

Beitrag der Baumeister Grubenmann zur Entwicklung des Holzbrückenbaus

Autor(en): **Dubas, Pierre**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **101 (1983)**

Heft 25

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75162>

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.

Beitrag der Baumeister Grubenmann zur Entwicklung des Holzbrückenbaus

Von Pierre Dubas, Zürich

Nach einem Überblick über die geschichtliche Entwicklung des Holzbrückenbaus werden die zu Beginn des 18. Jahrhunderts gebräuchlichen Systeme gezeigt. Erläutert werden Hängewerke und Sprengwerke sowie der Übergang zur Verwendung von Stabpolygonen und Bogen-tragwerken aus Holz. Den Baumeistern Grubenmann waren mathematisch-wissenschaftliche Methoden der Projektierung unbekannt. Vielmehr haben sie die konstruktive Entwicklung durch Mut, Erfahrung und handwerkliches Können beeinflusst.

Einleitung

Die richtungweisenden Leistungen der Baumeister Grubenmann zur Entwicklung des Holzbrückenbaus können im vorliegenden Beitrag nur in wenigen Punkten beleuchtet werden. Eine systematische Darstellung stösst zudem auf Schwierigkeiten, sind doch die meisten der von ihnen erbauten Brücken, darunter die berühmtesten, im Schreckens-jahr 1799 verbrannt worden.

Die folgenden Darstellungen sind nicht chronologisch aufgebaut. Wir wollen vielmehr versuchen, die verwendeten Tragsysteme auf Grund der *konstruktiv-statischen Gestaltung* einzureihen, obwohl die Entwicklungstendenzen zum Teil vermutet oder anhand von öf-tern widersprüchlichen Zeugnissen ge-deutet werden müssen.

Entwicklung des Holzbrückenbaus bis zu Beginn des 18. Jahrhunderts

Um den Beitrag der Brüder Gruben-mann aufzuzeigen, soll zuerst die Ge-schichte des Holzbrückenbaus bis zum beginnenden 18. Jahrhundert kurz um-rissen werden.

Der erste Höhepunkt der Baukunst, im römischen Weltreich, ist nicht allein durch die klassischen Meisterstücke des *Gewölbebaus* gekennzeichnet, wie sie in grosser Zahl für die Überführung von Strassen und Aquädukten errichtet

worden sind. Die Kühnheit der römi-schen Brückenbaukunst geht auch aus dem bekannten Relief auf der Trajans-säule hervor, d. h. aus der Darstellung der *Donaubrücke*, die der Kaiser im Jahre 103 durch Apollodorus von Da-maskus unterhalb der Stromschnellen des Eisernen Toresschlagen liess (Bild 1).

Die breiten, zu Beginn unseres Jahr-hunderts teilweise noch sichtbaren Steinpfeiler (vgl. [1]) übernahmen drei-teilige bogenförmige, rund 35 m weit-gespannte Holzüberbauten, die über ra-diale Pfosten die Fahrbahn zu tragen hatten. Die Öffnungen waren somit grösser als bei der mehr als sechzehn Jahrhunderte später erstellten *Severn-brücke* Coalbrookdale (vgl. z. B. [2], Abb. I, 1); die aufgelöste Gliederung dieser ersten Bogenkonstruktion aus Gusseisen verleugnet die Vorbilder aus dem Holzbau nicht.

Cäsar hat die hölzernen *Jochbrücken*, die er über den Rhein schlagen liess, so genau beschrieben, dass ein Wiederauf-bau ohne Schwierigkeiten möglich wäre (vgl. [3]). – In unserem Land ha-ben sich solche einfach herzustellenden Balkentragwerke praktisch unverän-dert bis ins 19. Jahrhundert, für provi-sorische Bauten sogar bis heute halten können. Das älteste und zugleich be-rühmteste Beispiel ist die zu Beginn des 14. Jahrhunderts gebaute *Kapellbrücke* in Luzern. Zum Schutz vor der Fäulnis-gefahr ist der Steg abgedeckt, eine Bau-art, die in der Schweiz vorherrschend wurde. Später entstand noch die be-

kannte Tafelausmalung in den Giebeln. Der Konstruktionsform mit Balkenla-gen haftet der Nachteil des *beschränk-ten Jochabstandes* an, dies auch bei Ver-wendung von Sattelhölzern oder von verzahnten Balken. Die kleinen Öff-nungen behindern die Flösserei und verringern den Durchflussquerschnitt, so dass Hochwasser oder Eisgang das Bauwerk wegschwemmen kann.

Um dem Wunsch nach grösseren Joch-abständen zu entsprechen, mussten die Balken mit Verstrebungen verstärkt werden. Man spricht dabei von *Spreng-werken*, wenn die Schräghölzer unterhalb der Fahrbahn angeordnet sind und sich auf die Widerlager abstützen. Bild 2 zeigt die Grundausbildungen dieses Tragsystems in schematischer Form.

Bei den *Hängewerken*, einer Bauart, die für Dachstühle schon früh verwendet wurde, übernimmt der untenliegende Streckbalken auf Zug die Horizontal-komponenten der Streben und ist durch die Hängesäulen zwischengestützt. Im Bild 3 sind ein einfaches dreieckförmiges Hängewerk sowie ein Trapezhänge-werk mit zwei Hängesäulen und einem gedrückten Spannriegel abgebildet. Die mehr als 400jährige Aarebrücke Wan-gen besitzt Tragsysteme nach Bild 3a, mit rund 20 m Spannweite. Dieses Bau-werk ist 1931 durch einen Sprengwerk-einbau unter der Fahrbahn verstärkt worden [4].

Der «*Pont de Berne*» in Freiburg (vgl. z. B. [5]) wurde in der Mitte des 17. Jahr-hunderts erbaut, als dauerhafter Ersatz für die zur Zeit der Gründung der Zä-hringerstadt errichtete, mehrmals zer-störte Jochbrücke über die Saane. Mit zwei Öffnungen von rund 20 m sind die Hängewerke hier nach Bild 3b ausgebil-det. Zudem ist das innere Fach jeweils mit Druckstreben zu einem Dreiecks-netz ergänzt (Bild 4); man kann von einer Art Ständerfachwerk sprechen, so dass bei einseitiger Belastung nur mä-sige Biegebeanspruchungen im Streck-balken auftreten und die Steifigkeit merklich erhöht wird.

Bild 1. Teil des Reliefs auf der Trajanssäule mit der Donaubrücke

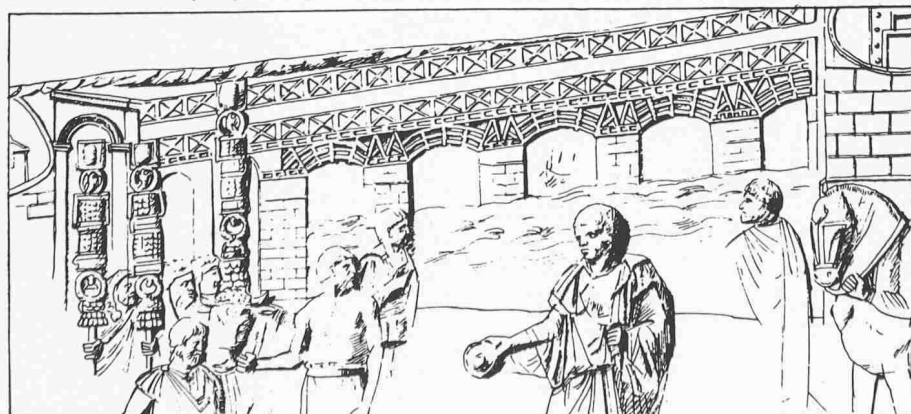


Bild 2. Sprengwerkformen

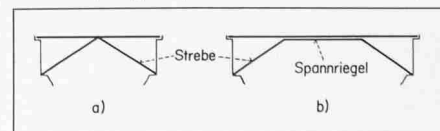
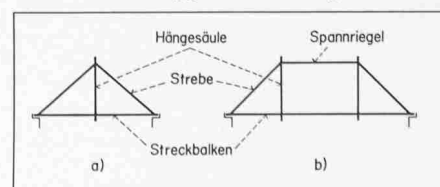


Bild 3. Ausbildungsformen von Hängewerken



Appenzeller Holzbrücken aus dem beginnenden 18. Jahrhundert

Mit der *Achmüli-Brücke* über die Goldach, zu Beginn des 18. Jahrhunderts von einem unbekannt gebliebenen Zimmermeister erbaut, kommen wir bereits in den Heimatkanton der Familie *Grubenmann*, Appenzell Ausserrhoden. Trotz seiner bescheidenen Spannweite von 16 m besitzt das Tragwerk (Bild 5) zwei vierfeldrige Hängewerke mit einem verzahnten Streckbalken. Die konstruktive Gestaltung zeigt auffallende Ähnlichkeiten mit den später zu beschreibenden Grubenmannschen Brücken. Auch die mehrfach geknickte Führung des Oberteiles des Hängewerkes deutet schon die von Hans Ulrich Grubenmann zu grösster Vervollkommnung gebrachte Entwicklung zur Gewölbewirkung an.

Für die rund 1½ km flussaufwärts über die Goldach führende *Oberach-Brücke* bezeugt eine Lohnliste von 1739, dass die Zimmermeister *Grubenmann* den Wiederaufbau besorgt haben. Nach [6] scheint es sich dabei um Vettern dritten Grades von *Hans Ulrich* zu handeln. Trotz der leicht grösseren Öffnung von rund 18 m sind die Hängewerke hier trapezförmig ausgebildet, mit ebenfalls verzahnten Streckbalken. Im Bild 6 ist die zangenartige Einführung der Vertikalkomponente der Strebe in die Hängesäule sowie die räumliche Stabilisierung mit Querrahmen ersichtlich, welche hauptsächlich die Dachaufbauten tragen.

Die zwei soeben erwähnten Objekte dürfen sicher als repräsentativ für den zu Beginn des 18. Jahrhunderts erreichten Stand des Zimmermannshandwerkes gelten. Die höchste Vollendung der Brückenbaukunst, wie sie insbesondere *Hans Ulrich Grubenmann* mit seinen noch zu besprechenden Meisterleistungen und durch seine überragende schöpferische Persönlichkeit hervorgebracht hat, hat somit den Rahmen des Hergebrachten weit gesprengt und überschritten.

Hängewerke und Sprengwerke

Allgemeines

Um die Entwicklungstendenzen aufzuzeigen, wollen wir mit den Sprengwerk- und den Hängewerkkonstruktionen beginnen, wie sie schematisch in den Bildern 2 und 3 dargestellt sind. Für die Überbrückung grösserer Öffnungen wurden diese Systeme oft kombiniert angewendet, so z. B. 1650 bei der *Lim-*



Bild 4. Innenansicht des «Pont de Berne» in Freiburg



Bild 5. Innenansicht der Achmüli-Brücke über die Goldach

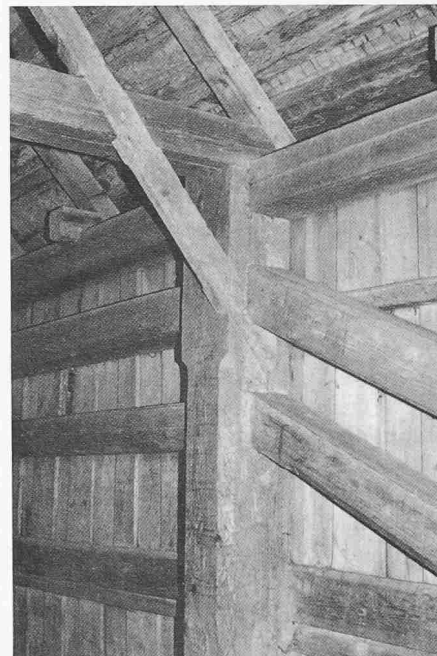


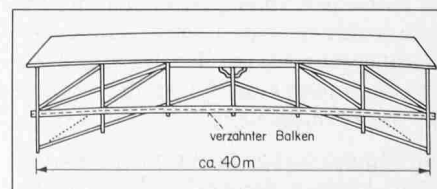
Bild 6. Konstruktives Detail der Oberach-Brücke über die Goldach

matbrücke Baden mit der beachtlichen Spannweite von knapp 40 m.

Von diesem Bauwerk waren in der Schweiz nur Aussenansichten bekannt. Glücklicherweise hat aber der Ire *Michael Shanahan* im Auftrag des Bischofs von Derry 15 Schweizer Holzbrücken aufgenommen – darunter die Brücke Baden – und entsprechende Stiche veröffentlicht (für die Geschichte des Entwurfes einer Holzbrücke grosser Spannweite über den Fluss Foyle in Derry sei auf [7] hingewiesen). Die Skizzen von Shanahan sind durch den sehr interessanten Beitrag von *J.G. James* zur Geschichte des Holzbrückenbaus auch bei uns bekannt geworden. Es ist zu hoffen, dass es gelingt, eine Samm-

lung der Stiche nach Shanahans Skizzen für unser Land zu gewinnen. Bild 7 (nach [8]) beweist, dass das Tragsystem der *Limmatbrücke Baden* aus der Überlagerung eines überhöhten Sprengwerkes mit einem mehrfachen Hängewerk bestand. Der Streckbalken war als verzahnter Balken ausgebildet.

Bild 7. Tragsystem der *Limmatbrücke Baden*, 1650



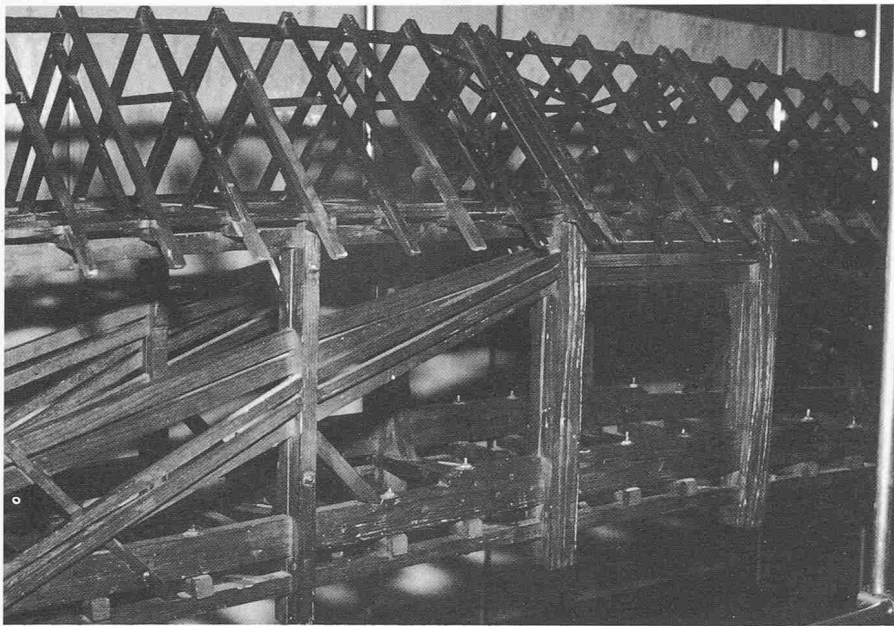


Bild 8. Modell einer gedeckten Holzbrücke, 18. Jahrhundert

Das in Bild 8 gezeigte Brückenmodell aus Teufen, vermutlich von *Hans Ulrich Grubenmann* in der Mitte des 18. Jh. hergestellt, entspricht einem Tragwerk von rund 30 m Spannweite. Die sich wie üblich auf die Widerlager abstützenden Sprengwerkkonstruktionen sind aber gegenüber Bild 7 so überhöht, dass ihre Spannriegel praktisch mit denjenigen der Hängewerke zusammenfallen. Dadurch erhalten die Sprengwerkzüge einen deutlich grösseren Neigungswinkel und somit kleinere Stabkräfte bei gleicher Vertikallast. Man kann auch von einer vergrösserten Pfeilhöhe des Sprengwerkes im Verhältnis zum Hängewerk sprechen.

Rheinbrücke Schaffhausen (Hans Ulrich Grubenmann)

Erster Vorschlag, 1755

Die Pläne des 1755 ausgearbeiteten ersten Entwurfes von *Hans Ulrich Grubenmann* für die Rheinbrücke Schaffhausen befinden sich im Museum Allerheiligen (dieser Vorschlag wurde mehr als hundert Jahre lang auf Grund unkorrekter Angaben von v. Mechel [9] als Limmatbrücke Wettingen bezeichnet; es ist das Verdienst von Dr. J. Koller, in seiner Dissertation [7] diese falsche Zuweisung berichtigt und gleichzeitig die Forschung auf dem Gebiet der Grubenmannschen Bauwerke stark gefördert zu haben). Das zu dieser Zeit als *Schweizer Sprengwerk* benannte System wurde in seinen Abmessungen gewaltig gesteigert, um die stützungsfreie Überspannung einer Öffnung von rund 120 m zu ermöglichen.

Die Haupttragkonstruktion dieses unerhört kühnen Bauwerkes ist als *mehr-*

faches Hängewerk, ja schon fast als Gewölbe ausgebildet. Um eine möglichst grosse Pfeilhöhe zu erreichen, ist das Mansarddach im Bereich der Brückenmitte mit einem Kreuzfirst versehen (Bild 9). Da das Einbinden der zahlreichen Strebenzüge im Streckbalken eine grosse Länge bedingt, sind diese Bereiche sprengwerkartig gegen die Widerlager abgestützt. Sowohl der Streckbalken als auch der Spannriegel sind jeweils als zwei- bis dreiteilig verzahnte Balken mit hoher Biegesteifigkeit vorgesehen.

Ausführung 1756/58

Der Stadtrat von Schaffhausen traute dem einfachen Dorfzimmermeister eine Verdreifachung der bis anhin erreichten Spannweiten (vgl. Bild 7, Limmatbrücke Baden) nicht zu und bestand auf der Benützung des von der eingestürzten Steinbrücke stehengebliebenen Mittelpfeilers. Der zweite, 1756 eingereichte Entwurf liegt der Ausführung zu Grunde und sieht zwei Öffnungen von je rund 60 m vor.

Sowohl die Pläne von *Jezeler* [10] als auch das Originalmodell im Museum Allerheiligen beweisen deutlich, dass Grubenmann auf seine einzigartige Lösung einer Überbrückung ohne Mittelpfeiler nicht ganz verzichten wollte. Die Tragstruktur für die zwei Einzelöffnungen stellt gewissermassen ein Modell 1:2 des ersten Vorschlages dar; mit der Halbierung der Spannweite muss nun der Firstpunkt die Dachtraufe nicht mehr übersteigen. Ein polygonaler Strebenzug überspannt zudem über den Mittelpfeiler hinweg den ganzen Fluss (Bild 10).

Es ist wohl müssig, hier entscheiden zu wollen, ob dadurch das Tragwerk frei über 120 m tragen konnte. Dazu wären genauere Untersuchungen durchzuführen, wozu sichere Grundlagen teilweise fehlen. Insbesondere wäre die Wirkung der gebrochenen Linienführung im Grundriss zu verfolgen. Der Knick beträgt rund 8% und die entsprechenden Ablenkungskräfte würden die Windverbände des relativ schmalen Bauwerkes stark beanspruchen.

Tatsache ist, dass Grubenmann selber überzeugt war, die *grösste Öffnung der Welt* überbrückt zu haben, wie er dies dem Rev. *Coxe* [11] mündlich mitgeteilt hat. *F. Stüssi* hat mehrmals ausgedrückt (vgl. u. a. [12]), dass *Hans Ulrich* vom Problem der grossen Spannweite wie besessen war; seine Zeitgenossen haben seinen schöpferischen Mut klar erkannt und ihn deshalb als den berühmtesten Brückenbauer seines Jahrhunderts angesehen.

Brücke über die vereinigten Rheine in Reichenau

Von *Johann Grubenmann* 1756/57 erbaute Holzbrücke

Die Brücke über die vereinigten Rheine in Reichenau hat *Johann Grubenmann* in der gleichen Zeit erbaut, als sein Bruder *Hans Ulrich* in Schaffhausen beschäftigt war. Mit seiner Öffnung von knapp 70 m stellte dieses Bauwerk im Zug der «Italienischen Strasse» zu den Bündner Pässen wahrscheinlich eine Rekordspannweite für die damalige Zeit dar (die in [8] erwähnte Neckarbrücke Plochingen, 1778 vom Zimmermeister *Etzel* erbaut, hatte rund 60 m Spannweite). Weil *Johann*, obwohl zwei Jahre älter, mehr die rechte Hand seines Bruders war (vgl. [7]), kann eine Mitwirkung von Hans Ulrich Grubenmann am Entwurf der zwei Brücken zu Reichenau (Brücke über die vereinigten Rheine und kleinere Brücke über den Vorderrhein, Spannweite rund 40 m) vermutet werden.

Es war bis vor kurzer Zeit unseres Wissens unbekannt geblieben, dass *Shanahan* (vgl. [8]) ebenfalls das Tragsystem der Brücken Reichenau skizziert hatte. Bild 11 zeigt einen ähnlichen Aufbau wie derjenige der Limmatbrücke Baden (Bild 7) bzw. der ausgeführten Rheinbrücke Schaffhausen, welche ja eine vergleichbare Spannweite der beiden Öffnungen besass. Auch hier übernehmen *überlagerte Streben* die anfallenden Lasten; die Hängewerke stützen sich teilweise unterhalb des verzahnten Streckbalkens sprengwerkartig gegen die Widerlager, wie dies auch der Verlauf der Aussenschalung in den zeitgenössischen Brückenansichten beweist.

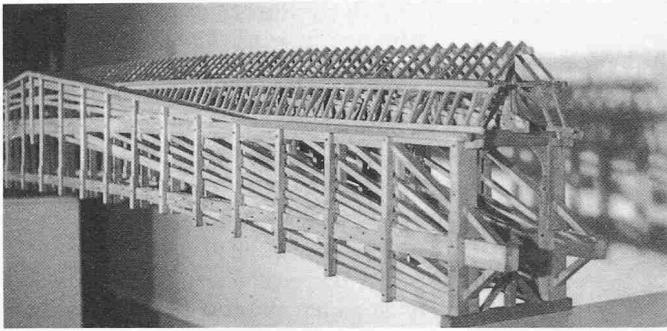


Bild 9 (oben). Modell des ersten Vorschlages von Hans Ulrich Grubenmann für die Rheinbrücke Schaffhausen (Ausführung J. Heer, Schlieren)

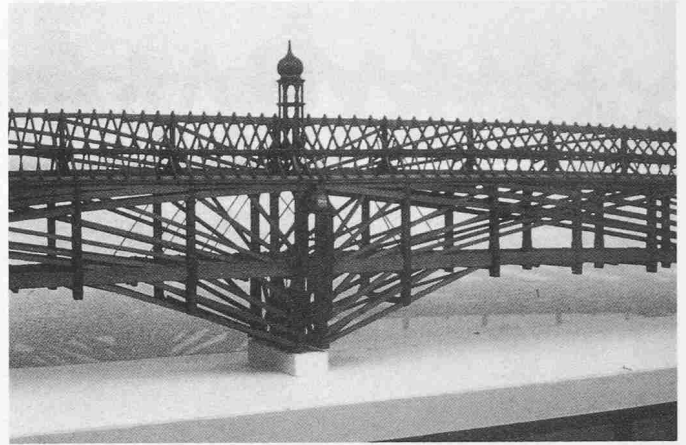


Bild 10 (rechts). Originalmodell der ausgeführten Brücke über den Rhein in Schaffhausen, Pfeilerbereich mit den drei Tragsystemen

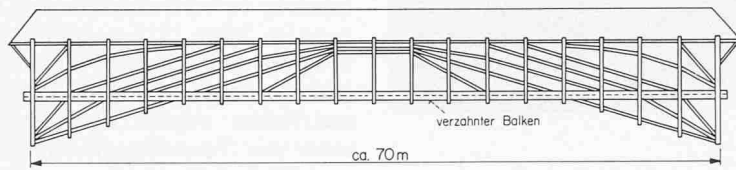


Bild 11. Tragsystem der Brücke über die vereinigten Rheine in Reichenau. Johann Grubenmann, 1757

Praktisch alle Hängesäulen können paarweise ihre Knotenlasten oben an einem Hängewerk oder unten an einem Sprengwerk abgeben, wobei in Brückenmitte auch Kräftwirkungen wie in einem Ständerfachwerk vorkommen. Obwohl das Tragwerk im heutigen Sinn hochgradig statisch unbestimmt ist, dürfen mit brauchbarer Näherung die Teillasten direkt den verschiedenen Strebensystemen zugewiesen werden (vgl. in dieser Hinsicht die Überlegungen in [13]). Ein «plastischer» Ausgleich ist denkbar, allerdings nicht infolge Längenänderungen des in Faserichtung besonders bei Zugbeanspruchung ziemlich spröden Baustoffes Holz, sondern infolge der Kriechefflüsse unter den unvermeidbaren Beanspruchungen quer zur Faser in den Anschlusszonen.

Die Rheinbrücken Reichenau wurden, wie in der Einleitung bereits erwähnt, 1799 verbrannt. Die Ersatzbrücke, vielleicht ein als Stich in der Sammlung der Zentralbibliothek Zürich dargestelltes Bauwerk über zwei Öffnungen, hat das Hochwasser von 1817 weggerissen.

Von Stiefenhofer 1819 erbaute Holzbrücke

Stiefenhofer baute 1819 wieder ein Bauwerk ohne Zwischenstützung, dessen System in Ehrenbergs Bauzeitschrift [14] abgebildet ist (vgl. auch [15]). Die einzelnen Strebzüge sind nun grösstenteils in der Form eines schlanken verzahnten Bogens vereinigt. Der Querschnitt jeder Rippe beträgt nur 800×220 mm und ist zudem in den Kreuzungspunkten mit dem Streckbal-

ken überblattet und somit auf die Hälfte geschwächt.

Gegenüber der im nächsten Abschnitt beschriebenen Limmatbrücke Wettlingen von Hans Ulrich Grubenmann, mit ihrer klaren Linie und dem verzahnten steiferen Bogen als praktisch alleiniges Tragelement, ist beim wenig übersichtlichen System der Stiefenhofer Brücke ein gewisser Rückschritt festzustellen. Da der Bogen zu grosse Verformungen gezeigt hatte, erfuhr das Tragwerk 1840 eine ergreifende Verstärkung und enthielt infolge dessen «eine ungemein grosse Holzmasse» (vgl. [16] und [17]). Am 1. August 1880 wurde diese damals weitestgespannte Holzbrücke der Schweiz durch eine Feuersbrunst vernichtet (Bild 12).

Die 1881 erbaute eiserne Gitterbrücke

Zur Abrundung der Geschichte des Rheinüberganges in Reichenau soll noch die schweisseiserne Gitterbrücke erwähnt werden, die heute mehr als hundert Jahre alt ist. Die Ausbildung als *mehrfaches Fachwerk* lehnt sich eng an die zu Beginn des 19. Jahrhunderts in den USA entwickelten *Townshen* Lattenträger (vgl. den Aufsatz von E. Gehri in diesem Heft). Nach einer durchgreifenden *Fahrbahnerneuerung*, d. h. nach dem Ersatz der Zoreisen mit Schotterfüllung durch eine Leichtbetonplatte, kann die Reichenauer Gitterbrücke den Ortsverkehr wieder mit voller Sicherheit tragen und dadurch als Zeuge einer Entwicklungsstufe der Brückenbaukunst unseren Nachfahren erhalten bleiben (vgl. dazu [18]).

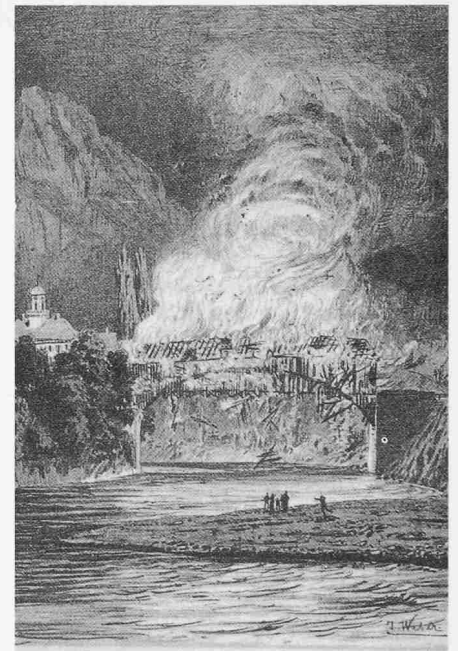


Bild 12. Brand der von Stiefenhofer 1819 erbauten Rheinbrücke Reichenau

Stabpolygone und Bogentragwerke

Statische Überlegungen

Der Übergang vom kombinierten Spreng-Hängewerk zum Stabbogen geht deutlich aus dem im Bild 13 gezeigten Brückenmodell aus Stein heraus, vermutlich wieder ein Werk der Brüder Grubenmann aus der Mitte des 18. Jahrhunderts. Sowohl die gegen die Widerlager drückenden Sprengwerkzüge als auch die Hängewerke, mit ihren dreiteiligen verzahnten Streckbalken, sind als siebenseitiges Polygon geführt. Bei einer über die ganze Brückenlänge gleichmässig verteilten Belastung stehen die in den Eckpunkten entstehenden Ablenkungskräfte mit den äusseren Kräften im Gleichgewicht. Es handelt sich somit um ein *reines Drucklieniensystem*.

Beim Stabbogen und bei ähnlichen Tragstrukturen, d. h. auch bei den drei-

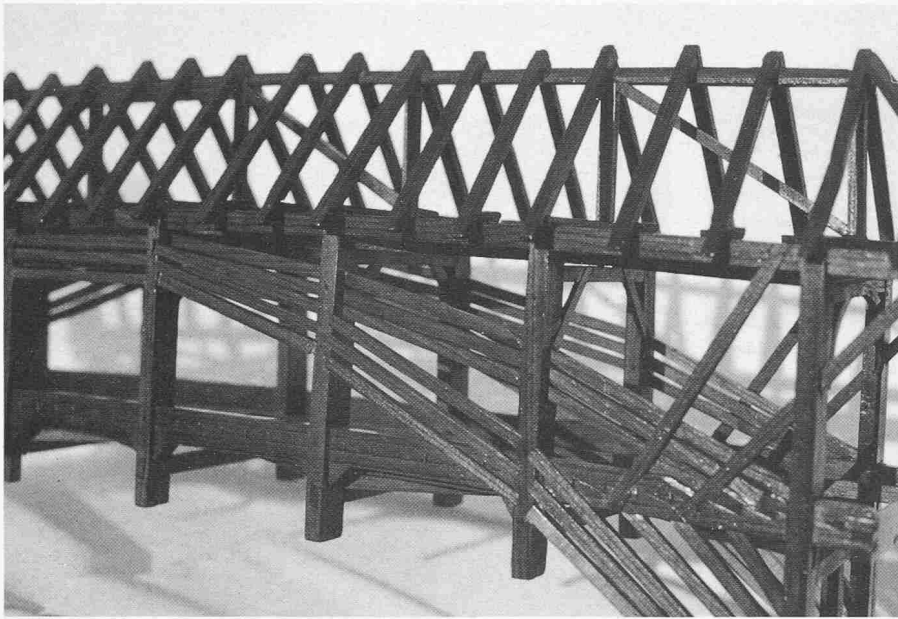


Bild 13. Brückenmodell, um die Mitte des 18. Jahrhunderts

stäbigen Systemen nach Bild 2b und 3b, stellt sich als Hauptproblem die Aufnahme einer zur Brückenmitte *einseitig angeordneten Verkehrslast*, weil die entsprechende Drucklinie dann nicht mehr mit der Systemlinie des Stabbogens übereinstimmen kann. Dies ist sofort ersichtlich, wenn man in Gedanken die einseitige Last durch die gleichwertige Überlagerung einer symmetrischen Last (Drucklinie dem Stabbogen entsprechend) und einer antimetrischen Last ersetzt.

Die *Grubenmann* haben zur Lösung dieser Aufgabe verschiedene *statisch-konstruktive Anordnungen* entwickelt bzw. angewendet, die an ausgeführten und zum Teil noch bestehenden Brücken erläutert werden sollen.

Versteifung durch die Fahrbahnträger

Bei der ältesten und heute noch gebräuchlichen Ausbildung übernimmt ein in Fahrbahnhöhe angeordneter *Ver-*

steifungsträger die Biegemomente aus dem soeben erwähnten antimetrischen Anteil der Verkehrslast. Als Grenzfall des polygonalen Hängewerkes ergibt sich dann der *Langersche Balken*, der sowohl bei Eisenbahnbrücken (vgl. z. B. [19]) als auch bei Strassenbrücken grosser Spannweite (vgl. z. B. [20]) Verwendung findet.

Zu *Grubenmanns* Zeit standen nur *Holzquerschnitte beschränkter Biegesteifigkeit* zur Verfügung, auch bei der Ausbildung als verzahnter Balken. Zudem war eine biegesteife Stossausbildung nur beschränkt möglich. Eine Versteifung mit dem Streckbalken allein kam deshalb nur für kleine Öffnungen in Frage, wie bei der im Bild 5 gezeigten *Achmüli-Brücke*.

Versteifendes Fachwerk

Die 1766 von *Johann Grubenmann* erbaute Brücke über die *Glatt*, 1949 nach *Rümlang* versetzt, besitzt deshalb zur

Versteifung ihrer 28 m weit gespannten Öffnung ein zum *Ständerfachwerk* ergänztes Hängewerk. Diese Anordnung, allerdings mit dem Hängewerk als Haupttragssystem, war bereits aus Bild 4 für die Tragstruktur des «*Pont de Berne*» über die *Saane* ersichtlich.

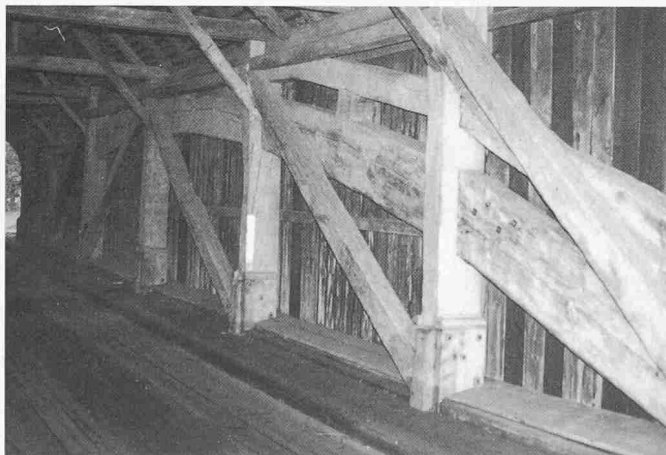
Bei der 5 m breiten *Glattbrücke* übernimmt dagegen nach Bild 14 ein *sechseitiger Polygonzug* aus kurzen, an den Hängesäulen jeweils gestossenen Streben den Hauptanteil der Belastung. Eine ähnliche Ausbildung haben die *Grubenmann* schon früher bei Dachbauten verwendet (vgl. [7] und [21]). Die oberen Elemente des Stabzuges waren ursprünglich nicht mit den unteren verbunden; sie wurden erst bei der Erneuerung im Jahre 1921 zwecks Verminderung der Knicklänge in ihrer Mitte mit Klötzen versehen (vgl. [22]). Den antimetrischen Anteil der Verkehrslast muss das Versteifungsfachwerk praktisch allein aufnehmen.

Im Vergleich zu den anderen noch bestehenden *Grubenmannschen* Brücken scheint die *Glattbrücke* in der Detailausbildung weniger gepflegt zu sein. So wurden zum Teil deutlich *gekrümmte Streben* eingesetzt, dies vielleicht wegen der sonst ungebräuchlichen Ausführung aus Eichenholz. Andererseits zeigen Einzelheiten des Dachausbaus die saubere Bearbeitung der Verbindungen. Die *Grubenmannsche* Lösung des mit einem Fachwerk versteiften Bogens wurde in den USA weiterverwendet (vgl. die Ausführungen von *E. Gehri* in diesem Heft).

Versteifung durch die verstrebt Seitenschalungen

Die zwei letzten von *Hans Ulrich Grubenmann* erbauten Brücken führen beide über die *Urnäsch* und sind uns glücklicherweise erhalten geblieben. Die «*sprechende Brücke*» im *Herisauer Tobel* dient als Übergang des alten, heute

Bild 15 (rechts). Innenansicht der «*sprechenden Brücke*» im *Herisauer Tobel*
Bild 14 (unten). Innenansicht der *Glattbrücke*, heute *Flughofstrasse*, *Rümlang*



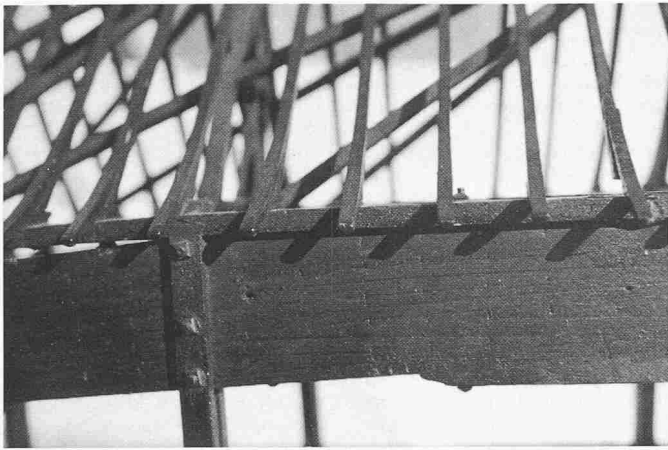


Bild 17. Ausschnitt aus dem Originalmodell der Limmatbrücke Wettingen

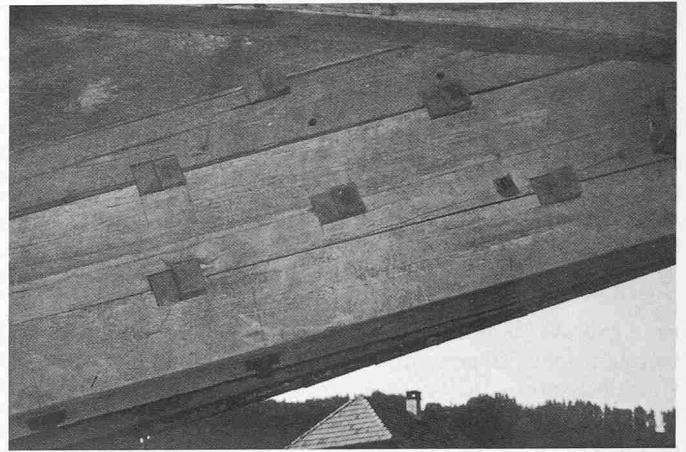


Bild 18. Widerlagerbereich der Brücke über die Emme in Schüpbach

noch beim Fussmarsch zur Landsgemeinde benützten Saumpfad zwischen Hundwil und Herisau. Die untere Brücke überquert die Urnäsch im Kubel, kurz vor deren Einmündung in die Sitter.

Beide Bauwerke hatten nur rund 3 m breite Saumwege zu überführen, so dass Grubenmann die Versteifung der Seitenschalung zuweisen konnte, die mit angenagelten Streben verstärkt ist (Bild 15). Dies ist eine erstaunlich moderne Lösung, wenn man bedenkt, dass das planvolle Heranziehen der Dach- oder Wandeindeckung zu Versteifungszwecken im Hallenbau (vgl. [23]) erst zaghaft Verbreitung findet!

Beide Urnäschbrücken besitzen eine Spannweite von rund 30 m und zeigen als Hauptstruktur ein *fünfseitiges Stabpolygon*. Beim Bauwerk im Herisauer Tobel ist der Streckbalken einteilig, bei der leicht breiteren Brücke im Kubel dagegen zweiteilig verzahnt. Der Querschnitt mit dem *sorgfältig verstrehten Dachaufbau* ist typisch für die Grubenmannschen Bauwerke.

Die *konstruktive Bearbeitung* zeugt vom hohen Stand des Zimmermannhandwerkes. So übernimmt der im Bild 16 (nach [7]) gezeigte Schwalbenschwanzzapfen mit Keilverschluss die Verbindung der Hängesäule mit dem Streckbalken. Ein oberer Windverband, kombiniert mit dem Dachgebälk, sowie ein unterer Windverband gewährleisten einwandfrei die *räumliche Stabilität* dieser schmalen Brücken. Grubenmann hat mit Recht bei den Verbänden nicht gespart. Die mangelhaften Verbände zahlreicher älterer Eisen- und Stahlbrücken beweisen, dass diese *durch die Erfahrung gewonnenen Erkenntnisse* der alten Baumeister im 19. Jahrhundert leider teilweise verlorengegangen sind.

Der Durchblick durch den Dacheinbau zeigt zudem die *geglückte Vereinigung*

von *Zweckbau und Kunstwerk*. Am Beispiel der barock profilierten Stichbalken zur Abstützung der Sparrengebinde gehen auch das Formempfinden und der handwerkliche Stolz einer in Ehre

Bogenkonstruktionen

Limmatbrücke Wettingen; Hans Ulrich Grubenmann, 1764/66

und Freude ausgeführten Arbeit hervor. Eine Besichtigung dieser Bauwerke kann als Ziel einer Wanderung an einem schönen Tag wärmstens empfohlen werden, wobei mindestens für den Herisauer Tobel gutes Schuhwerk erforderlich ist!

Mit der 60 m weit gespannten Limmatbrücke Wettingen, 1766 kurz vor dem Bau der Glattbrücke beendigt, erreichte *Hans Ulrich Grubenmann* unbestrittenermassen den *Gipfel der Entwicklung hölzerner Bogenkonstruktionen*. Jede der zwei vollwandigen Bogenrippen besteht aus sieben Kanthölzern von etwa 300×300 mm im Querschnitt, die sehr sorgfältig miteinander verzahnt sind (Bild 17). Diese Ausbildungsart geht sowohl aus den zeitgenössischen Abbildungen als auch aus dem Originalmodell (zurzeit in der Grubenmannsammlung in Teufen aufgestellt) hervor.

Der Wirkungsgrad eines *verzahnten Balkens* kann selbstverständlich denjenigen eines Vollquerschnittes nie erreichen; dies ist nur beim verleimten Brettschichtholz zu erzielen. Dennoch konnten die mehr als 2 m hohen Bogenrippen der Wettinger Brücke jahrzehntelang *auch einseitige Nutzlasten* aufnehmen. Die zusätzlich angeordneten Hängewerke und Sprengwerke spielten wahrscheinlich nur eine untergeordnete Rolle, insbesondere für die Abstützung des Dachausbaus. Die Angaben von *Coxe* [11], *Shanahan* [8], *Ebel* [24] und *Krafft* [25] sind allerdings bezüglich der Anordnung dieser Elemente nicht übereinstimmend.

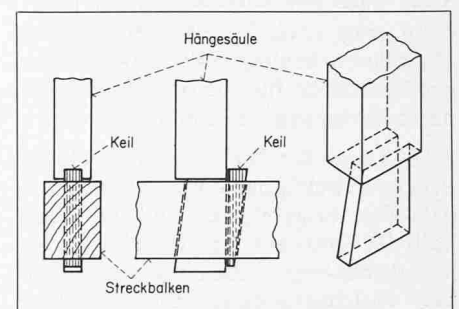


Bild 16. Verbindung der Hängesäule mit dem Streckbalken bei den zwei Urnäschbrücken

Die Idee des verzahnten Balkens oder sogar des verzahnten Bogens ist kaum eine Erfindung von Grubenmann. Seine schöpferische Leistung liegt aber darin, diese Bauart bei einer *grossen Konstruktionsaufgabe* umgesetzt und die *Detailausbildung* ausgearbeitet zu haben. Wir können daher nur bedauern, dass dieses einzigartige Bauwerk, wie die anderen Meisterleistungen der Grubenmann, auf Befehl von *Masséna* in Brand gesteckt worden ist.

Bogenkonstruktionen von Josef Ritter

Die Grubenmannsche Lösung für Wettingen verlangte eine *aufwendige Bearbeitung* der Bogenverzahnung, die zudem bei der erforderlichen *Passgenauigkeit* nur durch bestausgewiesene Zimmerleute auszuführen war. Bei späteren Bogenkonstruktionen hat man daher eine vereinfachte Lösung angestrebt. So hat *Josef Ritter* 1794 bei der 50-m-Öffnung der *Reussbrücke Mellingen* einen achtfachen Bogen aus gekrümmten Lamellen hergestellt, die nur aufeinander gelegt und über die Hängesäulen miteinander verbunden waren. Die mangelnde Steifigkeit führte dazu, dass das Bauwerk nach wenigen Jahren ein Zwischenjoch erhalten musste (vgl. z. B. [26]).

Die gleiche Konstruktionsart, mit sechs 150 mm starken Lamellen, kann an der

noch bestehenden 25-m-Öffnung der *Spreuerbrücke Luzern* beobachtet werden. Bei diesem leichten Fussgängersteg wirkt sich die ungenügende Bogensteifigkeit nicht so nachteilig aus, reicht doch die mehr als 1 m hohe seitliche Belplankung wahrscheinlich allein zum Ausgleich einer allfälligen einseitigen Nutzlast aus.

Bogenbrücken im Emmental

Eine gewisse Renaissance hat der Grubenmannsche Bogen mit den nach einer Wassernot 1839 erbauten grossen Brücken im Emmental erlebt, von denen uns die in *Schüpbach* mit knapp 50 m und diejenige in *Hasle-Rüegsau* mit 60 m erhalten geblieben sind (vgl. z. B. [4], [27] und [28]). Die Brücke in Schüpbach, nach der Verstärkung der Fahrbahn, trägt noch den Fahrzeugverkehr ohne Beschränkung. Mit ihrem behäbigen Walmdach fügt sie sich ausgezeichnet in die umliegende Landschaft ein.

Bild 18 zeigt den Widerlagerbereich der Brücke in Schüpbach, mit den als Doppelkeilen ausgebildeten *Dübeln*. Oberhalb der Fahrbahn sind die Holzlamellen *gleichzeitig verdübelt und verzahnt*. Die Holzbearbeitung legt ein gutes Zeugnis für die Zimmermannkunst dieser Zeit ab, auch wenn vielleicht der Stand der Grubenmannschen Bauten nicht mehr erreicht wurde.

Schlussbetrachtungen

Die bisherigen Ausführungen haben gezeigt, dass der durch die Meisterleistungen von *Hans Ulrich Grubenmann* erzielten höchsten Vollendung des Brückenbaus in Holz ein gewisser Rückschritt gefolgt ist. Die Gründe dafür sind mannigfaltiger Art. Zuerst fand *Hans Ulrich* in seiner Familie keinen ebenbürtigen Nachfolger (für die Brückenprojekte seines Neffen *Johannes* vgl. [7]). Zudem führten die Kriegereignisse, welche die Schweiz nicht verschont hatten, eine Zeitlang wieder stärker zur Herstellung einfacher Jochbrücken, die schnell abgebrochen und wieder aufgebaut werden können. Auch der Zerfall der Zunftordnung mag sich zuerst negativ ausgewirkt haben.

Die zu Beginn des 19. Jahrhunderts vollzogene *Verschmelzung von Wissenschaft und Baukunst* hat eher die gleichzeitig einsetzende Entwicklung der *Eisen- und Stahlbauweise* gefördert und daher die Wettbewerbsfähigkeit der Holzkonstruktionen im Bereich der

Literaturangaben

- [1] «Der Wiederaufbau der Trajanbrücke». Schweiz. Bauzeitung 1898, Bd. XXXI, S. 133
- [2] *Stüssi, F.*: «Grundlagen des Stahlbaues». Springer-Verlag 1971
- [3] *Caesar, G.L.*: «Bellum Gallicum»; Liber quartus, XVII+XVIII; Liber sextus, IX
- [4] *Meyer-Usteri, K.P.*: «Die Aarebrücke von Wangen». Schweiz. Bauzeitung, 1967, S. 413 und 485
- [5] *Rohn, A.*: «Les ponts de Fribourg». Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles, Fribourg 1926, IIe partie, p. 56
- [6] *Steinmann, E.*: «Die Kunstdenkmäler der Schweiz, Kanton Appenzell Ausserrhodens». Bd. III, Vorderland, S. 69, Vgl. auch Bd. I, Hinterland, sowie Bd. II, Mittelland, für weitere Holzbrücken
- [7] *Killer, J.*: «Die Werke der Baumeister Grubenmann». Verlag Leemann, Zürich 1941; 2. Aufl. 1959
- [8] *James, J.G.*: «The Evolution of Wooden Bridge Trusses to 1850». Journal Inst. Wood Science, Vol. 9, 1982, p. 116 and p. 168
- [9] *v. Mechel, Chr.*: «Plan, Durchschnitt und Aufriss der drey merkwürdigsten hölzernen Brücken in der Schweiz». Basel 1803
- [10] *Jezeler, C.*: «Beschreibung der hölzernen Brücke über den Rhein in Schafhausen». Winterthur 1778
- [11] *Coxe, W.*: «Travels in Switzerland and in the Country of the Grisons». The fourth Edition, London 1801 (1. Auflage 1778)
- [12] *Stüssi, F.*: «Schweizerische Pioniere des Brückenbaues». Polygraphischer Verlag, Zürich 1950; sowie «Der Baumeister Johann Ulrich Grubenmann». Industrielle Organisation, 1961, H. 10
- [13] *Hauri, H.H.*: «Aus der historischen Entwicklung der Bemessungsmethoden im Brückenbau». Die Entwicklung des Grossbrückenbaus, ETH Zürich, 1979, S. 153
- [14] *La Nicca*: «Die Brücke von Reichenau über den Rhein». Zeitschrift über das gesamte Bauwesen, von C.F. von Ehrenberg, vierter Bd., 1840, S. 254
- [15] *Blaser, W.*: «Schweizer Holzbrücken». Birkhäuser Verlag, 1982
- [16] «Brand der Reichenauer Brücke». Die Eisenbahn 1880, Bd. XIII, S. 45
- [17] «Destruction of the Bridge at Reichenau». Engineering 1880, 30, p. 353
- [18] *Dubas, P.*: «Erneuerung der Rheinbrücke Reichenau». IVBH Reports Vol. 39, Zürich 1982, S. 129
- [19] *Gut, H. Schuwerk, O.*: «Die Brücken der SBB im Raume Ziegelbrücke-Weesen». Schweiz. Bauzeitung, 1971, S. 1017
- [20] *Storch, W.S.*: «Die Port-Mann-Brücke in British Columbia, Kanada». Der Stahlbau, 1965, S. 19
- [21] *Oertle, J.*: «Holzbau zwischen Handwerk und Ingenieurkunst». Schweizer Holzbau, 3, 1983, S. 28
- [22] Lignum: «Zur Entwicklung des Holzbaues in der Schweiz; 1. Dach-Hallen- und Brückenkonstruktionen». Zürich 1936
- [23] *Bryan, E.R.*: «The Stressed Skin Design of Steel Buildings». Constrado Monograph, Crosby Lockwood Staples, London 1973
- [24] *Ebel, J.G.*: «Schilderung der Gebirgsvölker der Schweiz». Leipzig 1798
- [25] *Krafft, J.C.*: «Plans, coupes et élévations de diverses productions de l'art de la charpente». Paris 1805
- [26] *Knoepfli, A.*: «Die Sitterbrücke bei Bischofszell». Verlag Bischofszeller Zeitung, 1956
- [27] *Laedrach, W.*: «Berner Holzbrücken». Berner Heimatbücher Nr. 18, Verlag Paul Haupt, Bern 1944
- [28] *Röllin, P.*: «Holzbrückenbau in der Schweiz». Heimatschutz Nr. 1/1973

grossen Spannweiten beeinträchtigt. Beim Bau der zweigleisigen Eisenbahnstrecke nach Holyhead im Jahre 1850 erreichte *Robert Stephenson* zur Überquerung der Menai-Strasse eine Spannweite von 142 m für die durchlaufende *Britannia-Brücke* (vgl. [2], Abb. I, 6), während die einfach gelagerte Brücke beim *Conway-Castle* 122 m weit gespannt ist.

Mit seinem intuitiven Gestaltungsvermögen, seinem an der Beobachtung bestehender Bauwerke geschulten Empfinden für das Kräftespiel und nicht zuletzt mit seiner Pflege der baulichen Einzelheiten, unter geschickter Ausnutzung der Eigenschaften des Naturproduktes Holz, weist uns *Hans Ulrich Grubenmann* den richtigen Weg zur Lösung auch von komplizierten Aufgaben der Ingenieurpraxis. Zudem erinnert er uns daran, dass die schöpferische Leistung beim Entwurf, als eine *Synthese von Wissen, Können und persönlicher Erfahrung*, der Berechnung vorzugehen hat, eine Tatsache, die in unserer computerorientierten Zeit leider oft übersehen wird.

Verdankung

Der Artikel ist eine überarbeitete Fassung des Vortrags anlässlich der Tagung «Holzbau gestern und heute», die am 28. Januar 1983 zum 200. Todestag von Hans Ulrich Grubenmann an der ETH Zürich durchgeführt worden ist. Die Beschaffung der zahlreichen für den Vortrag benützten und hier nur zum kleinen Teil wiedergegebenen Abbildungen war nur dank dem bereitwilligen Einsatz der Mitarbeiter des Lehrstuhles für Baustatik und Stahlbau möglich. Zudem sei insbesondere Frau *R. Nüesch-Gautschi*, Initiatorin und Leiterin der Grubenmannsammlung in Teufen, Herrn *C. Ulmer* vom Museum Allerheiligen sowie Frau *A. Rutz* von der Graphischen Sammlung der Zentralbibliothek Zürich für ihre spontane Mithilfe herzlich gedankt.

Für Brückenobjekte, die entweder noch bestehen oder mindestens in der Form von Modellen zugänglich sind, hat man sich aus Platzgründen auf einige Photoaufnahmen beschränkt. Für zeitgenössische Zeichnungen oder später aufgenommenen Pläne sei u. a. auf die Veröffentlichungen [6], [7], [9], [12], [15] und [25] verwiesen.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. *P. Dubas*, Lehrstuhl für Baustatik und Stahlbau, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich.