

# Mit zwei Schwüngen über den Main-Donau-Kanal: die Buckelbrücke aus Holz im Altmühltal (BRD)

Autor(en): **Lignum**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **105 (1987)**

Heft 49

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-76770>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

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

Temperaturen noch Wasserstoff ohne besondere Massnahmen entnommen werden – ein technisch wichtiger Gesichtspunkt.

Zur Verbesserung solcher Speichermaterialien sind genaue Kenntnisse ihrer atomaren Struktur und des zeitlichen Ablaufs der einzelnen Schritte des Speichervorgangs notwendig, da davon letztlich technisch wichtige Aspekte wie Belade- und Entladegeschwindigkeit oder die Speicherkapazität bestimmt werden. Ein besonders geeignetes Instrument für solche Untersuchungen steht mit dem HFR am ILL in Grenoble zur Verfügung.

Das Institut Laue-Langevin ist eine gemeinsam von Frankreich, Grossbritannien und der Bundesrepublik Deutschland getragene Grossforschungseinrichtung. Die Aufwendungen betragen jährlich etwa 70 Mio. Fr. Zentrales Forschungsinstrument ist ein Höchstflussreaktor mit einer thermischen Leistung von 57 Megawatt, dessen Neutronenfluss von keinem anderen Forschungsreaktor Europas erreicht wird. Diese intensive Neutronenquelle nutzen im Lauf eines Jahres etwa 1700 Gastwissenschaftler mit etwa 700 Experimenten. Die Neutronenstrahlen des HFR dienen den Materialforschern, ähnlich wie Licht- oder Röntgenstrahlen, als Sonden für die statische und dynamische Struktur der Materie. Aus der Richtungs- oder Geschwindigkeitsänderung, die sie beim Durchgang durch die Materie erfahren, kann auf die Anordnung der Atomkerne, ihren Bewegungszustand, auf die Verteilung der Elektronen und die magnetischen

Eigenschaften geschlossen werden. Die wesentlichsten Gerätetypen, die bei diesen Untersuchungen eingesetzt werden, sind Spektrometer oder Diffraktometer.

Bei einem Spektrometer wird ein Neutronenstrahl einheitlicher Geschwindigkeit auf die Probe gerichtet. Die räumliche Verteilung und die Geschwindigkeit der aus der ursprünglichen Strahlrichtung herausgestreuten Neutronen wird mit Hilfe eines Analysatorsystems untersucht. Zur Untersuchung elastischer Streuprozesse, bei denen sich die Geschwindigkeit der Neutronen bei der Streuung nicht ändert, dienen Diffraktometer, bei denen die räumliche Intensitätsverteilung der gestreuten Neutronen gemessen wird. In diesem Fall ist es von besonderem Vorteil, die räumliche Verteilung unmittelbar durch eine grossflächige Anordnung von Zählern bestimmen zu können.

Mit Hilfe der Neutronenbeugung wurde von der Jülicher Arbeitsgruppe am Pulverdiffraktometer D1B des ILL die Struktur von  $Ti_{1,2}Mn_{1,8}$ , also der Muttersubstanz der benannten technischen Speicherlegierungen, sowohl in unbeladenem als auch in beladenem Zustand, bei verschiedenen Temperaturen untersucht. Statt Wasserstoff wurde dabei Deuterium – das schwere Isotop des Wasserstoffs – benutzt, da dieses vom Neutronenstrahl besser «sichtbar» gemacht werden kann. Auf diese Weise können diejenigen Stellen im Verbund der Metallatome bestimmt werden, die für das dynamische Verhalten des Wasserstoffs ausschlaggebend sind. In der elementaren Zelle des Kristall-

gitters wurden insgesamt 48 solche Zwischengitterplätze identifiziert, an die der Wasserstoff unterschiedlich stark gebunden ist. Zur Bestimmung des dynamischen Verhaltens der Wasserstoffatome selbst wurde die sogenannte quasielastische Neutronenstreuung eingesetzt, die es gestattet, die mit der Bewegung einzelner Wasserstoffatome verbundenen Energieänderungen direkt zu messen. Nur die sogenannten Rückstreuungsspektrometer in Grenoble und Jülich haben die notwendige Messgenauigkeit für derartige Untersuchungen. Dabei konnte eine neue Modellvorstellung über das Diffusionsverhalten des Wasserstoffs in Metallhydriden entwickelt werden. Diese unterscheidet 3 verschiedene, zunehmend schneller ablaufende Sprünge, d. h. Platzwechsel der Wasserstoffatome innerhalb des Verbunds der Metallatome: Das Entkommen des Wasserstoffatoms von einer sogenannten Haftstelle im Gitter, den «Transportprung» zum nächsten freien Platz und den «korrelierten» Sprung, ein Platzwechsel zweier Wasserstoffatome. Die quantitative Analyse zeigt, dass bei dieser Klasse intermetallischer Verbindungen die Diffusionsprozesse nicht den geschwindigkeitsbestimmenden Schritt bei der Hydridbildung darstellen – im Gitter des Speichermediums macht der Wasserstoff zu «grosse Sprünge» –, sondern dass Hemmschichten an der Oberfläche der Materialpartikel die Beladegeschwindigkeit begrenzen. Derartige detaillierte Kenntnisse über die Struktur und Dynamik eröffnen die Aussicht auf eine Optimierung der Zusammensetzung solcher Hydridspeicher.

## Mit zwei Schwüngen über den Main-Donau-Kanal

### Die Buckelbrücke aus Holz im Altmühltal (BRD)

Die neue Holzbrücke von Essing im Altmühltal (BRD) führt Radfahrer und Fussgänger mit zwei sanften Schwüngen über den Main-Donau-Kanal. Diese fast 200 m lange Konstruktion besticht nicht nur durch ihre schwungvolle Form, sondern weist darüber hinaus auch einige beachtenswerte technische Besonderheiten auf.

Bild 1. Die sanft geschwungene neue Brücke von Essing ist Teil des Wanderwegnetzes im landschaftlich schönen, aber auch empfindlichen Altmühltal



Für den Bauherrn und auch für den Architekten war es von Beginn an klar, dass diese Brücke der Landschaft zuliebe aus Holz erstellt werden sollte (Bild 1). Man suchte nach einer neuen und zeitgemässen Form, welche aus Konstruktion und Statik heraus zu entwickeln war. Die Antwort lautete: ein Spannband. Dieses Spannband, bestehend aus neun dicht nebeneinanderliegenden, 65 cm hohen und 22 cm breiten, je 192 m langen Balken aus Brettschichtholz, bildet das eigentliche Tragwerk.

Die neun Balken wurden aus einzelnen, dreissig bis vierzig m langen Teilstücken zusammengesetzt, miteinander verzinkt und auf der Baustelle verleimt. Das Tragwerk ist derart in die betonierte Brückenköpfe eingespannt, dass rund 90 Prozent der Lasten über diese Stahlbetonwiderlager abgetragen werden und nur noch zehn Prozent der Kräfte als Druckkräfte auf die entsprechend feingliedrig gestalteten Zwischenpfeiler aus Holz entfallen (Bilder 2 und 3). Es ergaben sich Felder mit Stützweiten von rund 30, 32, 73 und 35 m. Die Spannbander aus Schichtholz sind durch einen unterhalb der Konstruktion liegenden Diagonalverband aus Kanthölzern (6x16 cm) und über zwei Lagen diagonal verlegter Schalungsbretter quer wie ein Kasten ausgesteift, um den Windkräften zu widerstehen (Bild 4).

Jeweils drei Trägerbänder sind durch eine

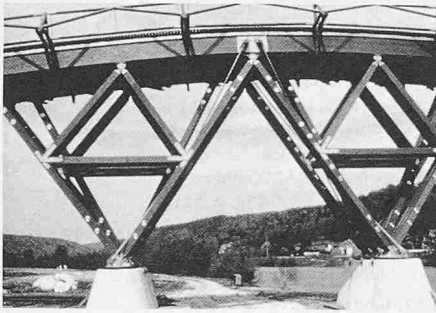


Bild 2. Schlanke Dreiecks-Zwischenpfeiler aus Holz auf Betonsockeln haben lediglich etwa zehn Prozent der Kräfte der knapp 200 m langen Holzbrücke zu tragen

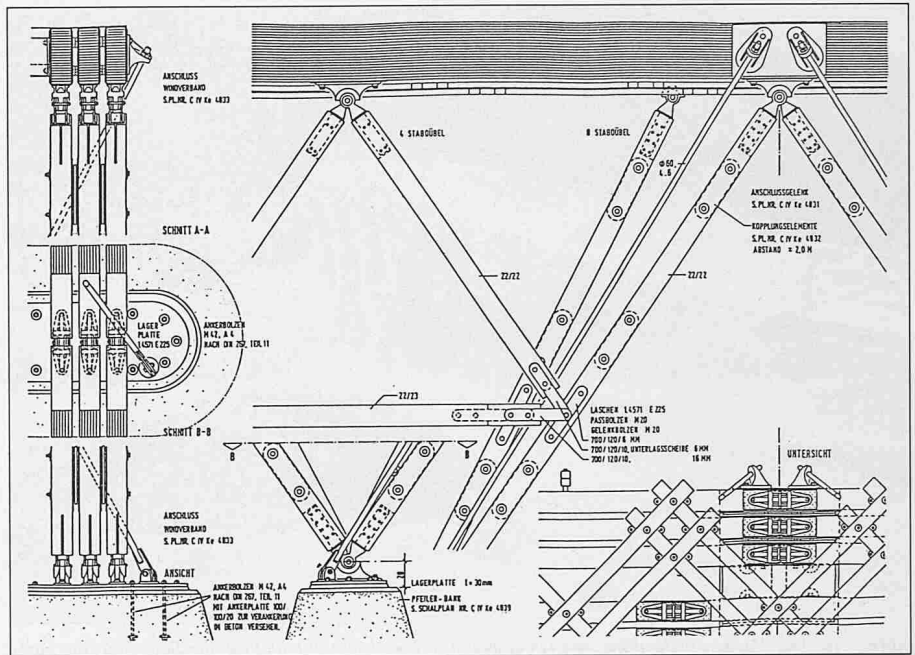


Bild 3. Detail der Dreiecks-Zwischenpfeiler aus Holz

Welle miteinander verbunden. Die Ableitung der Aussteifungskräfte erfolgt über Diagonalzugsstäbe an den Pfeilerfachwerken. Die Oberseite der Brücke weist eine wasserdichte Abdeckung aus zwei Lagen Bitumen- bzw. Kunststoffdichtungsbahn und Blechabdeckung auf. Über der Blechabdeckung liegt der hölzerne Gehbelag. Die Geländerkonstruktion besteht aus Kantholz mit eingesetzten Stahlgitterelementen (Bild 5).

### Versuche und Prüfungen im Rahmen der Ausführung

Die Form dieser Holzbrücke entspricht vereinfacht gesagt dem Prinzip einer frei hängenden Seilbrücke: eine flache Wellenlinie, fast wie ein gespanntes, aber leicht durchhängendes Seil (Bild 6). Alle Ausführungs-  
details wurden in Form und Funktion genau durchdacht und gestaltet. Viel Entwick-

lungsarbeit steht hinter dieser so selbstverständlich wirkenden Konstruktion. Der überwiegende Teil der verwendeten Materialien wurde aufgrund der strengen Anforderungen an diese Konstruktion umfangreichen Prüfungen, zum Teil in den Herstellerwerken, zum Teil durch unabhängige Prüfinstitute unterworfen. Die nachfolgend aufgeführten Versuche und Prüfungen beziehen sich auf den Bereich der Tragkonstruktion aus Brettschichtholz.

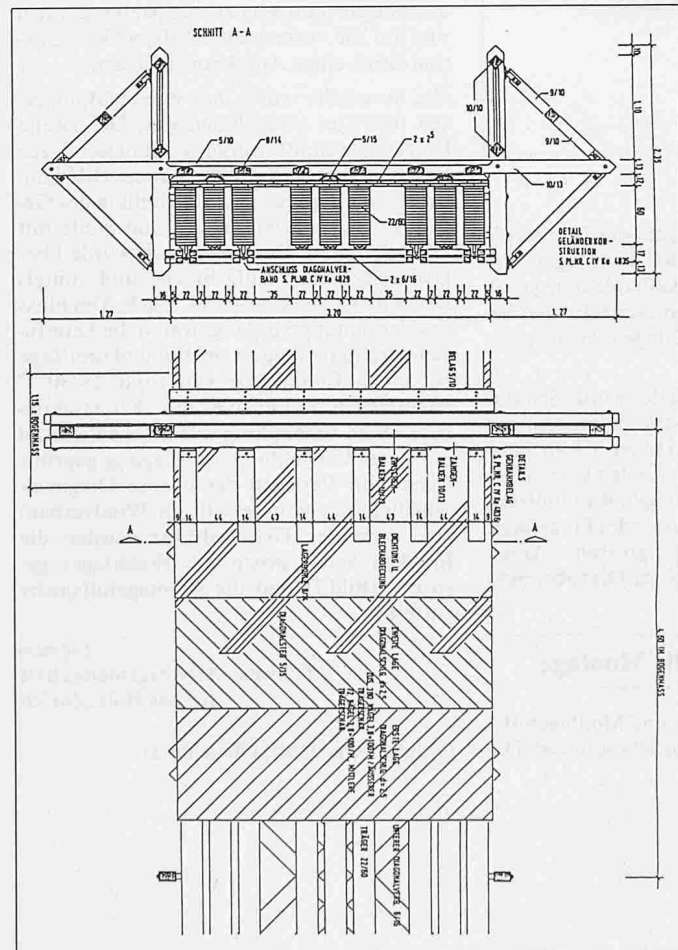


Bild 4. Schnitt und Aufsicht auf die Spannband-Konstruktion mit Brückengeländer

Bild 5. Die Geländerkonstruktion besteht aus Kantholz mit eingesetzten Stahlgitterelementen

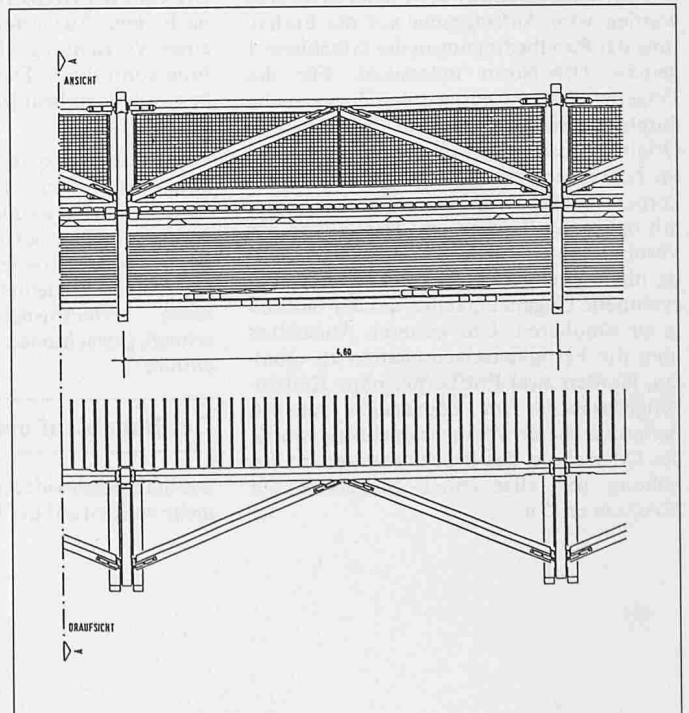
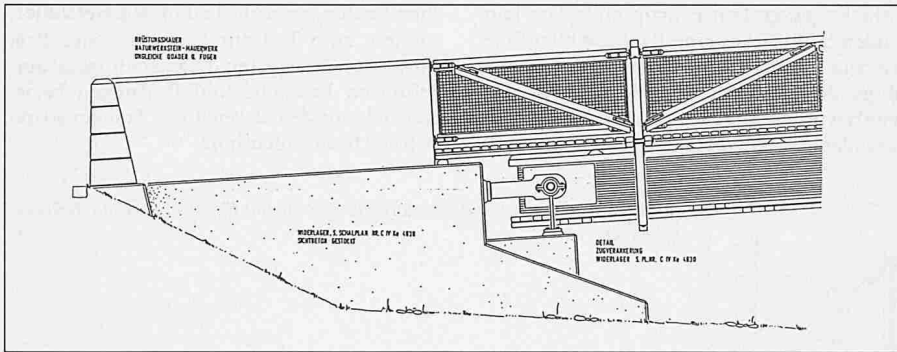




Bild 6. In einer flachen Wellenlinie, wie ein gespanntes, aber leicht durchhängendes Seil, führt die Fussgängerbrücke von Essing über den Main-Donau-Kanal

Bild 7. Das Tragwerk ist derart in die Brückenköpfe eingespannt, dass rund 90 Prozent der Lasten über diese Stahlbetonwiderlager abgetragen werden



Die Brettschichthölzer der Pfeilerfachwerke wurden vom Auftraggeber auf die Einhaltung der Randbedingungen der Güteklasse I gemäss DIN-Norm untersucht. Für das Trägerband (22/60 cm) wurden Zugversuche durchgeführt, bei denen ein Prüfkörper in Originalgrösse mit Keilzinkengeneralstoss im Zugversuch zerstört wurde. Fünf Probekörper wurden dafür hergestellt, drei davon mit optimaler Passung und Herstellung der Verbindung; zwei Stück hingegen mit einseitig nicht ganz geschlossener Leimfuge, um eventuelle Ungenauigkeiten auf der Baustelle zu simulieren. Um weiteren Aufschluss über die Festigkeitseigenschaften zu erhalten, wurden zwei Prüfkörper ohne Keilzinkengeneralstoss im Zugversuch zerstört. Aufgrund dieser Versuchsergebnisse wurde der Querschnitt des Brückenbandes zur Erhöhung der allgemeinen Sicherheit auf 22/65 cm erhöht.

Die Güte der Keilzinkengeneralstösse wurde nach dem Aushärten der Leimfugen mit einer Vorrichtung als Keilzinkenbiegeprüfung kontrolliert. Diese Biegeprüfungen haben zu keinen Beanstandungen Anlass gegeben.

Für die Brückenspannbänder wurde Schnittholz mit den Einschnittabmessungen 32×243 mm verwendet. Dieser Schnittholzquerschnitt lässt sich nur aus den kernnahen Bereichen von grossvolumigen Rundhölzern erzielen. Das bedeutet, dass jedes Einzelbrett einen verhältnismässig grossen Anteil schnell gewachsenen Holzes (Kernbereich) enthält.

### Der Bauablauf und die Montage

Die Stahlbetonwiderlager und Montagehilfsjoche wurden auf der Baustelle gefertigt. Die

#### Auftraggeber:

Rhein-Main-Donau AG, München  
Projektleitung: Dipl.-Ing. W. Feile

#### Entwurf, Konstruktion und Planung:

Dipl.-Ing. Architekt  
Richard J. Dietrich  
Bergwiesen und München  
Mitarbeiter: Dipl.-Ing. A. Skrabl

#### Statische und dynamische Berechnungen:

Prof. Dr.-Ing. H. Brünighoff  
und Dipl.-Ing. Rampf, Ulm

#### Prüfstatik:

Prof. Dr.-Ing. B. Heimeshoff, München

#### Bauwerkodynamik:

Prof. Dr.-Ing. F. Grundmann, München

#### Windkanalversuche:

Prof. Dr.-Ing. V. Denk, Freising

#### Bauausführung:

Arbeitsgemeinschaft Bilfinger + Berger Bau  
AG  
Huber & Sohn GmbH & Co. KG, Regensburg

Pfeilerfachwerke wurden vorgefertigt und mit sämtlichen Knotenanschlüssen versehen auf der Baustelle in ihrer endgültigen Lage vormontiert. Die Brückenspannbänder wurden im Werk vorgefertigt (Einzellängen zwischen 32 bis 43,5 m) und mit den Stahlblechverbindungselementen sowie einem Holzschutzanstrich versehen.

Vor dem Transport auf die Baustelle wurden die Keilzinken für den Baustellengeneralstoss im Werk gefräst, mit Gegenstücken versehen und mit Isoliermaterial wetterdicht eingepackt. Jeweils ein Brückenabschnitt (neun Trägerteile) wurden mit einem Sondertransportfahrzeug zur Baustelle gebracht und auf die vorhandene Hilfsjochkonstruktion durch einen Autokran aufgelegt.

Die Stossstelle wurde mit einem Montagezelt überbaut und klimatisiert. Der zweite Brückenabschnitt wurde anschliessend zur Baustelle transportiert und auf die Hilfskonstruktion aufgelegt. Die Herstellung des Generalstosses erfolgte an Ort und Stelle mit Press-Spindeln. Der Pressdruck wurde über Hydraulikkolben aufgebracht und mittels Druckmessdose überwacht. Nach Abschluss des Verleimungsvorgangs waren die Leimfugen durch Pressung zu sichern und drei Tage bei einer Temperatur von rund 25–30 °C auszuhärten (Kontrolle mit Klimaschreiber). Diese Verbindung wurde anschliessend mit einer Vorrichtung auf Biegung geprüft. Nach dem Verlegen der oberen Diagonalschalungen, des unterseitigen Windverbandes sowie der Diagonalstäbe wurden die Brückenbänder gegen die Widerlager gespannt (Bild 7) und die Montagehilfsjoche entfernt.

Lignum

Schweiz. Arbeitsgemeinschaft  
für das Holz, Zürich

(Quelle: Arge Holz, Düsseldorf)