem anderen Blechrand, der vorher aufgebogen wurde, zu einem normalen Stehfalz verarbeitet.

**Wie falzen Sie die Stehfalze, noch immer mit der Hand oder gibt es Maschinen, die diese Arbeit erleichtern?**



Handgefalzt wird heute nur noch bei kleineren Flächen. Normalerweise fertigt man die Bleche mit der Profiliermaschine vor, befestigt sie mit den Haftblechen am Untergrund und verfalzt dann mit der Falzmaschine die vorprofilierten Falzkanten in einem Arbeitsgang. Maschinell gefaltzte Bleche können spannungsfreier verlegt werden und liegen schöner als handgefalzte Bleche, was auf jeden Fall ästhetisch ansprechender ist. Handwerkliche Unregelmäßigkeiten, die in anderen Handwerken häufig als ästhetische und qualitative Bereicherung wirken, sind bei Spenglerarbeiten oft fatal, da sie Schäden verursachen können. Handgefaltzte Bleche sind oft wellig verlegt, wobei die Wellen die unterschiedlichen Spannungen im Blech sichtbar machen. Bei Temperatureinwirkung und der entsprechenden Ausdehnung der Bleche können diese Spannungen Schäden verursachen.

Ein Material, das heute vor allem im Bereich der Denkmalpflege verwendet wird, wird auch heute noch immer handgefalzt. Das sind Bleiplatten; man kann hier nicht mehr von Blech sprechen, da die Bleiplatten eine Dicke von 2,0 – 2,5 mm haben, Kupferblech hat im Vergleich dazu meist eine Stärke von 0,7 mm. Blei ist ein grobkörniges Material, das sehr schnell bricht und deshalb sehr umsichtig bearbeitet werden muß.



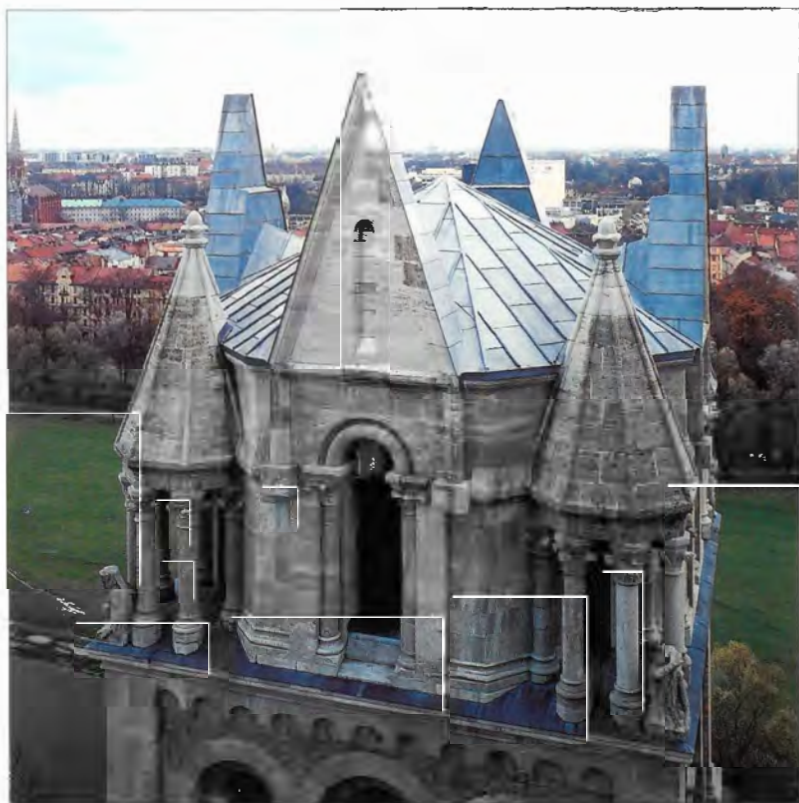
Abb. Seite 84:  
Nietverbindung  
Winkelfalz  
Doppelter Stehfalz bei Bleiplatten

Bleiplattendeckung der Maximilianskirche,  
München

Mit Hilfe von speziellen Holzschlegeln, die für diese Arbeiten von der Caritas-Behindertenwerkstatt in Mayen angefertigt werden, können die Bleiplatten ganz weich bearbeitet und gefalzt werden.

Blei ist übrigens neben dem Kupfer das historische Material im Spenglerhandwerk. Es ist sogar anzunehmen, daß Bleiplatten noch früher als Kupferbleche für die Dachdeckung benutzt wurden. Bei Restaurierungsarbeiten erneuert man natürlich ein mit Bleiplatten gedecktes Dach wieder in diesem Material. Aber es gibt auch Situationen, in denen man sich für Blei als neues Material entscheidet, so beispielsweise bei der Turmsanierung der Kirche St. Maximilian am Isarufer hier in München, deren Turmabdeckung wir in den letzten Jahren ausführen. Die Kirche besaß ursprünglich oktagonale Turmhelme, die im Krieg zerstört und so nicht wieder aufgebaut wurden. Die Abdeckung der Turmstümpfe geschah mit Bleiplatten, da aufgrund der besonderen Dachkonstruktion die mit der Zeit entstehende Patina einer Kupferabdeckung auf den Naturstein übergegangen wäre, den Stein grün verfärbt hätte und es im Laufe der Jahre zu Schäden am Stein gekommen wäre.

Ein anderer Gesichtspunkt bei der Entscheidung für Bleiplatten ist de-



ren Farbigkeit, da das Grau hervorragend zur Farbe des Natursteins paßt und auch deswegen in der Denkmalpflege oft verwendet wird.

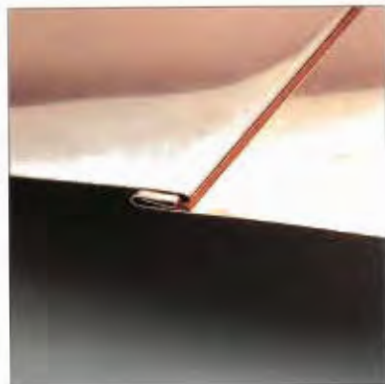
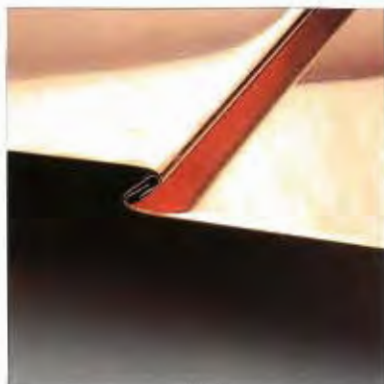
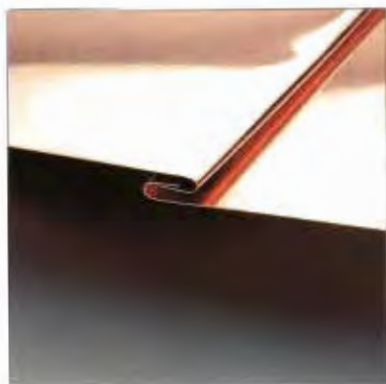
#### Wie werden diese schweren Bleiplatten mit der Dachkonstruktion verbunden?

Die Bleiplatten der Maximilianskirche haben eine Größe von 100 x 66 cm. Wenn man die Platten direkt mit der Dachkonstruktion verbinden würde, würden sie sich aufgrund der Weichheit des Materials durch ihr eigenes Gewicht mit der Zeit verformen. Die konstruktive Verbindung der Platten übereinander geschieht deshalb mit Hilfe von einem 10 cm breiten Stoßblech, das auf die obere Breitseite der Bleiplatte aufgelegt wird. Stoßblech und Bleiplatte werden mit Kupfernägeln auf der Dachschalung fixiert. Die nächste Bleiplatte wird über das Kupfer-

blech gefalzt und wieder mit einem Stoßblech befestigt. Bei einer Bleideckung wird relativ viel Material verbraucht, da man für den Längsfalz 7,5 cm und 10 cm aufstellen muß und bei einer Dachschräge von ca. 50 Grad bereits 10 cm Überdeckung und 2 cm Umschlag für die regensichere Quernaht benötigt. Das querlaufende Kupferblech reicht von Längsfalz zu Längsfalz und übernimmt somit auch deren Halterung. Wichtig bei dieser Konstruktion ist, daß die Querfalze in jeder gedeckten Bahn immer um die Hälfte versetzt sind, da auf diese Weise die Querstoßbleche die Halterung des ganzen Daches übernehmen können.

Sie haben noch zwei weitere Falztechniken angesprochen, den Liegefalz und den Winkelfalz. Wie sehen diese Falze aus, und wo werden sie eingesetzt?

# Metallverbindungen



Der Liegefalz steht nicht senkrecht zum Blech wie der Stehfalz, sondern, wie der Name schon sagt, er liegt in der Fläche des Bleches. Der einfache Liegefalz wird beispielsweise bei beweglichen Stoßverbindungen oder bei Regenrohren verwendet. Bei letzteren wird die Naht oft zusätzlich innen gelötet, um ein Auseinanderschieben des Falzes zu verhindern. Es gibt auch den Doppelliegfalz, den man, da er dichter und auch sturmsicherer ist, bei der Bedachung von Zwiebeltürmen als Verbindungstechnik braucht. Beim Schlagen des Doppelfalzes entsteht ein Hohlraum, durch den möglicherweise eingedrungenes Wasser ablaufen kann.

Winkelfalze sind rechtwinklig gebogene einfache Falze, die aufgrund ihrer gestalterischen Wirkung oft bei Fassadenblechen als Verbindungstechnik bevorzugt werden.

**Wie schätzen Sie den gestalterischen Aspekt der konstruktiven Verbindungen in ihrem Handwerk ein?**

Gestalterische Wirkung haben vor allem die Falzverbindungen an Blechdächern. Besonders augenfällig ist das beispielsweise bei der Maximilianskirche, da die massiven Falze der Bleiplatten ein Liniengefüge im Dach entstehen lassen, das sehr deutlich auch

noch in größerer Entfernung wahrzunehmen ist. Mit der Zeit werden die Partien, auf die der Regen direkt trifft, heller werden, die Falze dagegen bleiben dunkel und das wird die schöne, lebendige Wirkung dieser Verbindungstechnik unterstreichen. Für die Gesamtwirkung des Gebäudes ist es außerdem wichtig, die Falze der Dachdeckung auf die Fassadengliederung oder die Mauerfugen des Natursteins abzustimmen.

**Wird es neue konstruktive Verbindungen im Spenglerhandwerk geben?**

Es kommen immer wieder neue Materialien und z. T. auch neue Verbindungstechniken auf den Markt, deren Langzeitwirkung wir aber oft nicht abschätzen können und deshalb mit Skepsis begegnen. Der Spengler sieht seine handwerkliche Arbeit nicht in der Dauerhaftigkeit von nur 10 oder 20 Jahren, sondern denkt, überspitzt gesagt, eher in Jahrhunderten. So ist es für uns naheliegender, mit den traditionellen Materialien und Techniken zu arbeiten, die sich über lange Zeit bewährt haben.

*Abb. oben:  
Einfacher und doppelter Liegefalz*

## Die Spenglerei und Dachdeckerei Hans Lex

Der Spengler- und Dachdeckermeister Hans Lex ist seit 1993 Inhaber der ehemaligen Firma Klein. Hans Lex hat in diesem Betrieb ab 1957 das Spenglerhandwerk gelernt und 1966 und 1972 seine Meisterprüfungen absolviert. Der Sohn Hans-Dieter Lex besitzt seit kurzem ebenfalls den Meisterbrief und ist einer der sechs Spengler, die heute in dieser Firma beschäftigt sind. Für die Dachdeckerarbeiten sind außerdem fünf Dachdecker angestellt.

Hans Lex hat sich neben den üblichen Arbeiten, die eine Spenglerei ausführt, im Bereich der Denkmalpflege zu einem Fachbetrieb entwickelt. Ein wichtiges Aufgabenfeld ist dabei die Restaurierung von Kirchtürmen, mit der ihn das Erzbischöfliche Ordinariat München und Freising betraut. Die Kirche setzt hohe Maßstäbe bei der Restaurierung ihrer historischen Gebäude. Sie verlangt qualitativ hochwertige handwerkliche Arbeit unter denkmalpflegerischen Gesichtspunkten. Das fordert meistens die Ausführung in den historischen Techniken – ein Anspruch, der zur Überlieferung der alten Handwerkstechniken beiträgt.

Eine der letzten aufwendigen Restaurierungsarbeiten, die von Hans Lex ausgeführt wurde, war



Falzen von Bleiplatten

die Erneuerung der gesamten kupfernen Turmbedachung der Stadtpfarrkirche St. Theresia in München-Neuhausen, die bei einem Sturm schwer beschädigt worden war. Hier war handwerkliches Können gefragt, gerade als es um die komplizierte Verkleidung der Voluten ging. Bei anderen Kirchturmrestaurierungen sind auch nur Ausbesserungen notwendig, wie momentan bei der Ramersdorfer Kirche, für die dann älteres, bereits patiniertes Kupferblech verwendet wird.

Eine weitere, mehrjährige und vor kurzem beendete Arbeit an einem Baudenkmal war die Turmsanierung der St.-Maximilians-Kirche. Die Bedachung wurde hier von der Firma Lex mit Bleiplatten ausgeführt, ein Material, das heute vor allem im Bereich der Denkmalpflege eingesetzt wird.

In der Exempla '99 werden Hans Lex und seine Mitarbeiter in Anlehnung an die Restaurierungen der St.-Theresia-Kirche und der Maximilianskirche exemplarisch die verschiedenen Materialien und ihre Verbindungstechniken im Spenglerhandwerk vorstellen.

### Die Zimmerei Bernlochner GmbH aus Thanning

Bei der Restaurierung der Turmbedachung der St.-Theresia-Kirche in München-Neuhausen waren, bevor die Spenglerarbeiten ausgeführt werden konnten, präzise Zimmermannsarbeiten notwendig. Die Unterkonstruktion des Turmdaches konnte zwar erhalten bleiben, aber die Verbretterung, auf der das Kupferblech befestigt wurde, mußte erneuert werden. Da das Turmdach ähnlich einem barocken Zwiebelturm nur aus geschwungenen und gerundeten Formen besteht, war es durchaus schwierig, diese Verbretterung herzustellen. Diese komplizierten Arbeiten wurden von der Zimmerei Bernlochner aus Thanning ausgeführt.

Georg Bernlochner gründete den Betrieb 1982. Er beschäftigt heute sieben Facharbeiter. Bei Dachstuhlarbeiten im Pfarrzentrum in Waldram wurde das Erzbischöfliche Ordinariat aufgrund der exakten Arbeit, die hier von der Zimmerei Bernlochner geleistet wurde, aufmerksam. In der Folge ergab sich der Auftrag für die St.-Theresia-Kirche. Der Sohn und Zimmerergeselle Peter Bernlochner und der Mitarbeiter Hermann Pölking, der ursprünglich aus der Feinmechanik kommt und seine Kenntnisse über das exakte Modellieren von Formen hier gut

einbringen konnte, haben über zweieinhalb Jahre diese Arbeiten ausgeführt.

Für die Exempla '99 stellte die Zimmerei Bernlochner die Holzkonstruktion einer Volute, die den Voluten am Turm der St.-Theresia-Kirche entspricht, her.



# Metallverbindungen



## Die Verbindungen in der Ornamentenspenglerei

Ein Gespräch mit dem Spenglermeister Albert Sporer

In der Münchner Innenstadt, nicht weit entfernt vom Sendlinger Tor, gibt es eine alteingesessene Spenglerei, die sich auf die Anfertigung von Metallornamenten in Kupfer- und Zinkblech spezialisiert hat. Mit Hilfe der alten Maschinen, dem Fallwerk und der Zugbank, die nun fast 100 Jahre im Einsatz und heute wohl einzigartig in ganz Deutschland sind, können mit handgefertigten Matrizen die unterschiedlichsten Spezialanfertigungen hergestellt werden.

**Herr Sporer, können Sie kurz beschreiben, wie in Ihrer Werkstatt mit dem Fallwerk und der Zugbank gearbeitet wird?**

Wenn wir ein Bauornament exakt nach einer alten Vorlage kopieren, wird zunächst das Original in Gips abgeformt. Plastische Ornamente, wie beispielsweise Löwenköpfe, müssen zuerst in ihre Einzelteile zerlegt werden. Bei



profilierten Gesimsbändern oder Fensterverkleidungen genügt es, ein Stück von ungefähr 30 cm in Gips abzunehmen. Die Gipsform wird in Formsand übertragen und diese mit heißem Zink ausgegossen. So ist eine Negativform entstanden, die in das Fallwerk gelegt wird. In den oberen Teil des Fallwerks wird ein Bleistempel als Positivform des Ornaments eingespannt. Anschließend wird das Blech zwischen die Formen gelegt und zuerst weich gepreßt und dann in mehreren Arbeitsschritten getrieben, bis die endgültige Form entstanden ist. Bei profilierten Bändern wird das Blech Stück für Stück und mehrere Male durch das Fallwerk geschoben, bis die gesamte Länge profiliert ist.

Das Fallwerk ist seit 1903 in unserer Werkstatt in Betrieb, und wir können damit alle gerundeten und plastischen Teile relativ kostengünstig herstellen. Profilierte gerade Teile werden an der Zugbank angefertigt. Das Blech wird an der Abkantbank vorgeformt und dann in die Zugbank eingespannt. Auf der einen Seite der Zugbank ist eine zweiteilige Zinkmatrize mit der Negativ- und Positivform des Profils eingestellt. Das Blech wird in die Matrize eingelegt und mehrmals durchgezogen, wobei der Zwischenraum der Matrize immer enger gestellt wird, bis das exakte Profil entstanden ist.



## Wie verbinden Sie die geformten Einzelteile zu einem Stück?

Die ästhetische Qualität unserer Arbeit ist wesentlich davon bestimmt, die Verbindungsstellen so wenig wie möglich in Erscheinung treten zu lassen. Die Einzelteile eines Stückes werden meist gelötet; Kupferbleche können auch genietet werden, wobei die Nähte anschließend mit dem Schlichthammer bearbeitet werden, so daß man die Nietverbindungen kaum sieht.

Im Unterschied zu normalen Spenglerarbeiten wird bei Zinkblechverbindungen meistens mit Nahtstreifen gelötet. Die Einzelteile werden stumpf zusammengelegt, auf der Rückseite ein Nahtstreifen angebracht und dann verlötet. So entsteht, nachdem das überflüssige Lot entfernt ist, eine glatte Oberfläche, die das Stück aus einem Guß erscheinen läßt.

Die Metallornamente des Netzerbrunnens am Bayerischen Nationalmuseum in München wurden von uns erneuert. Die Lorbeerkränze aus Kupferblech sind mit Nahtstreifen gelötet, genauso wie die Dachaufsätze in der Form von sogenannten Zirkelnüssen, die aus drei Teilen montiert sind.

Vollplastische Metallteile werden manchmal auch geschweißt. Ein Beispiel sind Wasserspeier, die in

Abb. Seite 88:  
Vorbereitung einer verschränkten Naht  
Bearbeitung einer Lötverbindung  
Anfertigung einer Zirbelnuß

Metallornamente des Netzerbrunnens am  
Bayerischen Nationalmuseum, München

zwei Hälften im Fallwerk gedrückt und dann ausgeschnitten werden. Man läßt dabei einen kleinen Grat stehen und schweißt hier die beiden Hälften zusammen. So entsteht eine sogenannte Bördelnaht.

### Gab es früher in Ihrem Handwerk auch andere Verbindungstechniken?

Die traditionelle Art der konstruktiven Verbindung von vollplastischen Formen war die verschränkte Naht. Dazu wird ein Blech schwalbenschwanzartig eingeschnitten und mit dem Hammer an den Schnittstellen über einem härteren Metall, das zwischen die Zähne gelegt wird, gestreckt. Die Kante des zweiten Bleches wird ebenfalls gestreckt und zwischen die Zähne geschoben. Die Zahnverbindung wird auf einer Richtplatte mit dem Holzhammer geschlichtet und zum Löten vorbereitet. Die Naht wird von innen mit Schlag- oder Hartlot gelötet und schließlich die Oberfläche verputzt und mit dem Polierhammer überarbeitet.

Wir arbeiten mit verschränkten Nähten beispielsweise bei getriebenen, nach unten ausschwingenden Stiefeln von Dachbegründungen. Heute wird diese Technik jedoch nur noch selten angewendet, da sie durch das Schutzgas-schweißen im Grunde ersetzt wurde.



### Die Ornamentenspenglerei Lorenz Sporer GmbH

Die Firma Lorenz Sporer GmbH wurde als „Münchener Metallornamenten- & Blitzableiterartikel-Fabrik (Dampfbetrieb) Lorenz Sporer“ 1882 gegründet. Es arbeiteten um die Jahrhundertwende in diesem Betrieb, zu dem damals auch eine Schlosserei gehörte, 80 Handwerker. Heute ist diese Firma ein wesentlich kleinerer, aber angesehener Fachbetrieb, der viele Arbeiten für den Bereich der Denkmalpflege ausführt und nicht nur deutschlandweit, sondern beispielsweise auch in die Schweiz und nach England liefert. Albert Sporer, der seit 1970 in der dritten Generation den Familienbetrieb führt und selbst natürlich Spengler- und Dachdeckermeister ist, beschäftigt zur Zeit insgesamt 12 Spengler und Dachdecker. Neben dem Werkmeister beherrschen auch die meisten an-

deren Spengler die Ornamententechniken.

Ein Katalog, der dem historischen aus der Zeit der Firmengründung nachempfunden ist, zeigt einige der alten Bauornamente, die immer noch produziert werden können. Das sind profilierte Fensterverkleidungen und Gesimse, ornamentale Bekrönungen und Jalousieschutzbleche, Dachrinnenkessel, Schindelbleche, Dachspitzen, plastische Vasen, Wasserspeier, Windfahnen und Aushänger.

In der Exempla '99 werden eine historische Giebelverkleidung, eine in Kupferblech hergestellte Flammenvase, eine Turmspitze und verschiedene Markisenabdeckungen der Firma Sporer gezeigt.



# Metallverbindungen



## **Die Schrannehallen in München. Metallverbindungen bei Eisen- bauten des Industriezeitalters**

Rainer Barthel,  
Tim Brengelmann,  
Technische Universität München  
Franz Hölzl,  
freischaffender Architekt

Die Eisenkonstruktion der Schrannehallen stellt neben dem 1931 abgebrannten Münchner Glaspalast eines der wichtigsten Zeugnisse der neuen industrialisierten Bauweise des mittleren 19. Jahrhunderts in Bayern dar. Konstruktionsgeschichtlich liegt die hohe Bedeutung der Schrannehallen u. a. darin, daß die Konstruktionsglieder statisch-konstruktiv minimiert waren und dadurch ein weitgespanntes, filigranes Bauwerk geschaffen wurde.

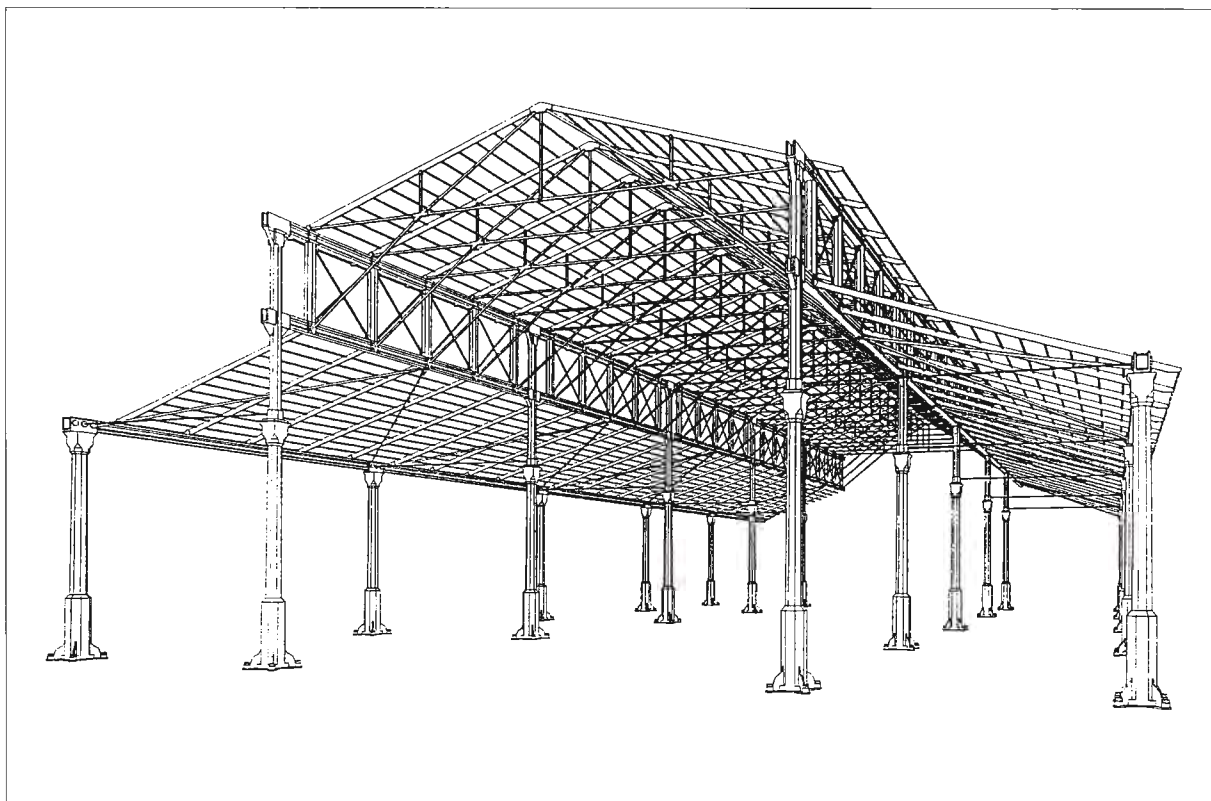
Bereits im späten 18. Jahrhundert wurde der Bau einer neuen Getreidemarkthalle angestrebt. Wegen des großen Platzbedarfs konnte jedoch erst 1848 bei der Einebnung des mittelalterlichen Stadtgrabens ein Bauplatz zwischen den ehemaligen Stadttoren Angertor und Schiffertor, heute Am Einlaß, gefunden werden. Der Stadtbaurat und ehemalige Gärtner-Schüler Carl Muffat nahm einen früheren Vorschlag des Architekten Friedrich von Gärtner bzw. eines seiner Schüler auf und entwarf die Schrannehallen mit einem Holzdach auf Steinsäulen. Die bayerische Regierung wies den Entwurf zunächst zurück und forderte, mit dem Hinweis „der Hauptstadt würdiger“, eine moderne Eisenkonstruktion mit einem Dachstuhl aus Eisen auf gußeisernen Säulen zu errichten.

1851 wurde der geänderte Muffat-Entwurf für die 403,05 m lan-

ge und 24,32 m breite, offene Markthalle als Eisenkonstruktion mit gemauertem und verputztem Mittelbau und zwei Kopfbauten genehmigt. Vorausgegangen waren mehrere Änderungen an der Eisenkonstruktion, die u. a. eine größere Dimensionierung der Eisenteile und eine stilistische Veränderung der Säulen erbrachten. Die Arbeitsgemeinschaft der Firmen Cramer-Klett aus Nürnberg und Maffei aus München erhielt im Februar 1852 den Auftrag für den Bau der Eisenkonstruktion trotz eines höheren Preises gegenüber zwei weiteren Anbietern. Als Argument für die Vergabe wurde auch eine Arbeitsplatzsicherung für das Münchner Unternehmen Maffei angeführt.

Wesentlichen Anteil an der Entwicklung der Konstruktion besaßen die Ingenieure der Firma Cramer-Klett unter Leitung von Ludwig Werder. Dieser hatte be-





reits 1836 das eiserne Dachwerk der Walhalla für Leo von Klenze errichtet und sollte anschließend auch für die Konstruktion des Glaspalastes, der 1853–1854 als Ausstellungsgebäude errichtet wurde, verantwortlich zeichnen. Die Montage der vorgefertigten Konstruktionsteile aus Guß- und Schmiedeeisen konnte bei der Schrennhalle sehr rasch erfolgen, die Firma Cramer-Klett benötigte zur Errichtung einer Hallenhälfte nur 28 Tage. Am 15. September 1853 erfolgte die Eröffnung der Gesamthalle, bereits drei Tage später fand die erste Schranne statt. Der vorgesehene Name Maximiliansgetreidehalle setzte sich nicht durch; die einfache Bezeichnung als Schrennhalle blieb bis heute bestehen.

Änderungen im Getreideverkauf vom Großhandel zum Kleinverkauf und die klimatisch ungünstige offene Halle bedingten bereits

knapp 20 Jahre später einen Verschuß der Außenseiten mit Holz- und Glaselementen und Schiebetoren im Jahre 1871. Ab 1878 wurden rückläufige Umsätze aufgrund mangelnden lokalen Bedarfs und der großen Entfernung zur Bahn vermeldet. Nach dem Bau der Großmarkthalle 1910 wurde die Schrennhalle überflüssig. Am 1. April 1914 erfolgte die offizielle Aufhebung. 1925 kauften die städtischen Gaswerke die südwestliche Hallenhälfte und transferierten sie nach München-Moosach; dort entdeckte im Jahre 1978 der Münchner Architekt Volker Hütsch die wiederaufgestellte und für Lagerzwecke umgenutzte Konstruktion für die Öffentlichkeit wieder. 1932 war ein großer Teil des stehengebliebenen nordöstlichen Teils der Schrennhalle abgebrannt. Im einzigen vor Ort erhaltenen Bauteil der Schrennhalle – dem nordöstlichen Kopfbau – ist heute die Freibank untergebracht.

Seit 1980 bestehen Pläne für den Wiederaufbau der Eisenkonstruktion am alten Standort. Wegen der vorgesehenen Umnutzung des ehemaligen Gaswerksgeländes konnte die umgesetzte Konstruktion der Schrennhalle in Moosach nicht bleiben, sondern wurde 1997 abgebaut. Die weitgehend vollständig und in hervorragendem Zustand erhaltenen Konstruktionsglieder der denkmalgeschützten Schrennhalle sind derzeit in einem ehemaligen Straßenbahndepot eingelagert. Die Wiederrichtung der Schrennhalle soll in den nächsten Jahren mit den historischen Originalteilen und im originalen statisch-konstruktiven Aufbau erfolgen. Die filigrane Eisenkonstruktion wird im Erscheinungsbild sowohl von außen wie auch von innen erhalten bleiben und die Transparenz und Durchlässigkeit der Halle gewährleisten. Die Eisenkonstruktion der Halle wird wie früher zwischen massive

# Metallverbindungen

---

Abb. Seite 93:  
Konstruktive Details der Schrammehalle,  
München, in Axonometrie, Foto und Zeich-  
nungen:  
Knotenpunkte der Obergadenträger,  
Anschlüsse der Fenstersäulen im Obergaden,  
Verbindung der unteren und oberen Säulen

Baukörper eingespannt. Die im Krieg beschädigten historischen Fassadengliederungen mit Pilastern und Gesimsen der Freibank sollen auf die ursprüngliche Form zurückgebaut werden.

Der Querschnitt der Schrammehalle hat die Form einer dreischiffigen Basilika mit einem Satteldach über durchlaufenden Obergadenfenstern eines erhöhten Mittelschiffs und beidseitig symmetrisch anschließenden Seitenschiffen mit Pultdächern. Die originale Konstruktion der Halle besteht aus gußeisernen Säulen, Tragbalken und Fenstersäulen und schmiedeeisernen Zugstäben, Sparren, Dachlatten etc. sowie diversen Kleinteilen und Verbindungsmitteln in Form von Schrauben, Bolzen und Keilen. Die kraftschlüssige Verbindung der Konstruktionsteile untereinander erfolgt ausschließlich durch Verkeilungen; die Bolzen und Schrauben dienen nur als Verbindung und Halterung. Die Obergadenfenster der basilikalen Konstruktion gewährleisten eine gute Belichtung der Halle, die zusätzlich durch einen weißen Farb-anstrich der Unterseiten der ehemaligen kupfernen Dachflächen verbessert wurde. Die guß- und schmiedeeisernen Konstruktionsteile waren farblich bronzegrün von den Dachflächen abgesetzt.

Die Konstruktion der Halle ist modular aufgebaut aus gußeisernen

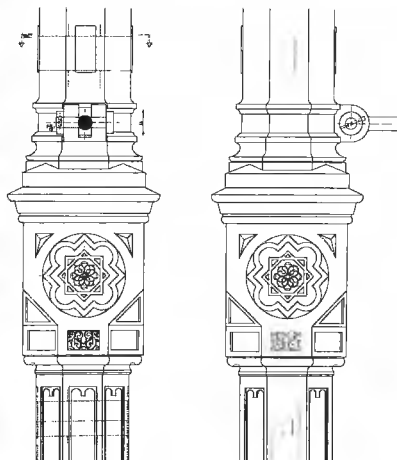
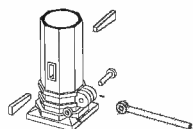
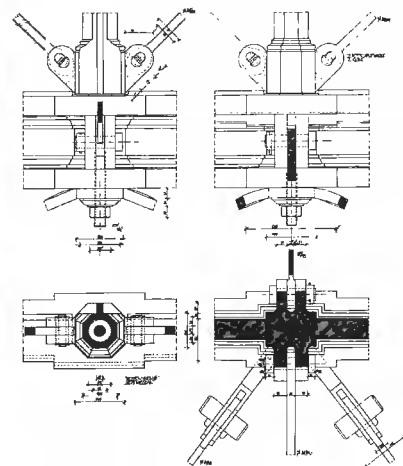
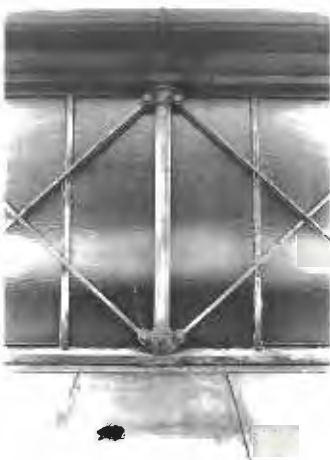
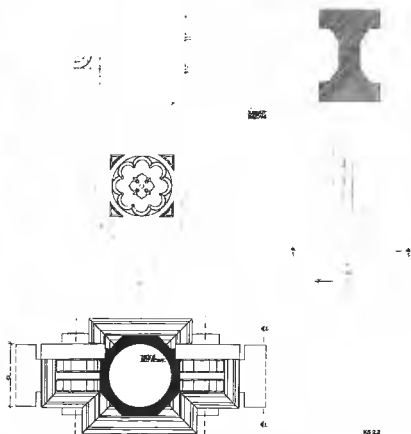
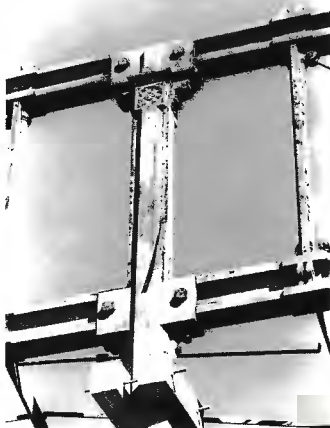
Säulen in den Hauptachsen mit zwischenliegenden längslaufenden gußeisernen Tragbalken. Als konstruktive Besonderheit sind das Dachwerk des Mittelschiffs und der Seitenschiffe sowie die Obergadenfenster um eine halbe Nebenachsenbreite mit 0,9625 m zu den Hauptachsen versetzt angeordnet. Dadurch konnten die komplizierten Auflager- und Verbindungspunkte vereinfacht werden. Der Abstand der Gußsäulen in den Hauptachsen beträgt als Regemaß 9,63 m. Das Mittelschiff ist im Achsabstand der inneren gußeisernen Säulen 12,17 m breit; die Breite der beiden Seitenschiffe beträgt mit je 6,085 m exakt die Hälfte des Mittelschiffs. Der First des Mittelschiffdaches liegt ca. 11,60 m über der Bodenfläche. Die Obergadenfenster im erhöhten Mittelschiff reichen vom Ansatz der Seitenschiffdächer in ca. 7,25 m Höhe bis zur Traufe des Mittelschiffdaches in ca. 9,30 m Höhe. Die Höhe der seitlichen Traufen liegt bei ca. 5,00 m.

Die ursprüngliche Eindeckung des Daches bestand aus Kupferblech, das ohne zusätzliche Holzschalung direkt auf die schmiedeeisernen Dachlatten aus Flacheisen mittels Laschen befestigt war. Die Laschenbefestigung gewährleistete einen Ausgleich der auftretenden Wärmeausdehnungen in der großflächigen Blechdeckung. Eine horizontale Vernietung der Blech-

bahnenstöße erbrachte die erforderliche Schubfestigkeit der Dachebene.

Die Dachbinder sind als ebenes Stabwerk aus schmiedeeisernen Flacheisen konstruiert und bilden aufgrund ihrer Konstruktion einen sogenannten Wiegemann-Pollonceau-Binder. Dieser wurde erst wenige Jahre zuvor entwickelt und hier zum ersten Mal im süddeutschen Raum ausgeführt. Dieses Trägersystem vereint die Vorteile des Hängewerks mit denen des unterspannten Balkens; es werden zwei einfach unterspannte Balken zu einem satteldachförmigen Binder gefügt, dessen Auflager mit einer Zugstange so verbunden sind, daß die horizontal auftretenden Schubkräfte in ihr aufgenommen werden.

Die Auflager für die Dachbinder des Mittelschiffes werden von den inneren oberen gußeisernen Tragbalken und deren angegossenen Backenstücken gebildet. Sie wurden beanspruchungsgerecht in der Form eines kräftig ausgebildeten, doppel-T-förmigen, „stahlbautypischen“ Querschnittes gegossen. Zu beiden Seiten lagern sie auf den kapitellförmigen Säulenköpfen der inneren gußeisernen Säulen auf und sind durch eine Bolzenverbindung mit ovalen Öffnungen zwangungsfrei verbunden.





# Metallverbindungen

---

Die Konstruktion der seitlichen Oberlichtbänder setzt sich zusammen aus den inneren oberen und unteren Tragbalken, den jeweils fünf dazwischen eingesetzten gußeisernen Fenstersäulen und den mittels Keilen vorgespannten schmiedeeisernen Kreuzstangen und stellt somit eine Art Fachwerkträger dar. Durch den Schaft der Fenstersäulen verlaufen innenliegend vertikale Spannstangen, die an ihren Endpunkten durch Schrauben angezogen wurden und so die Verbindung zu den Tragbalken herstellen. Die inneren unteren Tragbalken besitzen den gleichen Querschnitt wie die oberen Tragbalken; bemerkenswert sind die seitlich in die Gußträger eingelassenen Tropfkanten für den Anschluß der seitlichen Pultdachverblechungen. Von der Mitte der inneren unteren Tragbalken sind in der Dachebene des Seitenschiffs diagonal zwei schmiedeeiserne Windruthen, die als Windaussteifung dienen, zu den Köpfen der äußeren Säulen geführt und durch eine Keilverbindung vorgespannt. Eine horizontale schmiedeeiserne Zugstange verbindet die inneren und äußeren Säulen miteinander.

Die gußeisernen Säulen sind äußerlich mit einem achteckigen Schaft und im Inneren mit einem zylindrischen Hohlraum gegossen worden. Dabei sind die inneren Säulen aus zwei Teilen zusam-

engesetzt. Der untere Teil entspricht bis auf die Fortführung des Stützenkopfes der Geometrie der äußeren Säulen. An den inneren Säulen ist über dem Kapitell der unteren Säule ein zweiter sich nach oben hin verjüngender Säulenschaft bis zur Traufe des Mittelschiffs angesetzt. Die Koppelung der beiden Säulenteile erfolgt über schmiedeeiserne Zuganker im Inneren der Säulen; die Anker werden durch Keile in horizontaler Richtung kraftschlüssig mit dem Säulenschaft verspannt. Die Säulenfüße sind verstärkt und durch eine quadratische, an den Seiten kreissegmentartig ausgeschnittene, Aufsetzplatte mit Schraubenbolzen in den Fundamenten verankert. Die Fundamente am historischen Standort bestanden aus quaderförmigen Tuffsteinblöcken.

Die Firma Cramer-Klett in Nürnberg führte vor der Aufstellung an allen wichtigen Schmiede- und Gußeisenteilen Belastungsproben durch. Zur Prüfung der gußeisernen Tragbalken wurde eigens von Herrn Cramer eine Prüfvorrichtung entwickelt, in der alle Tragbalken getrennt für sich einer Biegebelastung ausgesetzt wurden und anschließend die Verformung des Balkens gemessen und untereinander verglichen wurde. An den schmiedeeisernen Zugankern wurden mittels einer Hebelvorrichtung Zugversuche durchgeführt. Weiterhin wurde an Bruchproben

die Qualität des Eisens durch Augenschein beurteilt.

Kennzeichnend für den Eisenbau der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts waren sogenannte „intelligente“ Mischkonstruktionen aus Schmiede- und Gußeisen, wie sie in der Schrammshalle zur Ausführung kamen. Der materialspezifische Unterschied zwischen Schmiedeeisen, das in der Lage ist, hohe Zugkräfte aufzunehmen, und Gußeisen, das sich vorwiegend durch eine gute Druckbelastbarkeit auszeichnet, wurde in der Konstruktion des Tragwerkes umgesetzt, indem das jeweilige Material beanspruchungsgerecht nach Art der Belastung eingesetzt wurde. Die Vorteile bei der Verwendung des Gußeisens für den Bau der Schrammshalle waren zudem die industrielle, elementierbare, also nach dem Baukastenprinzip funktionierende Vorfertigung und die damit verbundene kurze Aufbauzeit sowie die Möglichkeit der Formgebung des Bauteils, um einerseits den stilistischen Anforderungen an die Ausformung des Gußteiles gerecht zu werden und andererseits die Querschnittsform durch eine an den Kraftfluß angepaßte Form zu optimieren.



*Die Schrännenhalle vor dem Abbau 1997  
in München-Moosach,  
Foto Stefan Müller-Naumann*

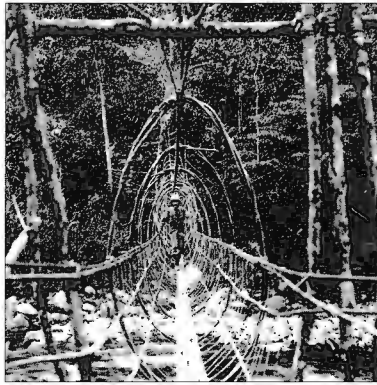
# Verbindungen im Brückenbau

---



## Brücken verbinden – Brückenverbindungen

Dr.-Ing. Dirk Bühler,  
Deutsches Museum, München



Spannbandbrücke aus Rattan,  
Salu-Mania-Fluß, Celebes

Natürlich: Brücken verbinden. Sie überbrücken tiefe, unwegbare Schluchten, sie verbinden die Ufer unpassierbarer Flüsse, sie überqueren Meerengen und können so Landschaften, manchmal gar Völker miteinander verbinden. Schiffsbrücken verbinden Wasserstraßen selbst über tieferliegende Flüsse hinweg. Luftbrücken versorgen Menschen, die durch Krieg oder Naturkatastrophen irgendwo eingeschlossen sind. Eselsbrücken schaffen eine Verbindung zwischen verlorengegangenen Gedanken. Brückenverbindungen schafft aber auch die Natur: die berühmten Felsentore im Ardèche-tal oder jene im US-Bundesstaat Utah.

Doch was wäre eine Brücke ohne eigene – konstruktive – Verbindungen? Sie wäre vor allem auf die Größe des verwendeten Baustoffes begrenzt: die Länge eines Baumstammes zum Beispiel, die Länge einer vom Baum abgerupften Liane oder die Größe einer gerade noch transportierbaren Steinplatte. Nach Erreichen der – nach Art des Baustoffes – möglichen Größe müssen bereits Pfeiler gebaut werden. Ein großer Aufwand, um Brücken mit diesen meist nur geringen Spannweiten auf die gewünschte Gesamtlänge von Stütze zu Stütze zu schlagen. Oft gar unmöglich, wenn das Hindernis den Bau von Stützen nicht erlaubt.

Um diese und viele andere Schwierigkeiten zu vermeiden, haben Handwerker und Ingenieure, oft auch anders ausgebildete Erfinder, immer wieder daran gearbeitet, für jeden Baustoff und jede Anwendung die geeignete konstruktive Verbindung auszudenken, weiterzuentwickeln, zu erproben und schließlich in der Baupraxis anzuwenden. Auch wenn es heute für praktisch alle möglichen Fälle geeignete Standardlösungen gibt, ist die Entwicklung immer neuer und raffinierterer konstruktiver Verbindungen nicht abgeschlossen.

So ist die Geschichte des Brückenbaus schließlich auch eine Geschichte der konstruktiven Verbindungen im Bauwesen, wie ich anhand einiger Beispiele aus der Ausstellung Brückenbau des Deutschen Museums ausführen will.

## Bogenbrücken

### Bogenbrücken aus Stein

Seit dem Altertum wurden Steinbrücken mit dem unechten, auskragenden Bogen gebaut. Dabei wird ein flacher Stein über den anderen geschoben und wenn der Schwerpunkt des oberen direkt über der Kante des darunterliegenden Steines liegt, erhält man die größtmögliche Auskragung. Die beiden obersten Steine kann man danach zusammen so



# Verbindungen im Brückenbau

Modell der Steinernen Brücke, Regensburg,  
Zustand um 1750



weit über einen dritten schieben, bis ihr gemeinsamer Schwerpunkt genau über der Kante des dritten zu liegen kommt. Macht man so weiter, entsteht eine Art Bogen. Verbindungsmittel sind bei dieser Bauweise nicht nötig.

Ebenfalls ganz ohne Verbindungsmittel hält der echte Bogen. Er ist stabil, weil er – bedingt durch die Form der Steine und ihrer Anordnung – nur auf Druck belastet wird. Bei Brückenbauwerken mit dieser Bogenform müssen jedoch die Widerlager sehr stark sein. Wenn sie nachgeben, fällt alles zusammen. Baustoffe, die vor allem auf Druck belastbar sind, wie Stein, Gußeisen oder Beton, werden bei diesen Bögen eingesetzt.

Von den Etruskern übernahmen die Römer diese Technik und fügten für ihre Brückenbauten oft halbkreisförmige Einzelbögen zu Bogenreihen zusammen. Die größten Brücken, die die Römer bauten, sind Aquädukte. Im Jahre 19 v. Chr. begannen sie zum Beispiel den Bau des Pont du Gard, der ohne Mörtel mit drei übereinander stehenden Bogenreihen entstand. Über ihn gelangten täglich 20.000 bis 30.000 Liter Trinkwasser vom Quellgebiet des Flusses Gardon nach Nîmes, der römischen Großstadt.

Nach dem Verfall des Römischen Reiches entstanden erst im 12. Jahrhundert wieder gewaltige Brücken mit Steinbögen vor allem an den Knotenpunkten der wichtigen Fernhandelswege in bedeutenden europäischen Städten. Sie glichen den römischen Bauten, doch das detaillierte Wissen wie das der soliden Pfeilergründung war verloren gegangen. Die Steinernen Brücke in Regensburg galt deshalb im Mittelalter als Wunder

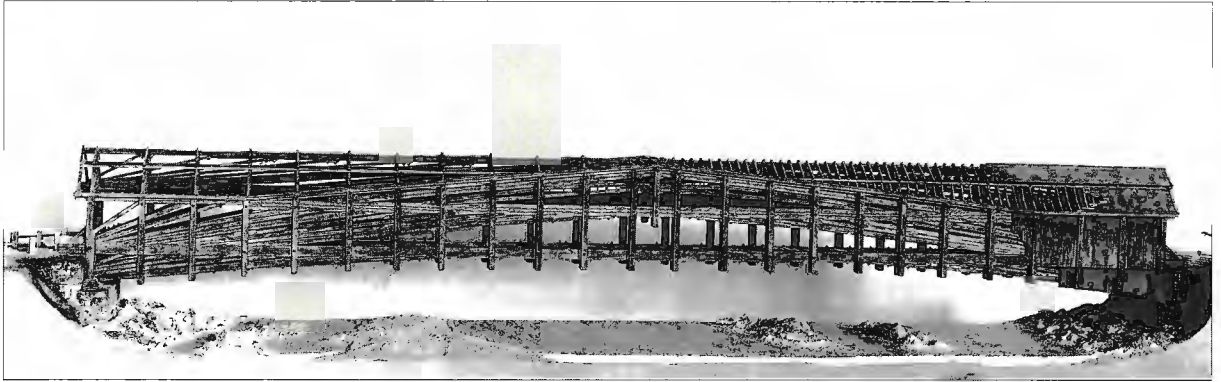
der Baukunst. Als während einer Dürre im Jahr 1135 die Donau nahezu ausgetrocknet war, wurden die Kalksteinpfeiler gesetzt. Nach elf Jahren Bauzeit war die Brücke fertiggestellt. Tonnengewölbte Rundbögen mit unterschiedlichen Weiten überspannten schließlich die Brückenpfeiler.

Pont du Gard



Abb. Seite 99 oben:  
Modell der Rheinbrücke bei  
Schaffhausen

Abb. unten:  
Kintai-Kyo-Brücke in Iwakuni,  
Japan



### Bogenbrücken aus Holz

Holz ist ein Baustoff, der gleichermaßen Druck- und Zugkräfte aufnehmen kann. Das Tragverhalten von Holz im Brückenbau und anderen Bauwerken ließ sich allerdings lange Zeit nicht berechnen. Dennoch entstanden zu jeder Zeit bemerkenswerte Brückenkonstruktionen, deren Stabilität auf dem Erfahrungsschatz von Zimmerleuten und Baumeistern beruhte. Balken wurden auf oft phantasievolle Weise verzahnt und verzargt, mit Seilen, Schnüren, manchmal auch Streifen aus Tierhäuten, Eisenstangen, Schrauben, Bolzen oder auch Nieten miteinander verbunden. Im 18. Jahrhundert setzte die Baumeisterfamilie Grubenmann aus Teufen in der Schweiz Höhepunkte im handwerklichen Brückenbau. Später kamen entscheidende Impulse für Holzbogenbrücken vor allem von Carl Friedrich Wiebeking (1762–1842). Stahl und Beton verdrängten im 19. Jahrhundert den Baustoff Holz. Erst mit dem Ingenieurholzbau begann unter Otto Karl Friedrich Hetzer (1846–1911) ein neuer Aufschwung.

Die Rheinbrücke bei Schaffhausen ist ein Entwurf des Baumeisters Johann Ulrich Grubenmann aus dem Jahr 1758. Sie sollte mit einem einzigen Bogen von 119 Metern eine dreimal größere Spannweite erreichen, als je eine Holzbrücke bis dahin hatte. Gru-

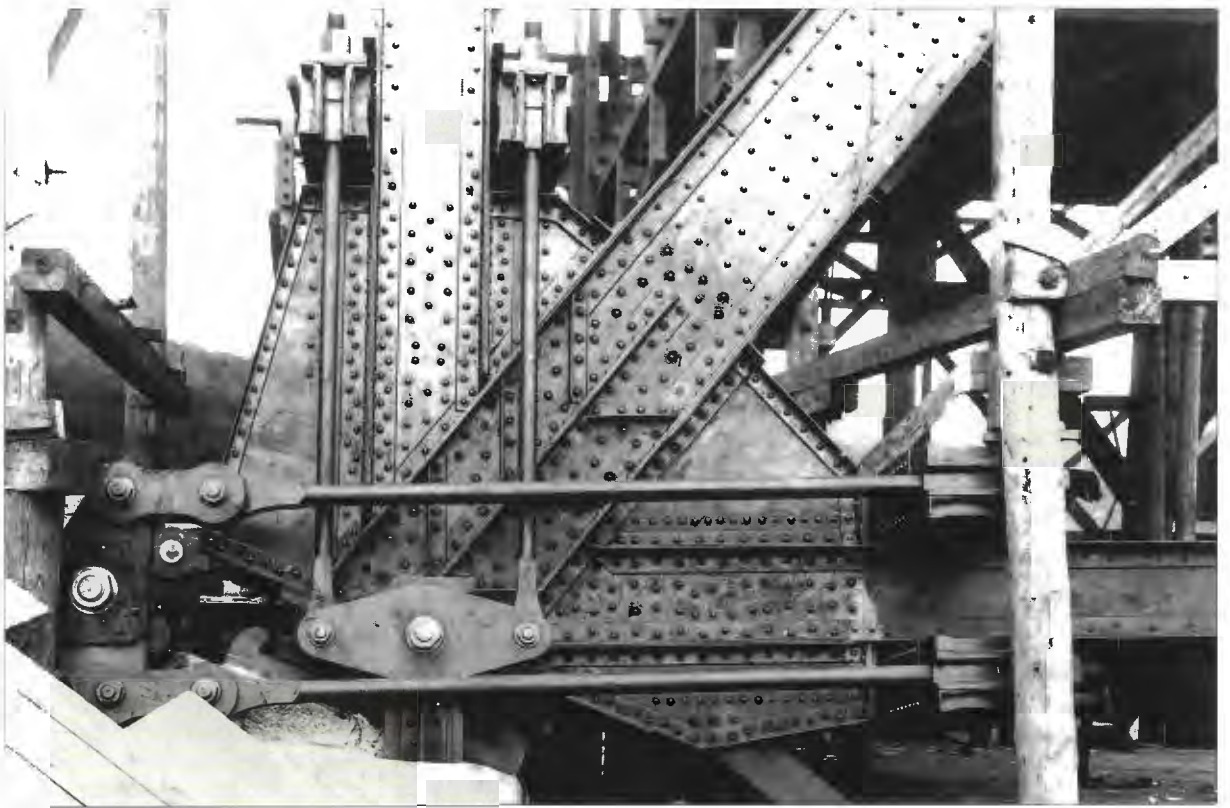
benmann stellte dem Stadtrat ein Modell seines Entwurfes vor. Mit den Worten „Wenn das Modell mich trägt, so wird die Brücke auch ein paar Wagen tragen!“ soll er sich auf sein Modell gestellt haben, um die Tragfähigkeit der Konstruktion zu beweisen. Doch die Stadtväter verwarfen diesen Entwurf als zu kühn. Erst ein zweiter Entwurf mit Mittelpfeiler kam zur Ausführung.

Die Kintai-Kyo-Brücke in Iwakuni in Japan ist eine Fußgängerbrücke aus dem 17. Jahrhundert. Sie ruht auf steinernen Pfeilern, von denen aus sich fünf hölzerne Bögen über eine Gesamtlänge von 194 Metern spannen. Die Brücke wurde nach ihrer Zerstörung durch einen Taifun im Jahre 1953 originalgetreu wiedererrichtet.





# Verbindungen im Brückenbau



## Bogenbrücken aus Eisen und Stahl

Als Guß- und Schweißeisen gegen Ende des 18. Jahrhunderts aufkommen, wird es möglich, Bogenbrücken mit größeren Spannweiten zu bauen, als dies Holz oder Stein erlaubten. Gußeisen ist vor allem auf Druck beanspruchbar, und so bot sich der Bogen als Tragwerksform an. Die erste dieser Brücken wurde 1799 bei Coalbrookdale über den Severn in England, die erste auf dem europäischen Festland 1794 über das Striegauer Wasser in Schlesien gebaut.

Die Eisenbahnbrücke über die Wupper bei Müngsten verkürzt seit 1897 die Fahrstrecke zwischen Solingen und Remscheid von ursprünglich 44 auf 8 Kilometer. Die Arbeiten an dieser großen Stahlbogenbrücke begannen im Sommer 1893. Fast eine Million Niete wurden verarbeitet. Am

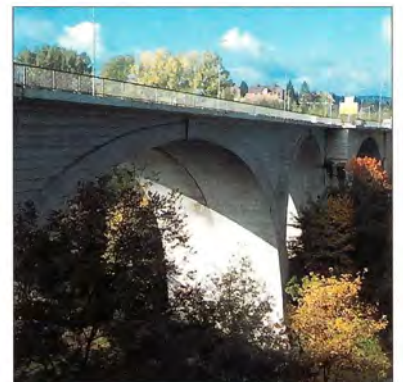
3. Juli 1897 überquerte der erste Zug auf der neuen, 107 Meter hohen Brücke die Wupper. Die Brücke ist mit einer Spannweite von 170 Meter auch heute noch eine der größten in Deutschland und in Betrieb.

## Bogenbrücken aus Beton

Eine ganz besondere Verbindung liegt dem Werkstoff Beton als „künstlichem Stein“ zugrunde, die mehr noch in der Kombination mit Eisen – beziehungsweise Stahl – für Brücken aus Stahl- und Spannbeton oder in der Verbundbauweise Bedeutung erlangt hat.

Bereits die Römer wußten Mauerwerk aus einem Guß zu schätzen. Das Verfahren geriet jedoch im Mittelalter weitgehend in Vergessenheit. Erst im 18. Jahrhundert entdeckte der Engländer John Smeaton das Wissen um das römische Gußmauerwerk wieder.

Viele der ersten Brücken sind monolithisch aus Stampfbeton gebaut, einem Beton, der durch Stampfen verdichtet wird und noch keine Eisenarmierung hat. So hatten denn auch die ersten Betonbrücken Bogenform, da die Ingenieure auf ihre Erfahrungen mit Steinbrücken zurückgreifen konnten. In Deutschland sind die Eisenbahnbrücken über die Iller bei Kempten, die von 1904–1906 errichtet wurden, die







*Kopplungsstücke eines Spannbetonträgers*

bekanntesten Vertreter der Stempfbetonbauweise. Um Schalung zu sparen, wurden in diesem Fall drei gleichartige Brücken nebeneinander gebaut, die Schalung konnte also dreimal verwendet werden. Die Spannweite der Mittelöffnung beträgt 64 Meter.

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts verbesserte Joseph Monier (1823–1906) die Belastbarkeit von Beton, indem er in den künstlichen Stein Eisenstäbe einbetonierte. Dieses Prinzip des Eisenbetons beruht auf der Verbundwirkung von Beton und Eisen: Beton nimmt den Druck, Eisen die Zugkräfte auf. Dieser Verbund ist natürlich nur möglich, weil Eisen und Beton den gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten haben.

Wenn diese Bewehrung aus Stäben, Drähten oder verseilten Litzen vorgespannt wird, kann die Zugfestigkeit des Betons noch

einmal verbessert werden. Außerdem können durch das Vorspannen größere Spannweiten erreicht werden als mit Stempfbeton oder Stahlbeton. Während sich mit Stahlbetonbalken heute etwa 120 Meter überbrücken lassen, erreicht ein Spannbetonbalken dagegen bis 220 Meter. Da sich diese Spannweiten addieren lassen, entstehen nahezu beliebig lange Brückenbauwerke. Die Bauteile können vorgefertigt und vor Ort montiert werden, womit ein schnelles und wirtschaftliches Bauen sichergestellt ist. Eine der ersten Spannbetonbrücken ist die Straßenbrücke bei Esbly über die Marne, die in den Jahren 1948 bis 1950 nach Entwürfen von Eugène Freyssinet (1879–1962) gebaut wurde.

Zum Spannen verlegt man hochwertigen Spannstahl in Hüllrohre. Über Verankerungen an den Enden können die Stäbe vorgespannt und die Kräfte auf den

*Abb. Seite 100 oben:  
Genieteter Knotenpunkt der Müngstener  
Brücke während des Baus*

*Abb. unten:  
Stempfbetonbrücke über die Iller,  
Kempten*

# Verbindungen im Brückenbau



Beton übertragen werden. Verankerungen, Spannstahl und Hüllrohre bilden das Spannglied. Die Spannglieder werden an einem Ende fest einbetoniert, etwa mit einer Zwirbelverankerung, am anderen Ende ermöglicht eine Mehrflächenverankerung das Spannen des Stahls. Hängen mehrere Spannabschnitte hintereinander, benötigt man Verbindungsstücke, die die Vorspannkräfte übertragen. Die Spannglieder werden mit der Bewehrung einbetoniert. Nach dem Erhärten des Betons werden sie mit einer Presse so lange angezogen, bis sie die erwünschte Spannung von 55 bis 75 Prozent der Bruchfestigkeit der Stähle erreicht haben. Damit die Spannstähle fest mit dem Bauwerk verbunden sind und nicht rosten, werden die Hüllrohre mit Zementleim vergossen.

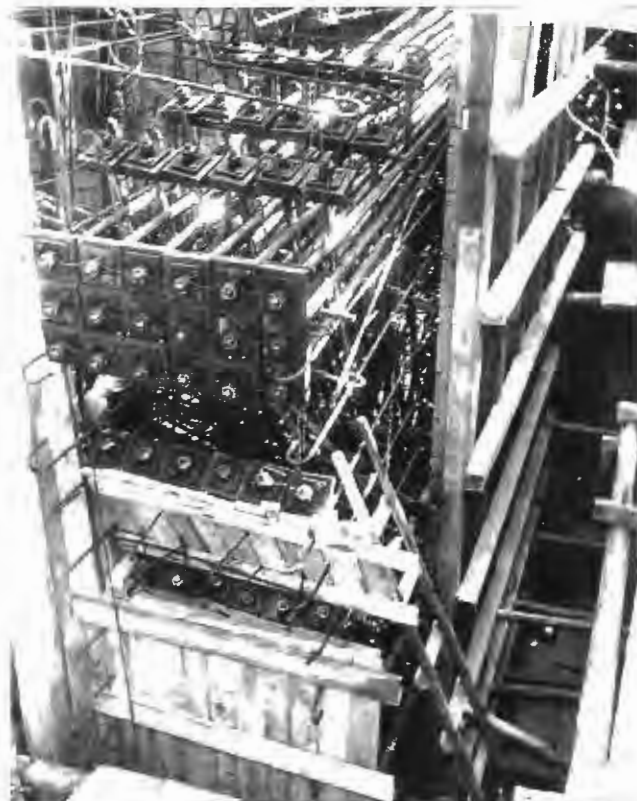
Mit der Entwicklung des Spannvorgangs wurden ab 1950 weitere Bauverfahren in Betonbauweise möglich, wie beispielsweise der Freivorbau. Dazu werden von den Widerlagern und den Pfeilern einer Brücke aus in Abschnitten frei vorkragende Arme gebaut. Zum Widerlager hin muß jeder Arm für jeden Bauzustand neu rückverankert werden, die Arme auf den Pfeilern müssen auf beiden Seiten gleich weit vorkragen, damit sie nicht nach unten kippen können. Den Freivorbau in Spannbeton entwickelte

um 1950 der Ingenieur Ulrich Finsterwalder (1897–1988). Die Nibelungenbrücke in Worms war 1951 bereits die dritte Spannbetonbrücke, die mit diesem Verfahren erbaut wurde; mit 114,20 m verdoppelte sie die Spannweite ihrer beiden Vorgänger.

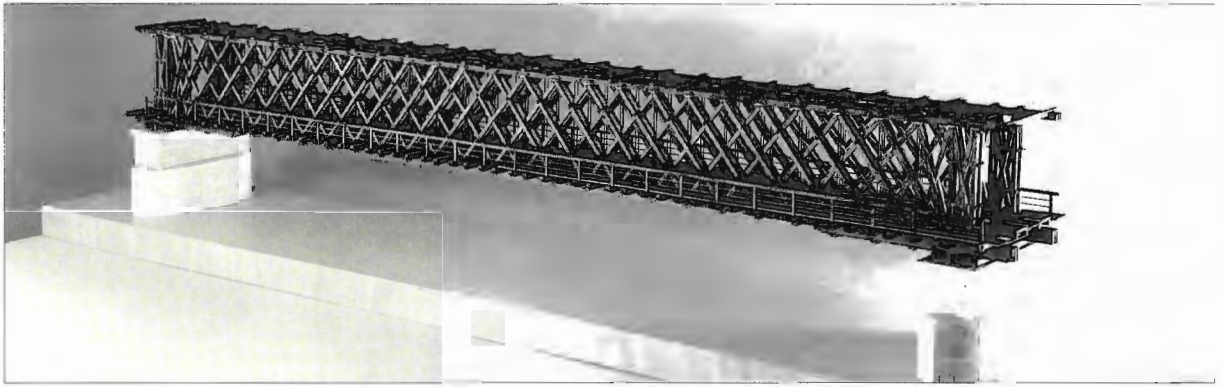
*Freivorbau der Nibelungenbrücke, Worms, 1951–53*

*Abb. Seite 103:  
Modell der Eisenbahnbrücke über die Elbe bei  
Wittenberge, 1849, mit Howe'schen Träger*

*Eingebaute Spannglieder der Nibelungenbrücke*







## Fachwerkbrücken

Weitgespannte Brücken mit wenig Gewicht entstehen, wenn Balken auf das statisch Notwendige zurückgeführt werden, auf ihr Gerippe sozusagen oder das Fachwerk. Fachwerkbrücken sind grundsätzlich Balkenkonstruktionen. Ihre Wirkungsweise beruht auf der Formfestigkeit eines Dreiecks. Im Holzbau sind Dreiecksbinder seit alters her üblich: Senkrecht zu den Sparren stehen Druckstreben. Dadurch werden die entstehenden Druck- und Zugkräfte im Gleichgewicht gehalten. Ihre Vorteile gegenüber anderen Konstruktionssystemen: die Binder sind einfach vorzufertigen und zu montieren, der Seitenschub lässt sich minimieren, aber vor allem: sie sind leichter als vergleichbare Vollwandträger. Aus dem bekannten hölzernen Fachwerk entwickelte sich in der Zeit der Industrialisierung das eiserne Fachwerk. Zwischen den Druck- und Zugstäben, den sogenannten Ober- und Untergurten, war zunächst ein Gitter aus gekreuzten Flacheisen befestigt, das Querkkräfte aufnimmt und einfach zu bauen ist. Ab etwa 1830 kam, gleichzeitig mit dem Bau der Eisenbahnlinien, das eiserne Fachwerk als eine eigenständige Brückenbauweise auf. Das neue Verkehrsmittel setzte Brücken bisher nicht gekannten Beanspruchungen aus. Sie hatten nun sehr hohe Lasten aufzuneh-

men, das Eigengewicht der Brücke mußte immer weiter verringert werden. Von diesem Zeitpunkt an wurden ständig neue Fachwerkträger entwickelt, die nach ihren jeweiligen Erfindern etwa Town-, Howe-, Pauli- oder Gerberträger genannt wurden, um nur einige der wichtigsten zu nennen.

Der Ingenieur Carl von Ruppert baute zwischen 1852 und 1858 die Eisenbahnbrücke über die Kinzig bei Offenburg in Baden als Gitterbrücke. Bei Baubeginn war sie mit 62,80 Metern noch die weitestgespannte eiserne Balkenbrücke. Zwei untere und zwei obere eiserne Längsträger, die Obergurte und Untergurte, ruhten auf Querträgern, die auch die Eisenbahnschienen aufnahmen. Dazwischen war ein engmaschiges Netz aus rechtwinklig gekreuzten, genieteten Flachschieben befestigt. Da Gurtungen und Flachstreben die gleiche Stärke aufwiesen, war die Festigkeit der Kinzigbrücke ungenügend. Außerdem hatte sie nicht die notwendige Seitenstabilität, da ihr die vertikalen Versteifungen fehlten. Die Brücke wurde schon 1882/83 durch eine Konstruktion mit Parabelträger und Ständerfachwerk ersetzt. Aber auch diese Brücke war nicht von Dauer: Bis heute wurde sie viermal neu errichtet.

Die Entwicklung des linsenförmigen

Fachwerkträgers geht auf den Oberbaurat Friedrich August von Pauli (1802–1883) zurück. Der Pauli- oder Fischbauchträger besteht aus gekrümmten Gurten. Dabei nimmt der Obergurt die Druckkräfte, der Untergurt die Zugkräfte auf. Die Spannung innerhalb der Träger verändert sich beim Belasten der Brücke nicht, denn der Träger ist in der neutralen Achse gelagert. Mit dem Bau der Großhesseloher Isarbrücke 1857 und der Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz mit der beachtlichen Stützweite von viermal 105,20 Metern gelang der Durchbruch des Pauliträgers im Stahlbrückenbau in Deutschland.

Die 1835 erbaute Holzfachwerkbrücke über den Stadtgraben in Hannover ist ein bedeutendes Werk des Hofarchitekten Georg Ludwig Friedrich Laves. Der Träger mit 30 Meter Spannweite hat bereits Linsenform und ähnelt damit dem späteren Pauliträger. Zug- und Druckkräfte sind auf Ober- und Untergurt der miteinander verzahnten und mit Flacheisen umschlossenen Balkenenden verteilt. Senkrechte Streben sichern das Zusammenwirken der beiden Teile.

In den Jahren 1907–1911 entstand die Hohenzollernbrücke über den Rhein in Köln als Zweigelenkfachwerkbogen mit Zugband. Heute stehen hier drei



# Verbindungen im Brückenbau

Abb. oben:  
Modell der Kinzigbrücke bei Offenburg,  
Baden, 1858

Abb. unten:  
Hohenzollernbrücke über den Rhein,  
Köln

Generationen Stahlbrückenbau nebeneinander: Nach ihrer Zerstörung 1945 wurde die Brücke in den 1950er Jahren unter Verwendung erhaltenegebliebener Bauteile wieder errichtet und um einen zweiten Brückenzug erweitert; in den achtziger Jahren kam ein dritter Brückenzug für den S-Bahn-Verkehr hinzu. Die ältesten Bauteile von 1911 erkennt man an den noch zahlreichen Nietverbindungen zwischen den einzelnen Bauteilen. In den fünfziger Jahren, der zweiten Stahlbaugeneration, hat sich die Zahl der Bauelemente bereits verringert, Schweißkonstruktionen ersetzen schon teilweise die Nietverbindungen. In den achtziger Jahren, der dritten Generation, entsteht ein vollständig geschweißter Überbau mit nahezu glatter Oberfläche.

Da alle auftretenden Kräfte des Tragwerks in die Knotenpunkte eingeleitet werden, unterliegen diese besonderen Beanspruchungen. Als Verbindungselemente zwischen den Blechen der geschweißten Träger dienen hochfest vorgespannte Schrauben, mit denen die Bauteile durch Reibungsschluß aufeinandergepreßt werden. Ein Drehmomentschlüssel sorgt beim Anziehen der Schrauben für die Einhaltung der gewünschten Vorspannung.





*Knotenpunkt der Spannbandbrücke  
über das Altmühltal bei Essing*

## Seilverspannte Konstruktionen

Mit Seilen können leichte und besonders weit gespannte Brücken gebaut werden. Ein Seil wird nur auf Zug belastet und paßt sich – wie die Kettenlinie – jeder Lastverteilung neu an. Seilverspannte Konstruktionen gelten wegen ihrer Spannweiten, wegen ihrer zierlichen Erscheinung und meist spielerischen Eleganz als die aufsehenerregendsten Brückenbauwerke.

### Spannbandbrücken

An einer Hängebrücke aus Rattan über den Salu-Manio-Fluß in Celebes (Indonesien) wird eine der ältesten, nicht aber die einfachste Möglichkeit gezeigt, Flüsse und tiefe Schluchten zu überqueren. Spannseile werden sorgfältig an den beiden Uferseiten verankert, Querverbindungen sorgen für die nötige Aussteifung. Solche Hängebrücken sind Spannbandbrücken, deren Seile gleichzeitig den Gehweg oder die Fahrbahn tragen.

Eine fast 200 Meter lange, moderne Spannbandbrücke in Holzkonstruktion führt einen Fußgänger- und Radweg bei Essing im Altmühltal über den Main-Donau-Kanal. Um die landschaftliche Schönheit nicht zu stören, wurde für die Überquerung ein besonderes Konstruktionsprinzip gewählt: das auf Zug beanspruchte höl-

zerne Spannbandtragwerk. Es ist die erste und bedeutendste Holzbrücke dieser Art in Europa, eine Meisterleistung des modernen Ingenieurholzbaus. Der Durchhang des Spannbandes in den einzelnen Feldern folgt annähernd einer Kettenlinie, so werden die vertikalen Lasten im wesentlichen durch die Umlenkung der Zugkräfte auf die Stützen und Widerlager übertragen.

Die Widerlager einer Spannbandbrücke müssen besonders kräftig ausgelegt sein, denn sie nehmen alle Zugkräfte auf. Die aufgefächerten Pfeiler sorgen für eine sanfte, gerundete Umlenkung des Spannbandes und seiner Zugkräfte. Beim Begehen schwingt der Brückenweg merkbar, aber nicht störend. Das Spannband bilden neun brett-schichtverleimte Fichtenholzträger, die untereinander mehrfach diagonal zu einem steifen Querschnitt verbunden sind, um die seitlichen Kräfte aufnehmen zu können. Durch Konstruktionselemente aus tropischem Hartholz, Lärchenholz und einer Abdeckung aus Titan-Zink-Legierung ist die gesamte Brücke gegen Witterungseinflüsse widerstandsfähig.

### Kettenbrücken

Hängebrücken erreichen die größten möglichen Spannweiten. Seile aus Naturfasern oder Stahl, manchmal auch Ketten, müssen

fest in Ankerblocks eingespannt sein und schwingen sich über die Stützen der Hängebrücke. Vom Hauptseil abgehängte Seile tragen die Fahrbahn, die als Versteifungsträger ausgebildet sein kann. Dieser verhindert, daß sich die Fahrbahn bei Belastung verformt.

Die ersten Hängebrücken mit Eisenketten sind um 600 n. Chr. in Südwestchina gebaut worden; der europäische Kettenbrückenbau begann in Großbritannien. Am berühmtesten sind die Bangorbrücke über den Menaikanal, 1819–1826 mit 176 Meter Spannweite erbaut, und die 1826 fertiggestellte Conway-Castle-Brücke mit 99,70 Meter Spannweite. Beide wurden von Thomas Telford (1757–1834) erbaut.

Die Kettenbrücke über die Regnitz in Bamberg wurde nach nur 18 Monaten Bauzeit 1829 als eines der modernsten Bauwerke der Stadt feierlich eröffnet. Die Pylone gestaltete der Architekt Leo von Klenze. Bereits 1891 mußte sie allerdings einem moderneren Stahlbogen weichen.

### Hängebrücken mit Stahlseilen

Im Jahre 1816 wurde in Philadelphia, USA, erstmals ein Steg vorgestellt, der an Metalldrähten aufgehängt war. Acht Jahre später erbauten Henri Defour und Marc Séguin in Genf die erste Hänge-

# Verbindungen im Brückenbau

Rheinbrücke bei Köln-Mühlheim, 1949/50

brücke mit einem Drahtkabel. Einen zukunftsweisenden Brückenschlag mit einem Stahlhängeseil wagte der französische Ingenieur Joseph Chaley (1795–1861). Die Grand Pont über das Saane-Tal bei Fribourg, Schweiz, 1832–1834 erbaut, erreichte die beachtliche Spannweite von 273 Meter.

Die Brooklyn-Hängebrücke über den East River, eines der berühmten Wahrzeichen New Yorks, wurde von dem Vermessungsingenieur John August Roebling (1806–1869) geplant. Roebling hatte zuvor bereits zukunftsweisende Hängebrücken bei den Niagarafällen (1855) und über den Ohio in Cincinnati (1866) gebaut; zudem war er Besitzer einer Fabrik für Stahlseile. Auch das Verfahren zum Kabelspinnen in der Luft, das noch heute zum Verlegen der Tragseile für Hängebrücken angewandt wird, geht im wesentlichen auf ihn zurück. Die vier Tragkabel der Brooklyn-Bridge mit 395 mm Durchmesser und einem Gewicht von je 815 Tonnen bestehen aus 5358 einzelnen Stahldrähten; auch sie wurden im Kabelspinnverfahren über den 107 Meter hohen Pylonen verlegt.

Die Rheinbrücke nach Köln-Mühlheim entstand 1927–1929 als Hängebrücke mit 315 Meter Spannweite. Sie war damals eine



der längsten Hängebrücken in Deutschland. Jedes der beiden Hauptkabel war 550 Meter lang und bestand aus 37 patentverschlossenen Drahtbündeln mit je 277 Drähten. 1500 Tonnen wogen diese Kabel.

Die größte japanische Insel Honshu wird mit der kleineren Shikoku-Insel über drei Schnellstraßen und eine Bahnstrecke verbunden; dafür wurden seit 1990 fünfzehn Brücken gebaut. Eine dieser Brücken ist die Akashi-Kaikyo-Brücke, eine Hängebrücke mit 1990 Meter Rekordspannweite. Die 282,80 Meter hohen Pylone sind aus Stahl und mit großen Kreuzen ausgesteift. Im Gegensatz zu den europäischen Brücken ist das Brückendeck kein aerodynamischer Hohlkasten, sondern ein Fachwerkträger. Die Kabel mit einem Durchmesser von 1122 mm bestehen aus 290 Litzen, die wiederum 127 Drähte enthalten. Ein Kabel setzt sich so aus 36830 einzelnen Drähten zusammen, die aus hochfestem Stahl entwickelt wurden. Das erste Seil von fast 4 Kilometer Länge bestand aus leichtem Kunststoff und wurde mit einem Hubschrauber von einem Ufer zum anderen transportiert. Die anderen Kabel

Abb. Seite 107:  
Kabelklemmen und Hängeseile der  
Akashi-Kaikyo-Brücke, Japan

Pylon der Severinsbrücke, Köln

wurden als vollständige Litzen verlegt und auf riesigen Kabeltrommeln zur Baustelle gebracht. Bei dem starken Erdbeben 1996 in Kobe, als die Pylone schon standen und die Kabel verlegt wurden, haben sich die Fundamente um 80 cm verschoben, die Brücke selbst blieb jedoch unversehrt.

## Schrägseilbrücken

Die Schrägseilkonstruktion ist ein statisches System, das aus einem Mast besteht, der zu zwei Seiten gegen ein Deck abgespannt ist; sie ist – etwa im Segelschiffbau – lange bekannt. Im Brückenbau wurde anfangs versucht, an Stahlbrücken anstelle von zwei Trag- und vielen Hängeseilen nun mehrere, schräg verlaufende Seile an einem Mast oder Pylon aufzuhängen. Aber erst in den 50er Jahren entdeckte man im Zuge der zunehmenden Industrialisierung im Bauwesen die Schrägseilbrücke als rationelle Bauweise.

Heute ermöglicht diese Brückenbauweise eine einfache, dem Freivorbau verwandte Montage eines leichten Brückendecks. Zudem kann man mit bereits vorgefertigten Teilen arbeiten. So werden die Vorteile des Freivorbaus und des Fertigteilbaus mit den statischen Vorteilen der Hängebrücke verbunden. Moderne Schrägseilbrücken haben Stahl- und Betonfahrbahnen mit aerodynamisch stabilem Querschnitt, die bis zu





1000 Metern weit gespannt und durch Seile zum Pylon hin rückverankert sind. Diese Seile können harfen- oder fächerförmig angeordnet und mit den Fahrbahnen beidseitig oder mittig verbunden sein.

Eine der ersten größeren Schrägseilbrücken wurde 1959 in Köln eingeweiht. Der Architekt Gerd Lohmer plante die Severinsbrücke als asymmetrische Schrägseilbrücke. Man nannte sie Kontrapunkt, weil sie sich mit ihrem Aförmigen Pylon auf der rechten Rheinseite gestalterisch mit dem Stadtbild Kölns auseinandersetzt. Die Fahrbahn mit 302 Meter Spannweite wird auf jeder Seite von sechs Kabelsträngen getragen; jeder Kabelstrang enthält 16 quadratisch angeordnete, vollverschlossene Spiralseile. Diese haben einen Durchmesser von je 8,5 cm und können eine Zuglast bis 44000 Kilonewton aufneh-

men. Die Fahrbahn der Severinsbrücke ist eine orthotrope Platte, eine dicke Stahlplatte, die auf ihrer Unterseite durch sich rechtwinklig kreuzende Rippen versteift ist. Darauf kann der Asphaltbelag unmittelbar aufgebracht werden.

Die modernste und größte Schrägseilbrücke Europas ist heute die Normandiebrücke, die an der französischen Atlantikküste die Seinemündung zwischen Le Havre und Honfleur seit 1995 überspannt. Die 214 Meter hohen Pylone bestehen in ihrem unteren Teil aus Spannbeton; die Pylonspitzen enthalten in Stahlkästen die Seilverankerungen für die insgesamt 92 Kabel. Die Kabelbündel haben bis zu 16,8 cm Durchmesser und Längen von 95 bis 450 Metern; sie setzen sich aus bis zu 53 Litzen zusammen und müssen Lasten bis 600 Tonnen aufnehmen können. Um wetterbedingten



Schwingungen entgegenzuwirken, sind die Seile untereinander durch schwingungsdämpfende Querseile verbunden. Sie sind mehrfach ummantelt und so gegen Korrosion, aber auch gegen Sabotage gesichert. Am Fußpunkt der Kabel sind Schwingungsdämpfer angebracht. Das Brückendeck liegt 59 Meter über dem Wasserspiegel. Es ist ein besonders schlanker Kastenträger mit aerodynamischem Querschnitt, im Freivorbau und in Spannbetonbauweise errichtet. Das 624 Meter lange Mittelfeld der Brücke besteht aus leichten, vorgefertigten Stahlsegmenten.

# Verbindungen im Brückenbau

*Modell der Kettenbrücke über die Regnitz, Bamberg*

## Verbindungen für Brücken

Brückenkörper unterliegen ständig Verschiebungen und Verdrehungen durch Temperaturschwankungen, baustoffspezifische Veränderungen und äußere Belastung. Gleichzeitig müssen die Kräfte, die auf eine Brücke wirken, in jeder Stellung auf Stützen und Widerlager übertragen werden. Diese Aufgabe übernehmen die Brückenlager. Die Richtungen, in die sich Brückenlager bewegen müssen, werden durch das vom Ingenieur gewählte statische System für die Gesamtbrücke bestimmt. Es gibt feste, einseitig und auch allseitig bewegliche Lager. Bis zu 80 Jahre lang können historische Lager aus Stahl ihren Dienst tun, bevor sie verschlissen sind; während ihres Gebrauchs wurden sie routinemäßig kontrolliert, gewartet und danach ausgetauscht. Diese konventionellen Lager übertragen die Kräfte punktförmig oder linear, moderne Topfgleitlager oder Kalottenlager dagegen flächig. Letztere können Lasten bis zu 4900 Kilonewton aufnehmen.

Brücken dehnen sich aber auch bei Erwärmung aus und ziehen sich bei Abkühlung zusammen. Damit sie diese Bewegungen aufnehmen können, müssen die Träger nicht nur beweglich gelagert, sondern auch in bestimmten Abständen durch Fugen unterbrochen werden. So entsteht Spiel-



raum für diese Bewegungen; Spannungen im Brückenkörper werden vermieden. Damit der Verkehr möglichst reibungslos diese – bis zu mehreren Metern breiten – Fugen überwinden kann, werden sie durch besondere Bauteile überbrückt. Die Größe dieser Übergangskonstruktionen richtet sich nach der Länge und dem Baustoff der Brückenabschnitte. Lange Zeit waren Fingerübergänge aus Stahl und sich übereinanderschiebende Stahlplatten beim Straßenbau im Einsatz; sie sind allerdings schwierig zu entwässern und recht wartungsintensiv. Seit etwa 1970 gibt es eine Vielzahl technisch ausgereifter Konstruktionen in Lamellenbauweise. Sie haben den Vorteil, daß die Gesamtbewegung durch gesteuerte Längsträger aus Stahl aufgeteilt wird. Die Einzelspalten werden durch Kunststoffprofile abgedichtet.

Die Tauglichkeit jeder dieser – hier als Auswahl gezeigter – konstruktiver Verbindungen und ihr Zusammenwirken im Bauwerk befähigt schließlich eine Brücke, ihre eigene verbindende Aufgabe zu erfüllen. Eine große Zusammenschau der Technik des Brückenbaus zeigt die neugestaltete Ausstellung „Brückenbau“ des Deutschen Museums in München.

In der Exempla '99 sind Modelle der Donaubrücke in Straubing, der Kettenbrücke über die Regnitz in Bamberg und der Holzfachwerkbrücke Stadtgraben in Hannover zu sehen.

Abb. Seite 109:  
Rad- und Fußgängerbrücke, Minden





## Seiltechnik im Brückenbau

Die Seiltechnik ist in der modernen Architektur wichtiges Element, um Leichtigkeit und Transparenz konstruktiv realisieren zu können. Seiltragwerke schaffen heute die technische Voraussetzung, gewaltige Dimensionen sowohl bei Überdachungen und Glasfassaden, als auch im Brückenbau zu überspannen.

Die Konstruktion und Gestaltung des Seilnetzdaches über dem Sportgelände für die Olympischen Spiele in München, eines der bekanntesten und auch frühesten Seilbauwerke, regte in den frühen

70er Jahren die Entwicklung der Seiltechnologie wesentlich an. Leitender Ingenieur für die Planung und Errichtung des Olympiada-ches war damals Jörg Schlaich. Seit 1980 führt Jörg Schlaich mit Rudolf Bergermann ein Ingenieurbüro in Stuttgart, das vor allem für Entwurf und Planung einer mit Drahtseilen abgespannten Architektur bekannt ist.

### Brückenbauten der Ingenieure Schlaich Bergermann und Partner

Wichtiger Planungsbereich von Schlaich Bergermann und Partner ist der Brückenbau, wobei die vielfältigen Möglichkeiten der verschiedenen Seiltragwerksarten genutzt werden. Große Straßen- und Eisenbahnbrücken, aber auch Fußgängerbrücken wurden von diesem Büro in den letzten 20

Jahren als Hängeseil- oder Schrägseil-, Spannband- und Seilbinderbrücken konzipiert. Auch wenn die Systeme dieser verschiedenen Seiltragwerke prinzipiell gleich bleiben, so werden doch die konstruktiven Details jedem Entwurf formal angepaßt, d. h. neu geplant, da sie wesentliches Element der Gesamtgestaltung sind. Das betrifft gerade auch die konstruktiven Seilverbindungen wie die Seilverankerungen am Mast und an der Rampe oder die Kopplungsstücke zwischen den verschiedenen Seilen.

In der Exempla '99 werden zwei Seilbrücken im Modell ausgestellt, die als beispielhaft für die Brückenbauten von Schlaich Bergermann und Partner gelten können. Ein Modell stellt die Glacisbrücke in Ingolstadt dar, das andere Modell zeigt die Fußgängerbrücke am Nordbahnhof in Stuttgart.



# Verbindungen im Brückenbau

Seilabspannung am Mast der IGA-Hängeseilbrücke, Stuttgart

Abb. Seite 111:  
Spannbandkonstruktion mit Stahlstützen der  
Glacisbrücke, Ingolstadt

Die letztgenannte Brücke wurde – zusammen mit einer weiteren Fußgängerbrücke – von Schlaich Bergemann und Partner 1992 zur Internationalen Garten-Ausstellung in Stuttgart entworfen, um zwei Parks über ein breites Eisenbahngelände und eine vielbefahrene Ausfallstraße hinweg zu verbinden. Es waren große Spannweiten und niedere Konstruktionshöhen nötig, um die Lichtraumprofile von Bahn und Straße einzuhalten und die Brücken kurz an das Gelände anzubinden. Diese Vorgaben konnten mit selbstverankerten Hängeseilbrücken erfüllt werden.

Hängeseilbrücken, auch selbstverankerte, kommen mit sehr verwickelten Wegeführungen zurecht und erlauben eine große Vielfalt an Formen. Die durchhängenden Hauptseile tragen die Lasten über Zug. Die Hängelinie ergibt sich aus dem Gleichgewicht zwischen den vertikalen Lasten und den Seilkräften. Der Träger leitet die Lasten über Hängerseile zu den Hauptseilen und versteift durch sein Gewicht und seine Biegesteifigkeit das Gesamtsystem gegen zu große Verformungen unter Teillasten. Weitere Versteifungsmöglichkeiten sind schräge Hängerseile oder zusätzliche Schrägseile. Die Hauptseile werden auf den Masten umgelenkt und an den Brückenenden verankert, und zwar so, daß ihre horizontalen



Druckkomponenten sich im Träger ausgleichen. Auf diese Weise entsteht eine selbstverankerte Hängeseilbrücke.

Die IGA-Hängeseilbrücken in Stuttgart sind so konzipiert, daß die Betonplatten der Brücken jeweils nur an einem Mast über Koppel- und Tragseile aufgehängt werden. Die größere Brücke über das Eisenbahngelände bindet zugleich den Nordbahnhof ein. Die Gesamtlänge des Brückenzuges beträgt 460 m – bei einer maximalen Einzelspannweite von 120 m. Die drei Arme der Brücke sind sternförmig angeordnet, wobei einer der Arme als Rampe auf den Bahnsteig führt.

Der Mast dieser Brücke steht so im Kreuzungspunkt der drei Arme, daß er von den Hauptseilen allein im Gleichgewicht gehalten wird. Die sechs Seilhälften sind paarweise mit Gabelseilhülsen an

Koppelblechen zusammengeführt und mit kurzen Einzelseilen am Mastkopf eingehängt. Der Mastkopf besitzt für diesen Zweck in Schlitzen eingeschweißte Stahlbleche, die über einen zentralen Stahlkern untereinander verbunden sind und an denen wieder über Gabelseilhülsen die Einzelseile verankert sind. Die komplizierte Geometrie, also die unterschiedliche Höhenlage der Koppelstücke und Neigung der Seile, erklärt sich aus der Gleichgewichtsbedingung, daß sich alle Seile in einem Punkt treffen und sich ihre Horizontalkraftkomponenten ausgleichen müssen.

An den sechs Hauptseilen sind die vertikalen Hängerseile mit vorgespannten Seilklemmen befestigt. Seil und Betonplatte sind verbunden, indem das Seil an den Überbaukanten über einbetonierte Sättel umgelenkt, geklemmt und unter dem Überbau durchgeführt wird.



Eine ganz andere Konstruktion weist die Glacisbrücke in Ingolstadt auf, eine Straßenbrücke, die den äußeren Verkehrsring im Südwesten Ingolstadts schließt und die beiden anderen Donaubrücken dieser Stadt, die Schiller- und die Konrad-Adenauer-Brücke, entlastet. Da die Brücke und die weitergeführte Fahrbahn den Luitpoldpark durchqueren, war eine besonders sensible Abstimmung auf die Umgebung gefordert. Außerdem sollten die Geh- und Radwege die Uferwege verknüpfen und nicht der weiteren Wegeführung der Straße folgen.

So entstand im Entwurf von Schlaich Bergermann und Partner eine unterspannte Sprengwerk-Brücke mit 164 m Gesamtspannweite, deren Konstruktion auf auffallende Pylone verzichten konnte. Das Tragverhalten der Brücke läßt sich als Kombination aus Spannbandtragwirkung und Sprengwerk

beschreiben. Das Sprengwerk wird vom unter Druck stehenden Mittelfeld, der dünnen Betonplatte der Straße, und von schrägen Stützen am Ufer gebildet. Eine Seilunterspannung unter den Längsträgern der Fahrbahn, die von Widerlager zu Widerlager führt, stützt die Brücke zusätzlich. Dieses Spannband besteht aus zwei parallelen Hauptseilscharen mit jeweils vier Tragseilen. Der Stahlbetonüberbau ist alle 4 m über Stahlstützen auf diesen Seilen aufgeständert. Die Knotenpunkte der Stahlstützen auf den Seilen bestehen aus Gußstahlsätteln, die mit Klemmen an den Seilen fixiert sind. Die Seilbündel hängen nach unten durch, damit sie die Belastung von oben als Zugband tragen können. Die Tragseile werden an den schrägen Betonstützen über Umlenk- und Klemmsättel umgelenkt bzw. fixiert und in den Widerlagern an speziellen Stahlelementen veran-

kert. Durch die das Widerlager und das Stützenfundament verbindende Druckstrebe sind die hohen Zugkräfte mit dem Sprengwerk-Horizontalschub kurzgeschlossen.

Die beiden seitlich an der Brücke angehängten Geh- und Radwege lösen sich von der Straße und folgen dem Verlauf der Unterspannungsseile – sie hängen also zwischen den beiden Stützen durch. Sie sind als Spannbandbrücken mit gesonderten Tragseilen ausgebildet, die seitlich gegen die Fahrbahnkonstruktion ausgesteift sind.

Informationen zu den Brücken: Hans Jochen Oster: Fußgängerbrücken von Jörg Schlaich und Rudolf Bergermann, Katalog zur Ausstellung an der ETH Zürich, Stuttgart 2. Aufl. 1994. Glacisbrücke Ingolstadt, hrsg. v. d. Stadt Ingolstadt, Ingolstadt 1998.

# Verbindungen im Brückenbau

---

## **Realisierung der Seilbrücken durch Pfeifer Seil- und Hebeteknik GmbH**

Die Entwürfe von Schlaich Bergermann & Partner werden in enger Zusammenarbeit mit dem Unternehmen Pfeifer Seil- und Hebeteknik GmbH, Memmingen, realisiert. Auch für die beiden in der Exempla '99 gezeigten Brücken geschah die Herstellung und Montage des gesamten Seiltragwerkes einschließlich des Stahlbaus durch die Firma Pfeifer.

Die Firma Pfeifer verwendet im Bereich Seiltechnik die verschiedensten Seilkombinationen und Seilkonstruktionen für die unterschiedlichsten Einsatzbereiche. Das sind unter anderem Seile für Hersteller und Betreiber von Kränen und Aufzügen, für die Schifffahrt, für die Fahrzeug- und Bauindustrie und speziell für den Seiltragwerksbau, zu dem auch Brücken gehören. Bekannte Seilbauwerke der Firma Pfeifer, die für verschiedene Ingenieur- und Architektengemeinschaften realisiert wurden, sind beispielsweise die Lufthansa wartungshalle und das Hotel Kempinski auf dem Flughafen München II, die „Leichte Wolke“ im Grand Arche in Paris, die fahrbare Überdachung der Tennisanlage in Hamburg-Rothenbaum oder das Gottlieb-Daimler-Stadion in Stuttgart.

Von der architektonischen Entwurfszeichnung bis zur Ausführung einer Seilbrücke sind viele Einzelschritte notwendig wie die exakte Formfindung und Berechnung, der Modellbau für komplizierte Montagen, Tests im Recktunnel, Dehnungsmessungen und Zugversuche. Teile dieser Arbeitsschritte werden heute von Rechnern und Simulationsprogrammen unterstützt.

Neben der Entwicklung, Konstruktion und Montage der tragenden Elemente der Seilbauwerke, müssen auch die geeigneten Seile die Verbindungsteile und ein dauerhafter Korrosionsschutz bestimmt werden. Als Vorlage dienen die Entwurfspläne der Architekten, aber deren gestalterische Ideen müssen konstruktiv umgesetzt werden. Das bedeutet zum Teil die Entwicklung neuer konstruktiver Verbindungstechniken, die auch dem ästhetischen Anspruch der modernen Architektur genügen.

Mit einbaufertig angelieferten Systemseilen und den dazugehörigen Verbindungen entstehen in vergleichsweise kurzen Montagezeiten Seiltragwerke verschiedenster Bauart. Speziell bei Brücken bringt diese Bauweise den Vorteil, daß der fließende Verkehr auf Straßen, Schienen oder Schiffswegen in der Regel kaum beeinträchtigt wird.

Das Unternehmen Pfeifer hat eine lange Tradition – aus dem Jahr 1579 stammt der älteste Nachweis für die Seilerei Pfeifer in Memmingen. 1950 übernahm Hermann Pfeifer den kleinen Seilereibetrieb, der damals nur zwei Mitarbeiter zählte. Im Laufe der Jahre ist es gelungen, den handwerklichen Betrieb zu dem heutigen Unternehmen auszubauen und eine führende Stellung auf dem Weltmarkt im Bereich der Seil-, Hebe- und Bautechnik zu erreichen.

Alle Arbeiten der sogenannten „Seilkonfektionierung“, also die Seilverarbeitung entsprechend des Kundenauftrags wie Ablängen, Recken, Spleißen und Endlosverlegen, Pressen und Vergießen der Seile, werden von der Firma Pfeifer ausgeführt. Für die Seilkonfektionierung sind Seilklemmen-Pressen bis 3000 t und 82 mm Seildurchmesser, Rollmaschinen für Seilendverbindungen bis 44 mm und Vergußtürme für offene und vollverschlossene Spiralseile bis 150 mm Durchmesser vorhanden. Endlose Drahtseile bis zu einem Durchmesser von 200 mm können ebenfalls maschinell hergestellt werden.

Das Zentrum der Produktionsanlage für die schwere Seilkonfektionierung bildet der 240 m lange Recktunnel mit einer hydraulischen Vorspanneinrichtung bis 6000 kN



und 3 m Kolbenweg. Hier können Kranseile auf genaue Längen ausgeschwelt und offene und vollverschlossene Bauwerkseile bis 150 mm Durchmesser und unter definierter Vorspannung genauestens gemessen werden. Alle Seile werden durch Dehn- und Zugversuche sowie Probelastungen geprüft.

Die Exempla '99 zeigt von der Firma Pfeifer verschiedene Komponenten des Brückenbaus wie Geländerseile und Stahlseile großer Durchmesser und deren Verbindungen, z. B. Klemmen, Verfußkegel und Gabelhülsen, die bis zu einem Meter hoch sind. Außerdem werden Seilstücke, die in der Materialprobe zerrissen wurden, ausgestellt und ein Detail eines Stahlseilnetzes von der Raubtiervoliere aus dem Tierpark Schönbrunn in Wien. Die Tensegrity-Struktur, die von Architekturstudenten der Universität Stuttgart entworfen wurde und in der Exempla '99 zu sehen ist, ist ebenfalls mit Seilen und Seilendverbindungen der Firma Pfeifer hergestellt.



Spannbandseile mit Klemmsättel der  
Glacisbrücke, Ingolstadt

# Seilverbindungen

---





## Seile und ihre Verbindungen

Ein Gespräch mit dem  
Seilermeister Rupert Hutterer

Jos. Schwaiger's Wwe. GmbH Seil- und Hebeteknik ist ein alt-eingesessener Betrieb in München-Daglfing, der Seile aller Materialien – vom Hanfseil bis zum modernsten Drahtseil – verarbeitet. Der Seilermeister Rupert Hutterer ist seit einigen Jahren Geschäftsführer dieses Unternehmens. Er stammt aus einer alten niederbayerischen Seilerfamilie und machte bei Schwaiger's Wwe. seine Ausbildung.

**Herr Hutterer, für welche Bereiche der Seiltechnik ist Schwaiger's Wwe. hauptsächlich tätig?**

Eines unserer Spezialgebiete ist die Antennentechnik. Hier werden von uns die Abspannungen der Maste, die bis zu 500 m hoch sein können, hergestellt und montiert, und zwar nicht nur in Europa, sondern weltweit, z. B. auch auf den Südsee-Inseln oder in Kuwait. Daneben werden alle Arbeiten der Seilkonfektionierung für die unterschiedlichsten Aufträge und in den verschiedenen Materialien ausgeführt.

**Aus welchen Materialien werden denn Seile hergestellt und von Ihrem Betrieb verarbeitet?**

Das sind heute natürlich vorrangig Drahtseile für die verschiedenen technischen Bereiche. Aber es

werden auch Chemiefaserseile und außerdem die traditionellen Hanfseile verarbeitet. Hanf- und Polyesterseile sind auch heute noch unersetzbar im Bereich der Sicherheitsseile, z. B. als Auffanggurte oder als Abschleppseile.

Früher wurde neben Hanf auch Flachs und Leinen zu Seilen verarbeitet. Diese Seile waren aber nicht so reißfest wie Hanfseile, da Flachs und Leinen sehr kurzfasrige Pflanzen sind. Im Archiv von Schwaiger's Wwe. werden Pferdehaare für die Seilverarbeitung erwähnt, wobei wir aber heute nicht mehr wissen, wozu sie genau verwendet wurden.

**Wie fertigen Sie bei Hanf- und Polyesterseilen Verbindungen an?**

Die Endverbindungen dieser Seile werden nicht maschinell, sondern noch immer handwerklich hergestellt mit der Technik des Spleißens und des Takelns.

Wenn man eine Öse mit der Technik des Spleißens binden will, wird das Ende des Seils aufgetrennt und die einzelnen Litzen, die Schnüre des Seils, werden mit einer Ahle nach einem exakten System in das Seil hineingearbeitet. Da Seile nur auf Zug belastet werden, zieht sich der Spleiß bei Belastung zusammen und wird noch fester.



# Seilverbindungen



Das Takeln ist eine Schnürverbindung, die bei geflochtenen Seilen angewendet wird, um eine Seilöse herzustellen. Auch zwei unterschiedlich dicke Seile lassen sich mit dieser Technik verbinden. Wichtig beim Takeln ist es, als Schnur das Material, aus dem das Seil besteht, zu benutzen: ein Hanfseil wird also mit einer Hanfschnur getakelt.

Manchmal wird zum Schutz des Hanf- oder Polyesterseils in die Seilöse auch eine Kausche, eine Metallöse, eingelegt.

## Seit wann werden Drahtseile in der Seilerei verwendet?

Drahtseile wurden ab ca. 1830 zuerst im Bergbau eingesetzt. Mit Faserseilen passierten viele Unfälle im Bergbau, da die Seile oft naß wurden, stockten und irgendwann rissen. Man arbeitete dann mit Ketten, die aber den großen Nachteil hatten, daß sie oft schwerer waren als die Last, die sie bewegen sollten. Drahtseile erfüllten die geforderten Bedingungen im Bergbau und wurden in der Folge für viele andere Bereiche eingesetzt.

Schwaiger's Wwe. verarbeitete ab 1860 Drahtseile. Heute lagern bei uns die verschiedensten Seile für die unterschiedlichsten Anwendungsbereiche. Das sind feindrähtige und grobdrähtige Stahlseile

mit geringen oder großen Querschnitten. Das dickste Stahlseil zum Heben von Lasten, das in unserem Betrieb hergestellt wird, hat einen Durchmesser von 42 mm und einen Preßdruck von 800 t. Drehungsfreie Stahlseile werden beispielsweise für Krane benötigt. Die Stahlseile sind zum Schutz verzinkt oder gefettet, und es gibt für besondere Anwendungsbereiche außerdem Nirosta-Stahlseile. In der Antennentechnik werden Kupferseile verwendet.

## Welche Möglichkeiten der Seilverbindung gibt es bei Drahtseilen?

Eine Seilverbindung ist eigentlich immer eine Seilendverbindung, mit der man das Seil an einem Träger oder anderen Vorrichtungen befestigen kann. Die Seilendverbindung darf nie schwächer sein als das Seil, deshalb testen wir ca. 3 Prozent der Serienfertigung mit der Zerreißprüfung. Alle von uns hergestellten Endverbindungen sind genormt.

Seilendverbindungen von Antennenabspannseilen werden z. B. vergossen. Dazu wird das Drahtseil in ein Stahlgußendstück mit Öse eingeführt, die einzelnen Drähte werden besenartig aufgefächert und mit Feinzink vergossen. Das Zink und die Vergußmuffe müssen dabei auf 450 Grad erhitzt werden und nach dem Ver-

gießen ca. 24 Stunden abkühlen. Das Abspannseil kann dann an dem Antennenmasten mit einem Bolzen, der durch die Öse geführt wird, befestigt werden.

Neben der Technik des Heißvergusses gibt es verschiedene Seilendverbindungen, die an das Seil kalt angepreßt werden. So wird beispielsweise ein Gewindefitting für eine Dachabspannung hergestellt, indem das Seil in das Abschlußrohr eingesteckt und unter 500 t Druck zusammengepreßt wird.

Die gängigste Seilendverbindung – und damit werden auch in unserem Betrieb 99 Prozent der Endverbindungen hergestellt – geschieht mit Preßklemmen, die es in jeder Größe, abgestimmt für jeden Seildurchmesser, gibt. Die Preßklemme wird über ein Drahtseil geschoben und dann das Seilende ebenfalls in die Klemme eingeführt. So entsteht eine Seilöse, in die oft eine Kausche als Seilschutz eingelegt und deren Größe mit einem leichten Hammerschlag auf die Preßklemme fixiert wird. Anschließend wird die Klemme in einer hydraulischen Presse mit dem Seil verpreßt. Da die Klemmen aus einer Aluminiumlegierung bestehen, kann dieses weiche Material so in die Hohlräume des Seils gedrückt werden, daß es zu einem Form- und Kraftschluß kommt.

Neben diesen Techniken der Kaltverformung gibt es auch geschraubte Endverbindungen, wie beispielsweise bei einem von uns entwickelten Fassadenbegrünungssystem.

Bei der Herstellung von Endlosseilen, die man für Liftanlagen benötigt, wird noch per Hand gearbeitet mit der Technik des Spleißens: die Drahtseilenden werden auf diese Weise ohne Querschnittsveränderungen in das Seil hineingearbeitet.

Auch Ketten gehören in den Bereich der Seilerei. Hier geschehen die Verbindungen hauptsächlich mit gesteckten Bolzen.

### **Jos. Schwaiger's Wwe. GmbH Seil- und Hebetechnik in München**

Die Geschichte dieses Unternehmens geht auf eine Seilerei zurück, die bereits im 17. Jahrhundert gegründet worden war und ihr Stammhaus in der Ledererstraße in München hatte. Im Jahr 1839 ging der Handwerksbetrieb in den Besitz der Familie Joseph Schwaiger über. Nach dessen Tod führte die Witwe mit dem Sohn Karl Werkstatt und Geschäft unter diesem recht ungewöhnlichen, damals aber vorgeschriebenen Namen weiter. Sie vergrößerten die Firma und unternahmen die entscheidenden Schritte, um die handwerkliche Seilerei in die Industrialisierung zu führen. Der große Erfolg des Unternehmens läßt sich an der Auszeichnung „Königlich Bayerischer Hofseilermeister“ ablesen. Der älteste Sohn von Karl Schwaiger, Hans

Schwaiger, übernahm 1924 die Leitung des Unternehmens. Obwohl bei einem Bombenangriff 1944 das Stammhaus und die Fabrik völlig zerstört wurden, gelang es ihm, die Firma wieder auf- und auszubauen; nun aber auf einem Grundstück in Daglfing, das einige Jahrzehnte vorher erworben und durch den Krieg nicht verloren gegangen war. Eine Seilerbahn, Produktionshallen für die Drahtseilherstellung und Drahtlagerhallen wurden errichtet, später kamen weitere Produktionsgebäude und ein Hochregallager hinzu. Seit 1994 ist die Firma Schwaiger's Wwe. ein Tochterunternehmen der Carl-Stahl-Gruppe.



# Stein- und Ziegelverbände

---





---

## Steinverbindungen

Ein Gespräch mit dem Steinmetzmeister Dr. Michael Pfanner

Skulpturen, Denkmäler und Architekturen werden seit Jahrtausenden aus Natursteinen gebaut und können aufgrund der Witterungsbeständigkeit des Materials und der Steinverbindungen diese Zeiträume auch überdauern. Dr. Michael Pfanner, Inhaber eines Steinmetzbetriebs in Scheffau im Allgäu, erläutert die konstruktiven Verbindungen in Stein.

### Konstruktive Steinverbindungen – was muß man sich darunter vorstellen?

Damit meinen wir in erster Linie die Fixierung der Steine untereinander mit Metalldübeln und -klammern. Diese Verbindungen finden unsichtbar – im Inneren der Steine – statt. Zwar dürfen entsprechender Steinschnitt und Steinverband und das Fugenbild auch als konstruktive Verbindung gelten, doch sind diese Verbindungen im Prinzip alle sehr simpel, da sie immer auf Druckbelastung konzipiert sind. Denn in seiner Druckbelastbarkeit ist der Naturstein nahezu unschlagbar, während er Zug- und Biegebelastungen nur sehr schwer aufnehmen kann. Das ist der Grund, warum wir beim Stein normalerweise keine Verzapfungen wie z. B. beim Holz vorfinden. Auftretende Kräfte müssen deshalb mit entsprechend „weich“ gelagerten Metallteilen übertragen d. h. „konstruktiv verbunden“ werden.

Die Metalldübel fixieren die Steine, die aufeinander gesetzt werden, die Klammern können die Steine in allen Richtungen verbinden. Für das Dübeln werden in der Ober- und Unterseite der Steine Löcher gebohrt, der Metallstift wird eingesteckt und der Stein aufgesetzt. Der Metallstift sitzt immer ein wenig locker im Stein und wird erst mit Blei oder einem anderen Material, das über einen kleinen Kanal von außen eingegossen wird, gefestigt. Da Blei ein wenig flexibel ist, kann es bei den temperaturabhängigen Ausdehnungen des Metalls nachgeben.

Für Metallklammern werden vor dem Versetzen der Steine Vertiefungen gehauen, damit sie bündig in der Fläche des Steins liegen können. Die Klammern können die unterschiedlichsten Formen haben. Neben einfachen rechteckigen, an den beiden Schmalseiten abgekanteten Verbindungsstücken gibt es schwalbenschwanzförmige oder über Kreuz gelegte Anker. Auch sie werden immer mit einem Gießmaterial fixiert. Die Klammern liegen im Unterschied zu den Dübeln, die in der Steinmitte eingefügt sind, an einer der Steinaußenseiten, aber natürlich nicht an der Fassaden-seite.

Die konstruktive Verbindung mit Dübeln und Klammern ist außen

# Stein- und Ziegelverbände

---

nicht sichtbar und soll auch nicht in Erscheinung treten, um Steinschnitt und Fugenbild ästhetisch nicht zu beeinträchtigen. Es ist also gestalterisch wichtig, daß die konstruktive Verbindung im Stein so hergestellt wird, als ob sie gar nicht vorhanden wäre.

## Hält eine Architektur aus Natursteinen nur mit Hilfe dieser Verankerungen?

Es gibt Beispiele in der Architekturgeschichte, die uns zeigen, daß Bauwerke aus akkurat behauenen Steinen auf diese Hilfsmittel verzichten können. Die Pyramiden der Ägypter sind dafür wohl das berühmteste Beispiel.

Steine haben ein massives Eigengewicht, sie können hervorragend Druck und Last aufnehmen und weitergeben. Setzt man das Gewicht der Steine und den entstehenden Druck materialgerecht ein, können sie für die Statik eines Gebäudes genügen. Dabei kommt es natürlich auf die Anordnung der Steine und den Steinschnitt an. Treffen beispielsweise Bogen und Mauer aufeinander, muß der Druck immer möglichst lotrecht auf den nächsten Stein weitergeleitet werden, was durch einen präzisen Steinschnitt möglich ist. Das sich ergebende Fugenbild ist also Statik und Gestaltung in einem. Viele Steinarchitekturen halten ohne die Metallverbindungen, das

zeigte der Raubbau, der bei antiken Gebäuden getrieben wurde. Metall war immer kostbar und aufwendig herzustellen und so hat man im Mittelalter die Steine der antiken Bauten aufgeklopft und sich Blei und Metalleisen geholt. Sogar diese Bauten mit den stark beschädigten Steinen stehen heute noch.

Obwohl man auch schon in der Antike wußte, was man Steinbauten statisch zutrauen konnte, wurden die Steine eigentlich immer gedübelt und geklammert, um den Bau zusätzlich zu sichern.

## Sind die heutigen Steinverbindungen den historischen vergleichbar?

An der Technik des Dübelns und Klammerns hat sich im Grunde seit den alten Ägyptern und Griechen nichts geändert. Nur die Materialien, die man für die Metalleinsätze

ze und das Ausgießen benötigt, variierten im Laufe der Zeit.

Die Griechen verwendeten vor allem Bronze und Blei, aber auch Eisen und Blei. Im Mittelalter wurde bei uns hauptsächlich mit Eisen gearbeitet, das mit Blei oder auch mit Mörtel vergossen wurde. Am Eisen schätzte man besonders seine größere „Härte“ im Vergleich zur Bronze. In der nachantiken Zeit war viel Wissen verlorengegangen, und man war sich anscheinend nicht klar darüber, welche Probleme mit der Korrosion von Eisen und dem Frost im Winter auftreten können.

Das haben wir ganz deutlich bei der Restaurierung der gotischen Türme des Alten Rathauses hier in München gesehen. Die Steine der Türme sind senkrecht mit Eisendübeln und waagrecht mit Eisenklammern verbunden, die im Laufe der Jahrhunderte sehr verrostet sind. Der Rost führt zur Volumenvergrößerung des Metalls, das dann sogar den größten Steinblock sprengen kann. Im gleichen Zug kann auch Wasser besser in Haarrisse des Steins eindringen und ihn unter Frosteinwirkung zusätzlich zerstören.

So zerstört heute gerade das, was ursprünglich zur Sicherheit der Steinbauten beitragen sollte, viele historische Architekturen.



### Welche Materialien verwendet man heute zur konstruktiven Verbindung von Steinen?

Im 19. Jahrhundert hat man mit Eisendübeln und Eisenklammern gearbeitet, die dann oftmals mit Schwefel vergossen wurden. Schwefel hat den Vorteil, daß es preiswerter als Blei und ebenfalls leicht flexibel ist. Aber auch diese Verbindungen waren äußerst problematisch. Wenn auf irgendeine Weise Feuchtigkeit zu der Schwefel-Eisen-Verbindung dringt, quillt der Schwefel auf und die entstehende Säure greift das Eisen an.

Als man die Explosivität der Eisenverbindungen zu Anfang unseres Jahrhunderts erkannte, ging man zu Messingdübeln und -klammern über, wobei Messing aber nicht die Härte und Zugfestigkeit des Eisens hat. Erst mit der Verwendung von Edelstahl seit den 60er Jahren hat man ein Material gefunden, das fester als Bronze und zu 95 Prozent korrosionsbeständig ist. Die Edelstahlstifte- und -klammern können mit Blei, mit Mörtel oder mit Epoxidkleber, ein Harz, der leicht flexibel ist, vergossen werden.

Wir verwenden hauptsächlich Stifte und Klammern, die in Normgrößen geliefert und von uns noch gebohrt und gebogen werden. Notwendige Spezialanfertigungen lassen wir von einer Schloss-



serfirma herstellen. Kleber und Kitten beziehen wir von verschiedenen Firmen.

### Gibt es denn besondere konstruktive Verbindungen, die Sie gerade bei Restaurierungsarbeiten anwenden?

Die Demontierbarkeit ist ein wichtiges Anliegen in der Denkmalpflege. Deshalb verbinden wir Steine oft mit Schrauben, die verklebt werden, oder wir setzen Dübel so in die Fugen, daß sie wieder durchtrennt werden können.

Das sind Techniken, die wir in den letzten beiden Jahren auch beim Münchner Siegestor anwendeten. Wir fanden hier die für das 19. Jahrhundert so typische Eisen-Schwefel-Kombination. Erstaunlicherweise war der ganze Bau mit einer im Stein liegenden Zugstangenkonstruktion verklammert. Das Siegestor wurde von

Friedrich von Gärtner Mitte des letzten Jahrhunderts gebaut, als man von der neuen Technik der Eisenarchitektur begeistert war und diese Errungenschaften sogar auf den Steinbau übertragen hat. Diese Innenkonstruktion hat wahrscheinlich verhindert, daß die Bombe, die im zweiten Weltkrieg das Siegestor traf, den Bau komplett zerstören konnte. Die Restaurierung war dringend notwendig, da sowohl die Eisendübel, als auch die Eisenstangen rosteten und bereits viele Risse und Absprengungen entstanden waren. Wir haben nahezu sämtliche Eisenverbindungen durch Schrauben, Dübel und Stangen aus Edelstahl ersetzt.



# Stein- und Ziegelverbände



## Dr. Pfanner Steinmetz und Bildhauer GmbH

Die Denkmalpflege kann dem Handwerk heute eine sichere Perspektive bieten. Auf Arbeiten in diesem Bereich hat sich der Steinmetz und Bildhauer Dr. Michael Pfanner spezialisiert, seitdem er sich vor acht Jahren mit einem eigenen Steinmetzbetrieb selbständig machte.

Auf Umwegen, die für das heutige Tätigkeitsfeld jedoch sehr wichtig sind, kam Michael Pfanner zu diesem Handwerk, das bereits sein Vater ausgeübt hatte. Er begann seinen beruflichen Werdegang mit dem Studium der Klassischen Archäologie, wobei ihn hier bereits die Steinbauten besonders interessierten und er über den Titusbogen in Rom promovierte. Er blieb nicht bei der Archäologie, sondern studierte anschließend Architektur. Erst

nach Abschluß dieser beiden Studien traf er die Entscheidung, mit dem Material, das sowohl die Archäologie als auch die Architektur bestimmt, handwerklich zu arbeiten und eine Steinmetz- und Bildhauerlehre zu absolvieren. Die fundierten Kenntnisse, über die Michael Pfanner verfügt, beeinflussen natürlich die Qualität der Restaurierungsarbeiten, die dieser Betrieb heute leistet. Diese Arbeiten machen inzwischen ungefähr 85 Prozent der Aufträge aus, ansonsten werden normale Steinmetzarbeiten wie Grabsteine, Arbeiten am Bau, Böden, Fenster und Treppen ausgeführt. In München wurden in den letzten Jahren das Siegestor, das Alte Rathaus, der Sockel der Mariensäule, verschiedene Brunnen und die Brunnenkaskade im Park von Schloß Schleißheim restauriert.

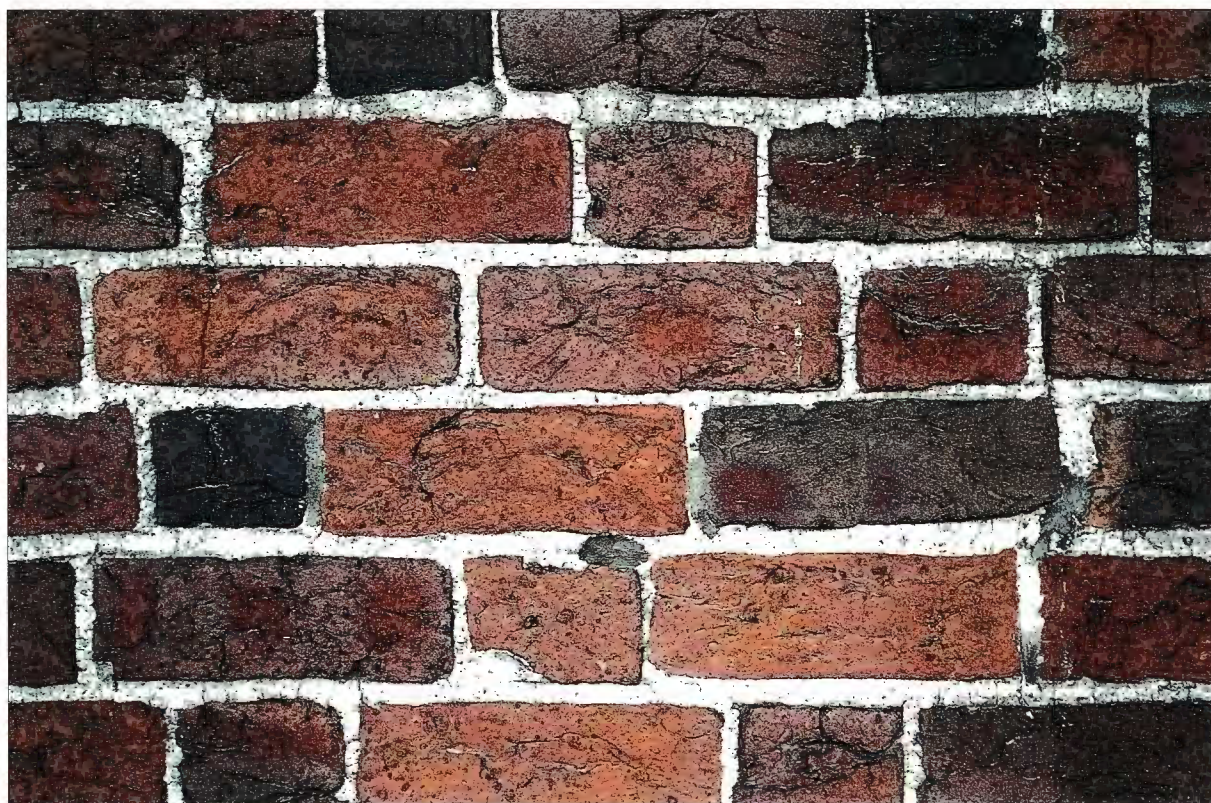
Die 30 Steinmetze, die inzwischen im Betrieb von Dr. Pfanner

beschäftigt sind, verfügen alle über das für Restaurierungsarbeiten notwendige Hintergrundwissen. Die Vielseitigkeit des Handwerkers ist ein ganz wichtiger Aspekt, müssen doch Steinmetze, die im Bereich der Denkmalpflege arbeiten wollen, nicht nur exzellente Handwerker sein, sondern auch Interesse für die Geschichte und Kunstgeschichte unserer Kultur aufbringen können. Das ist bestimmt die Voraussetzung, um sensibel und respektvoll am historischen Stein zu arbeiten. Außerdem beinhaltet diese Arbeit unter anderem auch, Rezepturen für Mörtel und Kitt bei Ergänzungen zu mischen, selbst die notwendigen Holzschablonen herzustellen und selbstverständlich nicht nur mit modernen Maschinen, sondern auch mit Meißel und Hammer umgehen zu können.

Die Vielseitigkeit der Arbeit, die vom Steinmetz in diesem Betrieb gefordert wird, prädestiniert ihn als Ausbildungsbetrieb. Michael Pfanner legt darauf großen Wert. Zur Zeit sind sieben Lehrlinge, davon drei Frauen, in der Ausbildung, in der, wie er sagt, Hand und Auge gleichermaßen geschult werden.

In der Exempla '99 werden Dr. Pfanner und seine Mitarbeiter die konstruktiven Steinverbindungen an einer Mauer aus Jurakalksteinen demonstrieren.





## Verbände im Backsteinmauerwerk

Dipl.-Ing. Jens Christian Holst,  
Bauforschung und  
Denkmalpflege

Als „Ziegel“ (von lateinisch tegula) gelten alle keramischen Baustoffe, Dach- wie Mauersteine, Bodenfliesen oder Terrakotten. Als „Backsteine“ bezeichnet man nur aus Ton geformte und gebrannte Kleinquader.

Mauerziegel in römischer Art, flach ausgestrichene Tonplatten, variierten sehr in den Maßen und wurden aufgeschichtet wie flache Bruchsteine; feste Regeln für den

Mauerverband kannte das römische Mauerwerk daher noch nicht. Den Eindruck bestimmen die breiten, durchlaufenden Lagerfugen, die schmalen Stoßfugen fallen kaum auf.

Erst gegen die Mitte des 12. Jahrhunderts begann man in Oberitalien und auch nördlich der Alpen, den Ton in Holzformen zu schlagen. Solche Backsteine hatten nun feste Maße, die Fugen wurden schmaler. Die Steinlänge entsprach meist dem örtlichen Fußmaß. Zwar schwinden Rohlinge im Brand um einige Hundertstel, doch gleichen dies die Stoßfugen wieder aus, so daß Backsteinarchitektur wie auf einem Fußraster entworfen wirkt. Bald wurde auch die Breite überall auf die halbe Länge festgelegt; nur die Steinhöhe änderte sich noch. Diese Normung des Backsteins im Verhältnis 2:1 war die Voraussetzung für die Entstehung fester Verbandsmuster.

An mittelalterlichen Mauern findet man ausgelesen gute Steine an den Oberflächen, den „Mauerschalen“; Ziegeleiauschuß bzw. Feldsteine und minderwertigen Mörtel dahinter im „Mauerkern“.

Die Anordnung der Backsteine in der Mauerschale mußte zweierlei leisten: Einerseits mußte die Zugfestigkeit der Mauerschale durch Überlappen der „Läufer“, andererseits die Verankerung der Mauerschale am Mauerkern durch „Binder“ gewährleistet sein.

Das Muster, nach dem Läufer und Binder in der Oberfläche wechseln, nennt man im Norden Deutschlands den „Mauerverband“. In den Backsteinlandschaften Mitteleuropas waren sehr verschiedene Bezeichnungen für Verbandsmuster gebräuchlich: auch in der technischen und wissenschaftlichen Literatur herrscht bis heute keine Einigkeit.



# Stein- und Ziegelverbände

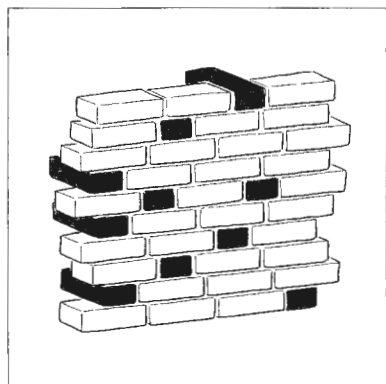


Abb. 1

Zwei Gruppen von Verbänden sind aber grundsätzlich zu unterscheiden: Die älteren „Wechselverbände“, bei denen in jeder Lage Läufer und Binder wechseln, und die jüngeren „Blockverbände“, bei denen Läuferschichten mit Binderschichten abwechseln. Außerdem kommen zu allen Zeiten Mauern im reinen „Läuferverband“ ebenso wie im „Binderverband“ vor. Nur aus Läufern bestehen z. B. Ausfachungen im Fachwerk, die ohnehin nur einen halben Stein stark sind, oder Wandflächen zwischen zwei Kanten, in denen Binder überflüssig waren. Auch Blendfelder im Mauerwerk findet man mit Läuferverband ausgefacht oder anderen binderlosen „Zierverbände“, wie dem Fischgrätverband.

Reiner Binderverband diente vor allem dem Wehrbau, bildet er doch eine doppelt so starke Mauerschale, die sich nur schwer vom meist weicheren Kern abspalten läßt. Er ist aber wegen seiner vielen Stoßfugen statisch nicht so belastbar wie die folgenden, die eigentlichen Mauerverbände.

An den ältesten Backsteinmauern Mitteleuropas folgen ein bis drei, auch noch mehr Läufer auf jeden Binder. Entsprechend schwach ist die Anbindung der Mauerschale an den Kern und hat oft den thermischen oder statischen Spannungen nicht standgehalten, so daß

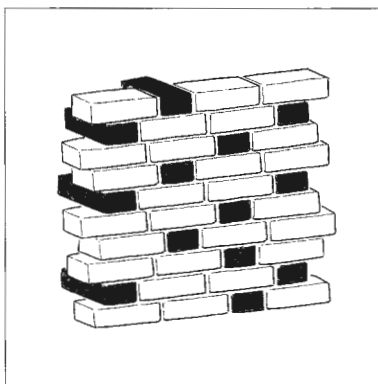


Abb. 2

die Schale sich löste. Heute sind Mauerflächen aus der Zeit vor 1200 daher nur noch selten zu sehen. Berühmtestes Beispiel ist die romanische Klosterkirche Jerichow in der Altmark. Dieser Verband (Abb. 1) scheint auf den ersten Blick ganz regellos, zumal die Überdeckung noch sehr schwankte, und wird daher heute meist „wilder Verband“ genannt. Doch stehen Binderköpfe fast immer zwischen Läufern, auch darunter und darüber – das älteste Verbandsgesetz. Der Binder sollte so fest wie möglich von den Läufern der Schale umfaßt werden.

Im 13. Jahrhundert setzte sich die Abfolge zweier Läufer und einen Binder durch, von vielen Autoren „gotischer Verband“ genannt (Abb. 2). In diesem 2:1-Verband bildeten sich Binderkopfmuster heraus, die aber noch kaum auffielen – erst durch graphische Verbandsanalyse werden sie sichtbar. Zuerst in Dänemark und Pommern wurden um 1230–1250 absichtlich schwarz gefärbte Binderköpfe versetzt. Um 1280–1300 entwickelten die Baumeister der Ordensburgen in Preußen daraus großformatige Zickzack- und Netzmuster. Für diese Musterung wurde die Grundregel aufgegeben, die Stoßfugen nicht auf Binder stoßen zu lassen.

Rundbauten wie Türme und Chorsapsiden waren schon früh im

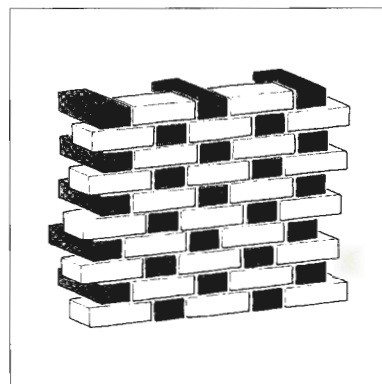


Abb. 3

Wechsel nur eines Läufers auf einen Binder gemauert worden (Abb. 3). Dieser stabilere 1:1-Verband, von manchen Autoren auch „polnischer Verband“ genannt, setzte sich gegen 1300 zunächst in den Landschaften an Weichsel und Oder auch auf ebenen Flächen durch, im Spätmittelalter drang er durch ganz Norddeutschland nach Westen vor. Der 1:1-Verband erlaubte noch dichtere Musterungen aus dunklen Steinköpfen (Abb. 4).

In Flandern ging man dagegen schon im 13. Jahrhundert ganz vom Wechselverband ab und führte reine Binderschichten ein. Der Blockverband ist um 1260 auch in Lübeck am Turm der Marienkirche zu sehen. Allgemein setzte er sich in Nordeuropa aber erst im 16. Jahrhundert durch. Dieser primitivere, aber sehr haltbare Verband (Abb. 5) kam dem Interesse der Renaissancefürsten entgegen, mit billigen, schnell angelegten Arbeitskräften gewaltige Festungswerke zu errichten. Im Blockverband konnten auch Abbruchsteine in Mengen verarbeitet werden, was gegen Ende des Mittelalters bei Neubauten zur Regel wurde.

Für die Fassaden von Schlössern und Bürgerhäusern genügte der grobe Blockverband bald nicht mehr. Durch exaktes Ausrichten der Stoßfugen und Versetzen der Läuferschichten um jeweils einen



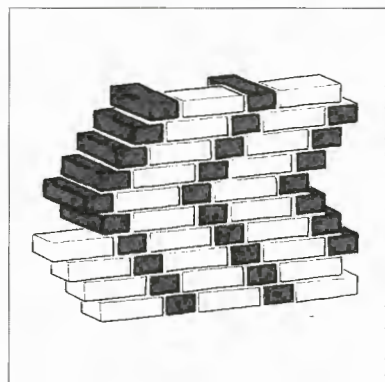


Abb. 4

halben Stein entstand der „Kreuzverband“ (Abb. 6). Mit den nach 1700 zunehmend in metallbeschlagenen Formen hergestellten glatten Backsteinen wurde ein Mauerwerk von bis dahin unbekanntem Ebenmaß erzielt, vor allem in Holland, England und Holstein, wo sich der sonst um diese Zeit üblich werdende Putz nicht durchsetzen konnte. Die dünneren Mauern dieser Zeit haben meist keinen Kern aus minderwertigem Material mehr, sondern sind durchgebunden. Alle Stilarten des „Backsteinrohbaues“ bis in die Gegenwart haben den Kreuzverband fortgeführt.

Im Backsteinbau nach 1900 wurden auch angelsächsische Varianten des Kreuzverbandes auf dem Kontinent beliebt, so der „Amerikanische Verband“ oder „Liverpool-Verband“ in der Hamburger Architektur, bei dem jeweils drei Läufer-schichten auf eine Binderlage folgen (Abb. 7). Damit konnte an den teuren Vormauerziegeln gespart werden; dank frostfreier Gründungen und festen hydraulischen Mörtels war die Bedeutung der Verbandsfestigkeit ohnehin zurückgegangen.

Das „Neue Bauen“ der 20er Jahre bevorzugte in Altona den „Chinesischen Verband“, eine Variante der Wechselverbände aus Hochkantsteinen. Hinter den charakteristischen Außenschalen aus wetter-

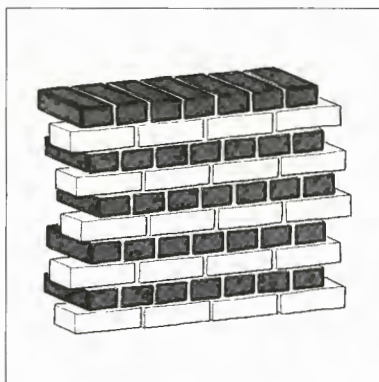


Abb. 5

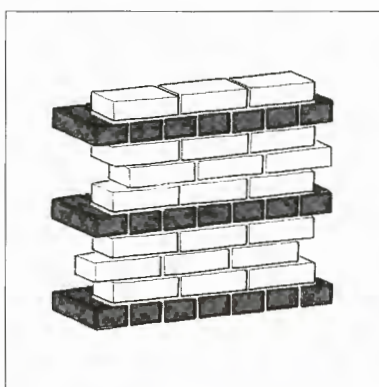


Abb. 7

festen Klinkern entstand so eine dämmende Luftschicht (Abb. 8).

Die Wechselverbände waren mit der Begeisterung für das Mittelalter im späten Historismus, gegen 1900, wiederentdeckt worden. Auch in der Architektur des „Heimatstils“ wurde ihr gleichmäßiges Flächenbild geschätzt. In den 20er Jahren kam eine strengere Spielart auf: nun wurden die Stoßfugen, genau entgegengesetzt der mittelalterlichen Regel, jeweils über die Binder gesetzt (Abb. 9).

Den Architekten der 50er Jahre war dies nicht „zufällig“ genug, so daß sie den „Wilden Verband“ (Abb. 10) wieder einführten, mit einzeln in reine Läuferflächen eingestreuten Bindern. Sieht man davon ab, daß hier oft Stoßfugen über Bindern stehen, so unterscheidet er sich kaum von dem Verband der ältesten Backsteinbauten.

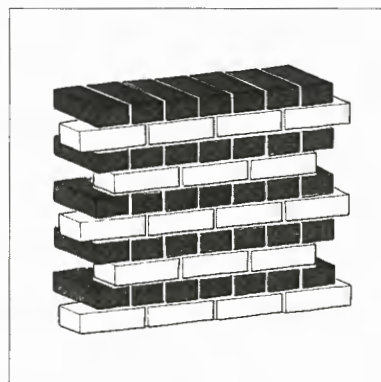


Abb. 6

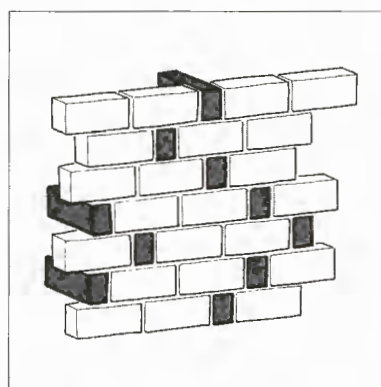


Abb. 8

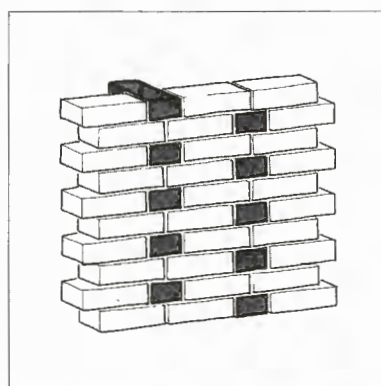


Abb. 9

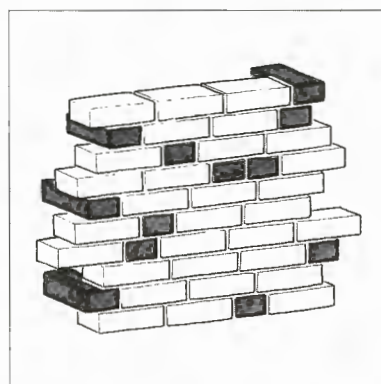
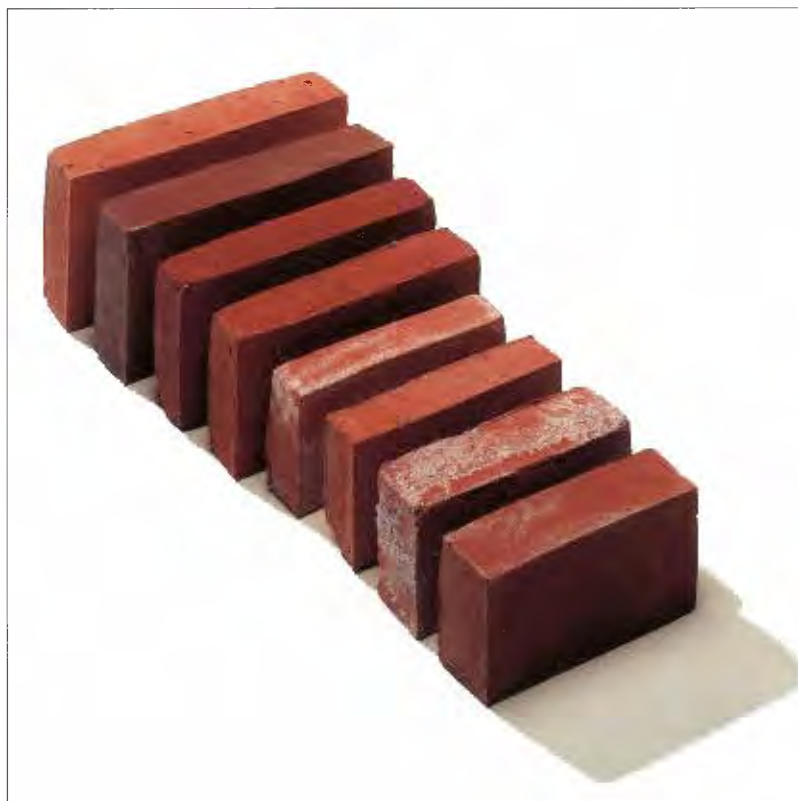


Abb. 10

# Stein- und Ziegelverbände



## Die Ziegelei Girnghuber GmbH & Co. KG

Die Firma Girnghuber ist eine alt-eingesessene Ziegelei in Marklkofen im Vilstal, die seit 1903 in Familienbesitz ist und heute fast 250 Mitarbeiter beschäftigt. In der Großserienproduktion werden hier alle Arten von Mauerziegeln, Flachdachpfannen, Biberschwänzen, Fassaden- und Pflasterklinkern sowie Hartbrandziegel und -bodenplatten vollautomatisch hergestellt. Außerdem produziert die Firma Girnghuber Sonderanfertigungen für moderne Architekturen, wie z. B. für den Bau des Kulturzentrums Gasteig in München.

Spezialanfertigungen sind häufig auch für Arbeiten im Bereich der Denkmalpflege notwendig, beispielsweise hat die Firma die glasierten Biberschwänze für das Münster in Villingen und für den

Leuchtturm in Lindau hergestellt. Für die Abteikirche Seligenthal in Landshut hat sie spezielle Mönch-Nonne-Ziegel entwickelt.

Ein wichtiger anderer Produktionszweig ist die Anfertigung von handgeschlagenen Ziegeln in allen Formen, die bei der Restaurierung von historischen Baudenkmalern, wie z. B. dem Münchner Liebfrauendom oder dem Maximilianeum, verwendet werden.







### **Rudolf Woidich – Restaurator im Maurerhandwerk**

Der Maurer- und Stukkateurmeister Rudolf Woidich hat sich vor nun fast 20 Jahren mit einem kleinen Betrieb in Hohenlinden im Münchner Osten selbständig gemacht und sich auf Restaurierungsarbeiten an historischen Baudenkmalern spezialisiert. Seit mehreren Jahren unterrichtet er zudem an der Bauinnung München Lehrlinge

und Gesellen des Stukkateurhandwerks. In Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege restauriert Woidich historische Bauten, Mauerwerke und Stadtmauern. Historische Stukturen sind sein Hauptaufgabengebiet vor allem bei Münchner Häusern des Jugendstils und des Klassizismus, die im Krieg beschädigt und danach, mit Verzicht auf ihren ursprünglichen Fassaden-

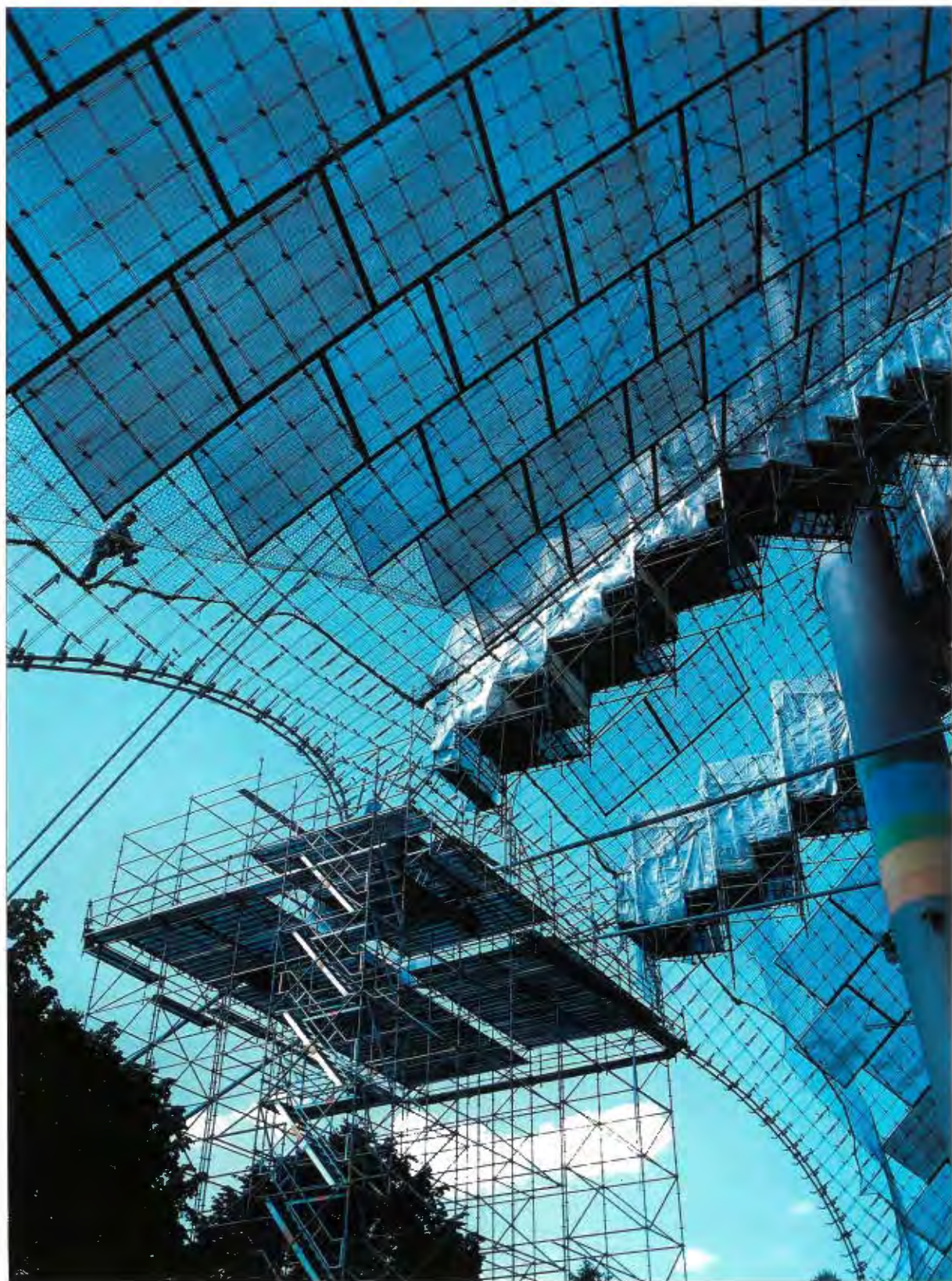
schmuck, wiederaufgebaut wurden. Heute müssen die historischen Putze und Stuckarbeiten nach alten Fotografien oder Plänen des Stadtarchivs München rekonstruiert werden.

In der Exempla '99 errichtet Rudolf Woidich Beispiele verschiedener historischer Mauerverbände.



# Verbindungstechniken im Gerüstbau

---





## Konstruktionen im Gerüstbau

Heinrich Kober,  
Sachverständiger für Gerüstbau,  
RAETZ Gerüstbau



*Einrüstung der Überdachung des  
Olympiageländes, München*

Seitdem der Mensch Architekturen errichtet, baut er sich Behelfskonstruktionen, die es ihm ermöglichen, in die Höhe zu bauen. Diese Baurüste wurden in der Regel aus dem gleichen Material ausgeführt, aus dem auch die Balkendecken, der Dachstuhl oder ein Fachwerk erstellt wurden – meist ein Material, das in geringer Entfernung zum Bauort vorhanden war.

Wer in früheren Jahrhunderten ein großes Bauwerk begann, suchte zuerst nach geeignetem Holz, das er in der Nähe schlagen konnte, und schaffte dieses dann zum Bauort. Dort wurde aus den Stämmen zunächst eine Gewölbelehre, ein Balkenwerk für den Dachstuhl und ein Gerüst gefertigt. Wenn dieses Gerüst nicht mehr benötigt wurde, wurden die frei gewordenen Teile an Ort und Stelle zu Decken, Fußböden oder anderem Gebälk weiterverarbeitet. War das Bauwerk fertig, so war von dem herangeschafften Holz nichts mehr vorhanden; alles war verbraucht, einen Rücktransport zu einem Bauhof gab es nicht.

Diese Holzgerüste, die Stangengerüste genannt werden, wurden zimmermannsmäßig errichtet und mit Seilen, Holznägeln und evtl. Verschraubungen verbunden. Die Konstruktion der Stangengerüste ist sehr stabil und hoch tragfähig. Ähnlich verhält es sich mit den

Bambusgerüsten in Fernost. Das elastische Bambusmaterial und die quadratisch angeordneten Vertikal- und Horizontalverbindungen mit Stricken in geringem Abstand schaffen eine hochwertige Konstruktion mit großer Elastizität.

Die Stangengerüste waren in den letzten Jahrhunderten die Standardgerüste für den Neubau von allen Arten des Hochbaus. Sie sind auch heute noch zulässig und, wie alle anderen modernen Gerüste für Fassaden, in der Gerüstnorm DIN 4420 geregelt. Erst in den letzten Jahrzehnten wurden sie aus Rentabilitätsgründen weitgehend ausgemustert. Stangengerüste haben den Nachteil, daß ihr Material sehr schwer und die Montage sehr zeitaufwendig ist. Für kurzfristige Renovierungsarbeiten, bei denen auch das Gerüstmaterial nicht verbaut werden kann, sind sie deshalb denkbar ungeeignet. Außerdem muß eine Rüstung, die beispielsweise für renovierende Malerarbeiten benötigt wird, nur geringe Lasten tragen und kann deshalb mit einer leichteren Konstruktion auskommen.

Mit der Entwicklung von Leitergerüsten um 1880 in Berlin gelangten die ersten großen Verbesserungen. Man erreichte eine wesentliche Gewichtsreduzierung, indem man die Baumstämme der Länge nach halbierte und sie als

*Abb. Seite 128:  
Einrüstung der Überdachung des  
Olympiageländes, München*

# Verbindungstechniken im Gerüstbau



Holme von Leitern verwendete. In die Holme wurden Schlitzte eingearbeitet, um die Leitersprossen einstecken zu können. Dann wurden die Sprossen mit Holznägeln, in jüngerer Zeit mit Drahtstiften, im Leiterholm fixiert. Die Sprossen wurden so gesetzt, daß zum einen Bodenbretter in der benötigten Höhe eingelegt werden konnten und zum anderen die Handwerker durch die Leitern fast aufrecht hindurchgehen konnten. Die Holme erhielten außerdem Bohrlocher im regelmäßigen Abstand von ca. 50 cm, um die Diagonalkreuze zur Aussteifung des Gerüsts, die sogenannten Verschwerungen, und die Geländer jeweils in der notwendigen Höhe mit Eisenschrauben befestigen zu können. Die Verankerung der Leitergerüste am Bau erfolgte in der Regel an den früher massiv ausgebildeten Holzfensterstöcken der Wohnhäuser mit Hilfe von großen Schrauben. Eine andere Möglichkeit war, das Gerüst in den Fensteröffnungen oder im Mauerwerk zu verspannen.

Mit den Leitergerüsten war die erste Rationalisierung im Gerüstbau erreicht. Es waren aber auch Teile geschaffen worden, die ausschließlich für den Gerüstbau tauglich und für den anderweitigen Einbau in Gebäuden ungeeignet waren.

Die Entwicklung von Spezialteilen

für Spezialarbeiten bedingt in der Folge immer auch die Herausbildung von Fachleuten, die über die hierzu notwendigen Kenntnisse und Erfahrungen verfügen. Auch das Aufstellen der Leitergerüste erforderte spezielle Kenntnisse und großes Geschick, was dazu führte, daß bald ausschließlich Spezialisten diese Gerüste errichteten. Es entstand der neue Beruf des Gerüstbauers, der sich im Laufe der Zeit in allen großen Städten und Industriezentren mit mittelständischen Betrieben etablierte.

Die Leitergerüste waren genauso wie die Stangengerüste aus Holz konstruiert, nur als Verbindungsmittel wurden zum Teil Metallstifte, -nägeln oder -schrauben verwendet. Die Entwicklung von Metallgerüsten begann in den 30er Jahren in Großbritannien. An die Stelle der traditionellen Holzkonstruktionen traten nun Metallrohrkonstruktionen, die dem konstruktiven Prinzip der Stangengerüste entsprachen. In Deutschland wurden diese Rohrgerüste beispielsweise beim Bau der Gebäude, die für die Olympischen Spiele in Berlin errichtet wurden, oder nach dem Krieg bei Tribünenbauten eingesetzt. Die Rohre wurden mit Kupplungen verbunden – ein auch heute noch gängiges Verbindungsmittel, da durch den Reibungseffekt, der bei der Umklammerung der Rohre mit einem der Rohrstärke angepaßten Bügel auf-

tritt, eine tragfähige Verbindung entsteht. Der Rohrkupplungsbügel wird dazu mit Hilfe einer Spannschraube gegen die Rohrwand gedrückt.

Ein weiterer Fortschritt wurde mit dem Einsatz vorgefertigter Teile erzielt, die sowohl horizontal wie auch vertikal mit regelmäßigen Achsmaßen ein rasterartiges Gerüst entstehen ließen. Nachdem anfangs hauptsächlich rahmenartige Elemente eingesetzt wurden, bürgerte sich für dieses Gerüstsystem die Bezeichnung Rahmengerüst ein. Erstmals wurden diese Teile von den Firmen Bera und Mannesmann in großem Umfang vertrieben.

Um die Montagearbeiten zu erleichtern, wurde nach neuen Knotenverbindungen gesucht, die das zeitaufwendige Anziehen der Spannschrauben bei den Rohrkupplungen durch raschere Verbindungstechniken ersetzen sollten. An Stelle der Verschraubungselemente traten Verbindungen beispielsweise mit Klappstiften oder Keilen, die sich besonders schnell schließen und öffnen lassen und zudem äußerst stabil sind. Die heutigen, industriell gefertigten Gerüste sind meist modular aufgebaute Systeme, die nach dem Baukastenprinzip funktionieren. Vorgefertigte, zusammensteckbare Elemente werden mit Hilfe von Schnellverschlüssen montiert und



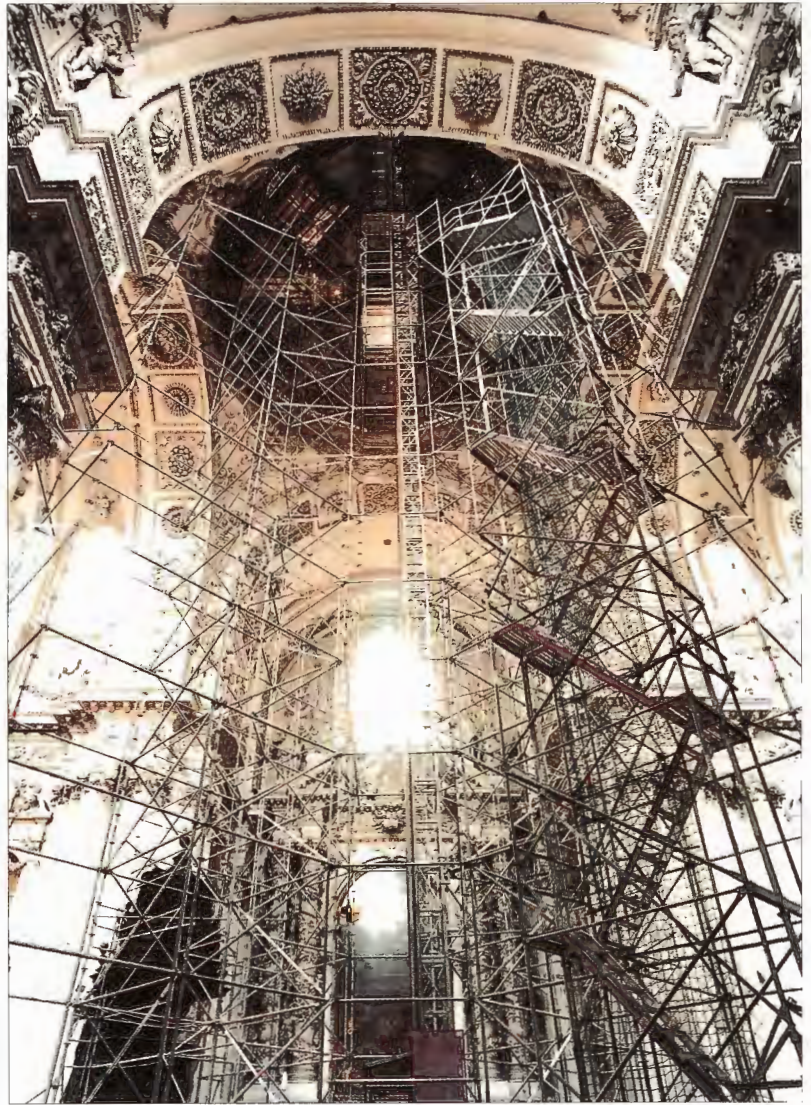
Abb. Seite 130:  
Anschlußmöglichkeiten der Keilkupplung

Einrüstung der Theatinerkirche, München

dienen zugleich als Bodenträger und Aussteifungselemente. Das Gewicht der Einzelelemente aus Stahl, Aluminium, Profilblech und Sperrholz ist im Vergleich zu den Holz- oder Rohrgerüsten wesentlich geringer.

Ein Beispiel für diese Modulgerüste sind Gerüste mit Keilkupplungsverbindungen in Kombination mit vertikalen Ständerrohren. Die Stielelemente weisen im Abstand von 50 cm horizontale Anschlußmöglichkeiten auf, die als integrierte Scheiben mit mehreren Ösen ausgebildet sind. Die Querstangen besitzen U-förmige Anschlüsse, die über die Verbindungsösen gelegt und mit Keilen fixiert werden. Dieser Schnellverschluß hat erhebliche Vorteile gegenüber der Rohrkupplung, doch das vorgegebene Rastermaß muß bei Planung und Aufbau des Gerüsts eingehalten werden.

Die Planung eines Fassadengerüstbaus mit Rahmengerüsten kann inzwischen mit Hilfe des Computers geschehen, seitdem hierfür speziell entwickelte Programme vorliegen. Die äußerst vielfältigen technischen Anforderungen an Fassadenverlauf, Gebäudegrundriß und Belastungsdiagramme haben umfangreiche Programmierungen erfordert. Der technische Ablauf des Gerüstbaus kann nun simuliert und in Grafiken auf dem Bildschirm dargestellt werden.



In den letzten zwei Jahrzehnten entwickelte sich, begünstigt durch die kompliziertere Gerüsttechnik, der Beruf des Gerüstbauers zunächst zu einem anerkannten Ausbildungsberuf und seit letztem Jahr zu einem Meisterberuf. So entstand aufgrund der technischen Entwicklung – und einmalig in der Nachkriegsgeschichte – ein neues Vollhandwerk, in dem voraussichtlich in zwei Jahren die ersten Gerüstbauer ihren Meisterbrief erhalten können. Der Bundesverband Gerüstbau e. V., der aus früheren Landesverbänden hervorgegangen ist und sich heute in

der Gründungsphase zur Bundesinnung befindet, hat diese Entwicklung maßgeblich gefördert.

In der Exempla '99 erstellen unter Leitung von Heinrich Kober die ersten drei Meisterschüler des Gerüstbaus aus Oberbayern das Exempla-Tor. Die Statik des Tores erstellte Dipl.-Ing. Bügler aus Berlin, der beim Güteschutzverband Stahlgerüstbau e. V. tätig ist. Es werden Gerüstelemente der Firmen Layher, RUX und Thyssen-Hünnebeck verwendet.

# Verbindungstechniken im Gerüstbau

## Chinesische Bambusgerüste

Josef Wetzler,  
Hanns-Seidl-Stiftung,  
Nanjing, VR China

China ist sehr reich an Bambuswäldern und Bambusbeständen. Es gehört zu den Hauptanbaugebieten unserer Erde. China ist auch nachweislich das Land der Erde, das bereits in frühester Zeit mit der Nutzung und Verarbeitung des Bambus begonnen hat. Vor allem das Sichuan-Becken, die Provinzen Yunnan und Jiangxi, die Gebiete in Süd- und Zentralchina und das Einzugsgebiet des Yangtse-Flusses, d. h. die Gebiete zwischen dem 24. und dem 34. nördlichen Breitengrad, verfügen über große Bambuswälder. Es wachsen dort über 400 Bambusarten, die etwa 30 Gattungen angehören. Seit Tausenden von Jahren spielt der Bambus eine wichtige Rolle in der traditionellen chinesischen Kultur und Kunst und im chinesischen Alltagsleben.

Als Baustoff hat Bambus im Vergleich zu Holz große Vorteile, die in China seit eh und je genutzt werden. Bambus ist leichter zu pflanzen und schneller zu ernten bzw. zu schlagen. Nach dem Pflanzen des Bambussprosses wächst und vermehrt sich dieser von selbst. Bereits fünf Jahre später kann er geschlagen werden.



Verknotete Bambus-Gerüststangen



Wird er jedoch nicht geschlagen, veraltet er, d. h. er wird grau und verliert an Elastizität. Auch ein zu frühes Fällen wirkt sich problematisch aus, da der Bambus dann oft von Motten und Ungeziefer befallen und zerfressen wird.

Bambus wird hauptsächlich beim Bau von Pavillons, Tribünen, Häusern und Hausdächern verwendet. Südchina weist tropisches und subtropisches Klima auf; es ist dort heiß, feucht und niederschlagsreich. In diesen subtropischen Gegenden werden sogenannte Etagen Häuser aus Bambus gebaut, also Häuser, die auf dicke Bambusstangen gesetzt werden. Auf diese Weise erhält man eine Luftzirkulation, die das Haus frisch, kühl und trocken hält.

Die Nutzung von Bambus hat von jeher spezielle Verbindungstechniken erforderlich gemacht, um die Festigkeit und Elastizität des Materials zu nutzen. Flechten und Umwickeln mit dünnen, schmalen Bambusbändern ermöglichen erstaunlich belastbare Verbindungen und bieten vielfältige Konstruktions- und Gestaltungsmöglichkeiten.

Ein Beispiel hierfür sind die Baugerüste aus Bambus, die traditionell aus Maozhu-Bambusstangen und dünnen Bambusbändern ohne Zuhilfenahme eines Nagels, Eisendrahtes oder einer normalen





Schnur aufgebaut werden. Die Bambusstangen können unbearbeitet verwendet werden. Als Verbindungsmaterial dienen auch heute meistens Bambusbänder, die aus der Rinde junger, bis einhalbjähriger Bambushalme geschält werden. Die grüne Rinde ist noch weich und läßt sich entweder so in Rindenstreifen oder verflochten zu Schnüren und Seilen gut binden.

Das Gerüst wird aus vertikal und horizontal verbundenen Bambusstangen aufgebaut und diagonal verstrebt. Die Bambusstangen müssen auch an den Knotenpunkten der Gerüstkonstruktion nicht bearbeitet werden, sondern werden nur mit zwei oder drei Bambusbändern zusammengebunden. Dabei muß zunächst das eine Ende der Bänder fest in einer Hand gehalten und mit dem anderen Ende müssen die gekreuzten Stangen umwickelt werden. Nach

dreimaligem Umwickeln hält man die beiden Enden der Bambusbänder mit der einen Hand fest, mit der anderen Hand bewegt man die Querstange hin und her, und durch ein gleichzeitiges kräftiges Ziehen der Bänder wird die Verbindung gefestigt. Die Verbindung wird noch zweimal umwickelt, wobei die Bänder nach jeder Umwicklung erneut kräftig festgezogen werden. Dann hält man die überstehenden Bänder fest und dreht sie mit der anderen Hand schnurartig auf, und zwar solange, bis ein Knoten entsteht. Die gedrehten Enden werden unter die Umwicklung geschoben und herausgezogen, so daß sie straff aufliegen. Nachdem man das wiederholt hat, ist eine wirklich feste Verbindung entstanden.

Zur Stangenverlängerung werden die Enden zweier Stangen zusammengebunden. Das Umwickeln mit den Bambusbändern ge-

schiebt direkt bei den aneinandergelegten Verdickungen des Bambus, wobei die Bänder an einer Stange unterhalb und an der anderen oberhalb der Verdickungen geführt werden. Bei abwärtsgerichtetem Druck, der bei vertikalen, verbundenen Gerüststangen auftritt, verkeilen sich die Verdickungen in der Schlinge und verhindern das Herausrutschen der Stangen. Oftmals werden die Schlingen durch ein Zusammenbinden zwischen den Bambusstangen noch zusätzlich nachgespannt.

Diese Gerüstkonstruktion ist hauptsächlich in Südchina gebräuchlich. Sie ist kostengünstig und hat eine beachtliche, ausreichende Tragfestigkeit. Das günstige Verhältnis von Tragfähigkeit und Eigengewicht des Bambus ermöglicht es, mit diesem Material und den Verbindungstechniken sichere Gerüste sogar für Hoch-



# Verbindungstechniken im Gerüstbau

---





häuser zu errichten. Gerüsthöhen bis zu 60 m sind offiziell zugelassen. Die Belastbarkeit wird mit 200 kg/m<sup>2</sup> angegeben.

Der Bambus findet in China auch in der modernen Technologie Anwendung. In den letzten zehn Jahren hat sich die Nutzung und die wissenschaftliche und industrielle Forschung zu dem Material Bambus intensiv weiterentwickelt. Verleimte Bambusplatten, die in einem speziell dafür entwickelten Verfahren unter hoher Temperatur „weichgemacht“ und deren Oberfläche geglättet wird, finden beim Fahrzeugbau und auch beim Haus- und Schiffsbau vielfältige Anwendung. Die hochfeste, mit Folie beschichtete, verleimte Platte ist eine hervorragende Betonverschalung, deren Qualität den technischen Anforderungen der finnischen Verschalung „Wisa“ gleichzusetzen ist. Die in den letzten Jahren entwickelte Verschalung aus zerkleinertem und zu Platten gepreßtem Bambus mit Folienbeschichtung, ein Material, das den Spanplatten sehr ähnlich ist, und die ebenfalls neu entwickelten Containerbodenplatten, die aus Bambus und Holz zusammengesetzt sind, werden demnächst industriell produziert. Durch die besondere Formgebung der Bambusplatten und speziellen Warmpressverfahren können außerdem dicke Bambusplatten großen Formats hergestellt werden.

Bambus ist ein preiswerter, schnell nachwachsender Werkstoff mit großem Nutzungswert und vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten, der in China bei traditionellen wie bei modernsten Bautechniken auch in Zukunft eingesetzt werden wird. Ein wichtiger Aspekt ist hierbei auch die Umweltverträglichkeit und die geringen Entsorgungsprobleme des Bambus.

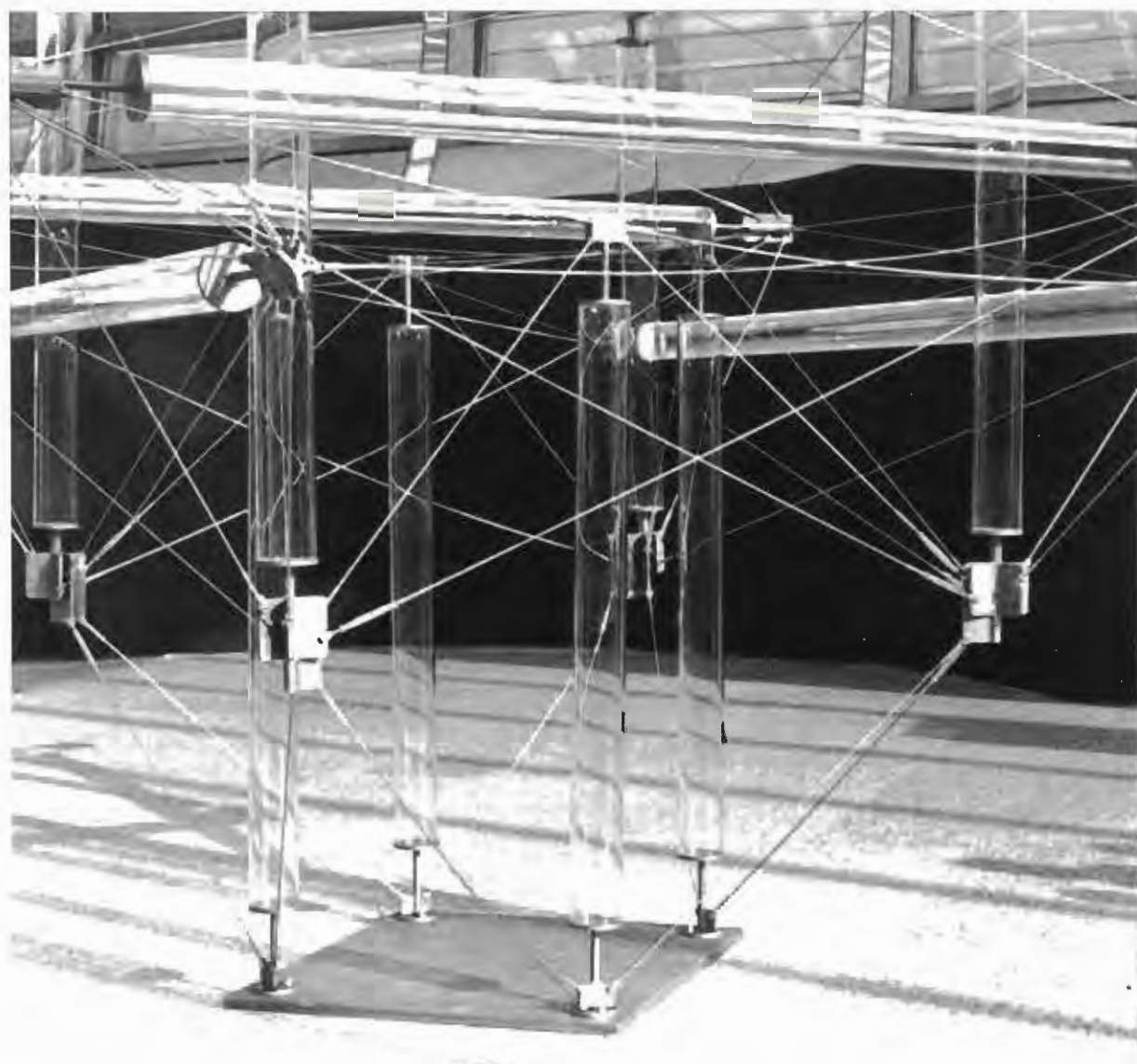
In der Exempla '99 wird ein Bambuserüst von Gerüstbauern aus China errichtet. Diese Gerüstbauer arbeiten in China alle bei der Firma Dongfang in Luhe (Nanjing) in unterschiedlichen Positionen. Der Gerüstbauer Yang Chenliu und der Zimmerer Li Chuanbao erhielten ihre Ausbildung in dieser Firma und besitzen den Meistertitel. Heute sind sie in der leitenden Position eines Obermeisters tätig. Chen Shoutian arbeitet seit über 20 Jahren als Bauarbeiter in der Firma Dongfang. Zhang Qingfu hat erst letztes Jahr die Ausbildung im Berufsbildungszentrum Bauberufe, Nanjing, abgeschlossen und ist nun als Gerüstbauer tätig.

### Die Hanns-Seidel-Stiftung in China

Die Hanns-Seidel-Stiftung, München, übernahm für die Exempla '99 die Organisation des Beitrags aus China. Diese Stiftung führt seit 1983 in China Projekte zur Berufsbildung durch und unterstützt dadurch die Bildungsreform Chinas. Ein Kooperationsabkommen zwischen der Staatlichen Erziehungskommission (Erziehungsministerium) der VR China und der Hanns-Seidel-Stiftung, München, ermöglichte den Aufbau von Berufsbildungszentren in mehreren Städten Chinas für die Berufsfelder Bau-, Brau-, Elektro-, Metall- und Kfz-Technik sowie von Zentren für Lehrerfortbildung, Management-Training und einem Koordinierungs- und Informationszentrum.

Die Gerüstbauer aus China wurden über das Berufsbildungszentrum für Bauberufe, Nanjing, einem Projekt der Hanns-Seidel-Stiftung und der Erziehungskommission der Stadt Nanjing, zur Exempla '99 eingeladen. An diesem BBZ werden seit 1983 Bau-facharbeiter und Techniker ausgebildet. Es hat sich zu einem über-regionalen Beratungs- und Fortbildungszentrum entwickelt, das die Berufsbildungsreform im Bausektor landesweit unterstützt. Die Ausbildungsmaßnahmen beinhalten sowohl traditionelle Techniken als auch moderne Bautechnologien.







---

## **Tensegrity-Struktur – ein Pavillon von Architekturstudenten der Universität Stuttgart**

Stefan Gose,  
Patrick Teuffel,  
Universität Stuttgart

In der Exempla '99 ist ein Pavillon, eine Raumstruktur aus Glasröhren- und Seilelementen, ausgestellt, die von Stefan Gose und Patrick Teuffel, damals Architekturstudenten der Universität Stuttgart, entworfen wurde und das erste Mal auf der Glastec 96 in Düsseldorf zu sehen war. Der Entwurf entstand im Rahmen einer Seminararbeit am Institut für Baukonstruktion und Entwerfen bei Prof. Stefan Behling und Dipl.-Ing. Joachim Achenbach und am Institut für Konstruktion und Entwurf II bei Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Jörg Schlaich und Dipl.-Ing. Stefan Engelsmann der Universität Stuttgart.

Thema war, Glas als tragenden Baustoff in einem Entwurf einzusetzen. Ausgehend von den Grundlagen der Materialeigenschaften und des Bruchverhaltens von Glas war klar, daß dem materialgerechten Entwerfen eine besonders große Bedeutung zukommen mußte. Dabei war es besonders wichtig, Zugbeanspruchungen zu vermeiden, da Risse im Zugbereich sehr ungünstige Auswirkungen haben. Die Lastabtragung über

Druck kann bei Glas dagegen sehr effektiv erfolgen. Außerdem sollten aufgrund der fehlenden plastischen Verformbarkeit von Glas Spannungskonzentrationen vermieden werden, was besonders bei der konstruktiven Ausbildung von Krafteinleitungsbereichen zu beachten war.

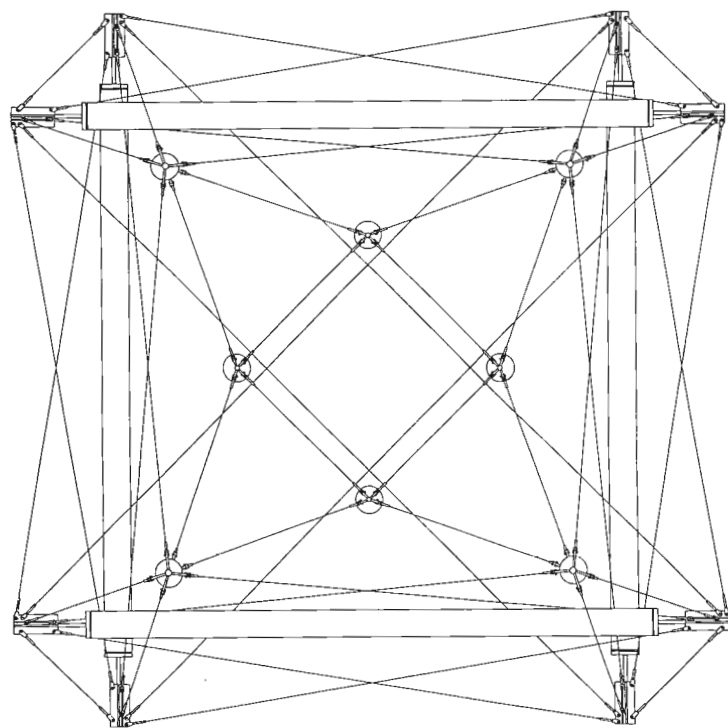
Der Idee des realisierten Entwurfs liegen Überlegungen des amerikanischen Architekten und Ingenieurs Richard Buckminster Fuller zugrunde. Die „Fullersche Kuppel“, in der die konstruktiven Eigenschaften des Okta- und des Tetraeders miteinander verbunden sind, ist einerseits außerordentlich leicht, andererseits sehr widerstandsfähig und hält hohe Belastungen aus. Buckminster Fuller war davon überzeugt, daß ähnlich wie im Mikrokosmos (Anziehungskraft zwischen Atomen) und dem Makrokosmos (Anziehungskraft zwischen den Planeten), die Form von Strukturen in jeglichem Maßstab von Zug- und Druckkräften bestimmt wird. Obwohl alle Elemente untereinander in Beziehung stehen, berühren sie sich nicht. Ihr Zusammenhalt wird durch untereinander wirkende Kräfte und einer geometrischen Ordnung bestimmt.

Fuller erkannte, daß die Prinzipien in der Natur grundsätzlich zur größtmöglichen Effizienz führen. Praktisch umgesetzt bedeutet dies,

daß in Gebäuden Zug- und Druckkräfte in Bauelementen, wie Seilen und Mauerwerk, aufgenommen werden. Da die Lastabtragung über Zügelemente wesentlich effektiver ist, versuchte Fuller die auftretenden Kräfte primär über Zug abzuleiten. Er suchte nach Wegen, Strukturen zu entwickeln, die aus kontinuierlichen Zug- und diskontinuierlichen Druckelementen bestehen, und stellte, sowohl in Mikro- als auch in Makroebene einen Bezug zur Natur her. Die ersten Modelle, die die Möglichkeiten dieser Strukturen aufzeigen sollten, nannte Fuller „tensional-integrity“.

Bei dem Pavillon handelt es sich um eine Tensegrity-Tragstruktur. Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß sie nur aus Druck- und Zügelementen besteht. Die Tensegrity-Struktur nutzt in Kombination mit Seilen optimal die hohe Druckfestigkeit des Glases aus. Für die Druckelemente werden entsprechend ihrer Beanspruchung Rohre verwendet. Die Gläser scheinen zu schweben, und vermitteln dem Betrachter so Leichtigkeit und Transparenz. Da es sich bei dem Entwurf um einen mobilen Bau handelt, mußte ein Konzept entwickelt werden, mit dem sich das Tragwerk selbst stabilisiert, da keine Möglichkeit besteht, Abspannseile anzubringen. Die einzelnen Tensegrity-Elemente werden zu einem „biegesteifen“ Ring zusammengefaßt.

# Verbindungen in Theorie und Kunst



Aufsicht der Tensegrity-Struktur

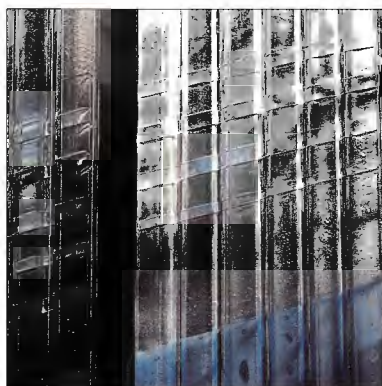
Aus mindestens drei von diesen Einzelelementen kann der Ring zusammengesetzt werden.

Bei dem ausgestellten Entwurf ist ein Ring aus vier Elementen realisiert, der auf vier Stützen aufgeständert ist. Die Knotenpunkte sind so ausgebildet, daß keine Bohrungen und damit Schwächungen des Glases notwendig sind. Alle Kräfte werden über Kontakt eingeleitet. Um einen direkten Kontakt und damit Spannungsspitzen zwischen Glasrohr und Stahlteilen zu vermeiden, ist eine Zwischenschicht notwendig. Da für das Verkleben von Glas und Stahl weder zuverlässige Rechen- noch Erfahrungswerte vorliegen, wurden an der Forschungs- und Materialprüfanstalt (FMPA) Baden-Württemberg Versuche mit verschiedenen Klebern und ihrer Belastbarkeit durchgeführt. Aufgrund der Versuchsergebnisse wurde bei der Realisierung ein Zweikompo-

nenten-Epoxidharz verwendet.

Der Anschluß der Seile an den Glasrohren erfolgte somit über aufgeklebte Stahlplatten mit Rundstäben und Laschen. Als Zügelemente dienen Spiralseile aus Edelstahl mit einem Durchmesser von 5 mm und Gabelfitting als Endverbindung. Die Glasrohre aus Duran-Schott-Rundglas haben einen Durchmesser von 135 mm und eine Wandstärke von 6 mm. Ihre Länge beträgt 1,57 bzw. 2,75 m.

Die Realisierung des Entwurfs wurde von folgenden Firmen und Institutionen finanziell und fachlich unterstützt: Pfeifer Seil- und Hebertechnik, Memmingen, Schott Rohrglas, Bayreuth, Industriebau Haller, Schwenningen, FMPA Baden-Württemberg, Stuttgart, und IAGB Universität Stuttgart.



## Konstruktive Verbindungen in der Kunst

### Ein Gespräch mit dem Glaskünstler Florian Lechner

Konstruktive Verbindungen finden sich in allen Bereichen der vom Menschen geprägten Umwelt. Auch in der Kunst treffen wir auf die verschiedensten Verbindungstechniken. Die in der Exempla '99 ausgestellten Glasobjekte von Florian Lechner zeigen exemplarisch Verbindungen von Glas und Metall.

**Glasobjekte in dieser Größe sind ungewöhnlich. Wie stellen Sie diese beeindruckend großen Glasschalen her?**

Die Form der Schale wird aus einer großen Tafel Floatglas, das ist einfaches industrielles Fensterglas, geschnitten. Die Kante wird geschliffen, um ihr die Gefährlichkeit zu nehmen. Für den Verformungsprozess im Ofen wird eine große ovale Stahlplatte angefertigt, auf die in bestimmten Abständen Metallstifte mit kugeligen Köpfen montiert werden. Auf diese Konstruktion wird die ovale Glasplatte gelegt, wobei eine Trennschicht, z. B. aus Kreide, die Verschmelzung von Glas und Stahl in der Hitze verhindert.

Die Öfen in meiner Werkstatt sind Eigenkonstruktionen. Da es für

mich ganz wichtig ist, den Verformungsvorgang beobachten und zur richtigen Zeit eingreifen zu können, sind Fenster an den Seiten eingefügt. Ab 600 °C wird das Glas langsam weich, und die Glasplatten beginnen sich zu verformen. Die Art der Deformation wird beeinflusst durch Gewicht und Dicke des Glases und natürlich durch die Tragekonstruktion. Diese Konstruktion, die ich für den Schmelzvorgang verwende, dient auch jetzt für die Aufstellung der Glasschale. Die senkrechten Stäbe sind verlängert; der Edelstahl, der der Hitze ausgesetzt war, ist dunkler und leicht rötlich.

**Wie sind Glasschale und Metallkonstruktion verbunden?**

Die Glasschale ist nur auf die Konstruktion aufgelegt. Die Verbindung wird hergestellt durch den vorausgegangenen Prozess der Verformung. Dabei hat sich das Glas dem Edelstahlgerüst angepasst. Es sind muldenartige Formen im Glas entstanden, die die Metallstäbe sozusagen einbetten. Das Aufliegen ist die behutsamste Form der Verbindung.

Wir assoziieren mit Glas eher Distanz und Sprödigkeit, dagegen wird hier die Weichheit und Anpassungsfähigkeit des Materials unter Hitzeeinwirkung sichtbar. Glas ist kein kristallines Material, sondern eine Art „erstarrte Flüssig-

keit“, die das Amorphe, das Strukturfreie, noch in sich trägt. Das ist in der Form der gewellten Glasschale erfahrbar.

**Eine ganz andere Wirkung hat die zerbrochene Schale.**

Meine Arbeit mit Glas ist immer auch geprägt von der Erfahrung mit den extremen Grenzen und der Wandlungsfähigkeit dieses Materials. Das wird an dieser Arbeit deutlich.

Ich habe eine große Glasschale auf einem See ausgesetzt. Schwimmend wird sie Boot, Blatt, Muschel. Sie geht Verbindung ein mit dem Wasser, mit dem Licht und der Bewegung des Windes.

Eine andere Schale setzte ich auf eine Wiese. Sie füllte sich nach und nach mit Regenwasser. Irgendwann war die Grenze der Belastbarkeit erreicht und die Schale zerbrach in zehn Teile. Das war nicht das Ende meiner Arbeit, sondern eine Aufforderung zu einem Neubeginn, einer Verwandlung genau dieser Schale. Ich habe die Bruchstücke geborgen und sie mit Hilfe von Metallklammern wieder zur ursprünglichen Schalenform zusammengefügt. Die Aufhängung in dem Stahlrahmen läßt ein Schweben in der Luft assoziieren, das dem Schwimmen auf dem Wasser ähnlich ist.



# Verbindungen in Theorie und Kunst

---

## Wie geschieht hier die Verbindung von Glas und Metall?

Für die Seilaufhängung in der Stahlkonstruktion wurde das Glas an mehreren Stellen durchbohrt. Die Stahlseile wurden durchgeführt und mit quergestellten Stiften fixiert. Die Bohrungen mußten genau lotrecht ausgeführt werden, um eine senkrechte Führung der Seile und damit eine gleichmäßige Verteilung des Gewichts zu erhalten.

Auch die Glasprismen sind mit Hilfe von Drahtseilen aufgehängt. Bei der Herstellung werden mehrere Glas- und Farbschichten mit einem dünnen Stahlrohr zu einem massiven stabförmigen Glaskörper verschmolzen. Durch das Stahlrohr werden dann Seile zur Aufhängung der Glaselemente gezogen. Diese Art der metallischen Glas-Durchführung habe ich speziell für meine Glasskulpturen entwickelt und so beispielsweise auch die elf Meter hohe Glassäule im Bahnhof von Rouen befestigt.

Ich verwende gezogenes optisches Rohglas, das sehr lichtvoll ist und feinste Nuancen in der Farbigkeit ermöglicht. Die eine Glasfläche der Prismen ist feuerverpoliert und glatt, die anderen sind strukturiert, die Oberfläche gebrochen, wodurch die Lichtwirkung und Farbigkeit der Gläser gesteigert wird.

## Glas ist ein faszinierendes Material, das viele Assoziationen zuläßt. Was ist Ihnen besonders wichtig?

Glas hat extreme Materialeigenschaften. Es ist spröde und geschmeidig, hart und weich. Glas kann äußerste Anspannung aushalten und ist zugleich zerbrechlich. Glas trägt das Verletzende in sich, aber auch das Verletzende, da es scharfkantig bricht. Die Aggressivität des Bruchs erkennt man bei der zerbrochenen Schale deutlich an Stellen, an denen mehrere Brüche zusammentreffen.

Im Zerbrechen, in der Verletzung, verliert Glas seine Festigkeit, seine Formhaltigkeit, sogar seinen Klang. Zugleich wird in den Bruchkanten und Verletzungen der Oberfläche das Licht gebrochen und damit eingefangen. Je stärker die Verletzung des Glases, desto größer ist dessen Lichtwirkung: Licht wird für unser Auge auf unglaubliche Weise sichtbar.

Glas verlangt äußerste Behutsamkeit und rücksichtsvolles Handeln – ein allumfassender Aspekt, der auch unser Sein auf dieser Welt prägen sollte.

„Die Schale bricht, erfährst du das Gesetz des Endlichen, gelassen bleibt die Leere ...“

## Der Glaskünstler Florian Lechner

Florian Lechner lebt und arbeitet in der Nähe von Nußdorf im Inn-tal. Dort konnte er 1980 eine alte Fabrik zu einem großzügigen Atelier ausbauen, das ihm den notwendigen Raum für seine Ideen, deren technische Verwirklichung und die Aufstellung seiner Skulpturen bietet.

Lechner begann seine künstlerische Ausbildung bei Fritz Winter an der Hochschule für Bildende Künste in Kassel. Malerei und Skulptur studierte er außerdem in Tournai und Paris bei Joseph Lacasse, dessen transparente Malweise ihn beeinflusste. Die Faszination, die die Wesfenster der Kathedrale von Chartres auf ihn ausübten, führten zu der Arbeit mit Glas. Er beschäftigte sich zunächst mit der Technik der Bleiverglasung und schuf einige Glasfenster. Bald aber entstand das Interesse an neuen Techniken und an der Verformung von Glas. An der Glasfachschule Hadamar und in verschiedenen Werkstätten in Chartres, Paris, Reims und Amsterdam experimentierte er viel und sammelte Erfahrungen im Verschmelzen von Glas und in der Herstellung von großen Glasskulpturen.

Alexander von Branca war in den 60er Jahren der erste Architekt, der Florian Lechner die Möglich-

---

keit bot, seine Arbeiten zu realisieren, beispielsweise geschmolzene Fensterscheiben für eine Kirche in Bonn. Ab 1967 gründete Lechner eine eigene Werkstatt in Neubeuern und leitete künstlerischen Werkstätten in Glas, Malerei, Druck und Radierung, Film und Theater am Schloß Neubeuern. In diese Zeit fallen auch erste große öffentliche Aufträge wie die Glas-säule in der Regensburger Universität und erste Ausstellungen im In- und Ausland.

In der jahrzehntelangen Arbeit mit dem Material Glas kam Florian Lechner zu neuen technischen Entwicklungen. Das Patent für Sicherheitsglas 1980 und die Patentanmeldung für metallische Glasdurchführungen 1990 belegen dies.

Zu den jüngsten Arbeiten Florian Lechners gehören der 5 m große Kristall in der Nähe des Rosenheimer Bahnhofs, die Glasarbeiten der Kapelle im neuen Flughafen München und die Gestaltung der Gedächtniskapelle im Kloster Ettal.



# Ausstellerverzeichnis

---

**Renny Barrios**  
Refugio Yagrumo-Catianapo  
Via Gavilan, km 21  
Venezuela  
Fax 00 58/48 2145 53

**Bau-Innung München**  
Westendstr. 179  
80336 München  
Tel. 0 89/5 70 70 40  
Fax 0 89/5 70 70 43 1

**Bayerisches Landesamt  
für Denkmalpflege**  
Hofgraben 4  
80333 München  
Tel. 0 89/2 11 42 36  
Fax 0 89/2 11 43 00

**Bayerisches Landesamt  
für Denkmalpflege  
Bauarchiv Thierhaupten**  
Klosterberg 8  
86672 Thierhaupten  
Tel. 0 82 71/84 79  
Fax 0 82 71/403 28

**Manfred Bergmeister  
Kunstschmiede**  
August-Birkmeier-Weg 2  
85560 Ebersberg  
Tel. 0 80 92/2 40 34  
Fax 0 80 92/2 40 36

**Berufsbildungszentrum  
BAU-NANJING**  
Long Chi An 62  
21003 Nanjing, China  
Tel. + Fax 00 86/2 58 76 89 91

**Canakkale 18 Mart  
Universitesi**  
**Servet Senem Ugurlu**  
Ayvacik Meslek Yüksek Okulu  
Türkei  
Tel. 00 90/28 67 12 32 05

**Deutsches Museum**  
Museumsinsel 1  
80538 München  
Tel. 0 89/2 17 94 46  
Fax 0 89/2 17 93 24

**Deutsches Zentrum für Hand-  
werk in der Denkmalpflege**  
Propstei Johannesberg  
36041 Fulda  
Tel. 06 61/4 95 31 02  
Fax 06 61/4 95 31 05

**Chifuyu Enomoto**  
J-927-2171  
Ishikawa-ken Mofugeishi-gun  
Monzen-machi Motoichi 12-88  
Japan

**Freilichtmuseum des Bezirks  
Oberbayern an der Glentleiten**  
82439 Großweil  
Tel. 0 88 51/18 50  
Fax 0 88 51/1 85 11

**Girnghuber GmbH & Co. KG**  
**Dachziegel und Klinkerwerke**  
Ziegeleistr. 56  
84163 Marklkofen  
Tel. 0 87 32/2 40  
Fax 0 87 32/2 42 00

**Hanns-Seidl-Stiftung e.V.**  
Lazarettstr. 33  
80636 München  
Tel. 0 89/1 25 83 32  
Fax 0 89/1 25 83 59

**Christoph Henrichsen**  
Roonstr. 1  
56626 Andernach  
Tel. 0 26 32/43 84 38 55  
Fax 0 26 32/49 38 62

**Hans Hundegger**  
**Maschinenbau GmbH**  
Kemptener Str. 1  
87749 Hawangen  
Tel. 0 83 32/92 33 10  
Fax 0 83 32/92 33 11

**Landeshauptstadt München**  
**Kommunalreferat-Stadt-  
werke GmbH**  
Roßmarkt 3  
80331 München  
Tel. 0 89/23 32 26 51  
Fax 0 89/23 32 44 79

**Wilhelm Layher**  
**GmbH & Co. KG**  
Postfach 40  
74361 Güglingen-Eibensbach  
Tel. 0 71 35/7 00  
Fax 0 71 35/7 02 65

**Florian Lechner**  
GLAS + FORM  
Steinach 154  
83131 Nußdorf/Inn  
Tel. 0 80 34/83 80  
Fax 0 80 34/38 56

**Hans Lex**  
**Spenglerei und Dachdeckerei**  
Bismarckstr. 17  
80803 München  
Tel. 0 89/39 51 91  
Fax 0 89/39 71 07

**Maurer Söhne GmbH & Co. KG**  
Frankfurter Ring 193  
80807 München  
Tel. 0 89/32 39 43 44  
Fax 0 89/32 39 42 34

**Dipl.-Ing. Wolfgang Mayr**  
Salmansdorfer Höhe A  
A-1190 Wien  
Tel. 00 43/14 40 41 30



---

**MERK-HOLZBAU GmbH & Co.**

Industriestr. 2  
86551 Aichach  
Tel. 0 82 51/90 80  
Fax 0 82 51/60 05

**Mimar-Sinan-Universität**

Professor Aydin Ugurlu  
Güzel Sanatlar Fakültesi  
Findikli Istanbul  
Tel. 0 09 02 12/2 45 23 61  
Fax 0 09 02 12/2 45 21 64

**Dr. Pfanner Steinmetz  
und Bildhauer GmbH**

Neuhaus 24½  
88175 Scheffau/Allgäu  
Tel. 0 83 87/22 46  
Fax 0 83 87/20 26

**Pfeifer Seil- und Hebe-  
technik GmbH**

Dr.-Karl-Lenz-Str. 66  
87700 Memmingen  
Tel. 0 83 31/93 70  
Fax 0 83 31/93 72 94

**RAETZ Gerüstbau oHG**

Lerchenstr. 16  
80995 München  
Tel. 0 89/3 51 55 11  
Fax 0 89/3 54 37 97

**Röro Gerüstbau GmbH**

Hansastr. 23  
80686 München  
Tel. 0 89/5 47 03 50  
Fax 0 89/5 47 03 54

**Günter Rux GmbH**

Voerder Str. 147  
58135 Hagen  
Tel. 0 23 31/4 70 90  
Fax 0 23 31/4 70 94

**Schlaich Bergemann  
und Partner GbR**

Hohenzollernstr. 1  
70178 Stuttgart  
Tel. 0 71 1/6 48 71 0  
Fax 0 71 1/6 48 71 66

**Jos. Schwaiger's Wwe. GmbH**

**Seil- und Hebetechnik**  
Daglfinger Str. 67  
81929 München  
Tel. 0 89/93 94 45-0  
Fax 0 89/93 94 45 45

**Lorenz Sporer  
Spenglerei und  
Bedachungen GmbH**

Rothmundstr. 6  
80337 München  
Tel. 0 89/5 44 11 70  
Fax 0 89/5 44 11 71

**Stadt Ingolstadt**

Rathausplatz 2  
85049 Ingolstadt  
Tel. 0 84 1/3 05 23 06

**Thyssen-Hünnebeck GmbH**

Rehhecke 80  
40885 Ratingen  
Tel. 0 21 02/93 71  
Fax 0 21 02/3 76 51

**Stadt Trostberg**

Hauptstr. 24  
83308 Trostberg  
Tel. 0 86 21/8 01 50  
Fax 0 86 21/8 01 80

**Rudolf Woidich**

Neumühlenhausen 5  
85664 Hohenlinden  
Tel. 0 81 24/52 71 50  
Fax 0 81 24/52 71 51

**Zimmerei Bernlochner GmbH**

Schmiedbergstr. 1  
82544 Thanning  
Tel. 0 81 76/6 83  
Fax 0 81 76/14 87

**Zimmerei – Schreinerei –  
Planungsbüro W. Graubner**

Quellenweg 1  
79737 Herrischried-  
Großherrischwand  
Tel. 0 77 64/62 69  
Fax 0 77 64/10 15

**Dr. Klaus Zwerger**

TU Wien – Institut für  
künstlerische Gestaltung  
Karlsplatz 13  
A-1040 Wien  
Tel. 00 43/1 58 80 12 64 33

---

**Dank an die Sponsoren:****Bayerisches Staatsministerium  
für Landwirtschaft und Forsten**

Ludwigstr. 2  
80539 München

**Erzbischöfliches Ordinariat  
München und Freising**

– Baureferat –  
Prannerstr. 9  
80333 München

**Röro Gerüstbau GmbH**

Hansastr. 23  
80686 München

**Vereinigte Marmorwerke  
Kaldorf GmbH**

Auweg 6  
85135 Titting-Kaldorf

---

EDITION  
HANDWERK

---

ISBN 3-933363-03-9