Zeitschrift: Heimatschutz = Patrimoine
Herausgeber: Schweizer Heimatschutz
Band: 95 (2000)
Heft: 4

Artikel: Vom Holzsteg zur kühnen Betonbrücke
Autor: Flückiger-Seiler, Roland
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-175914

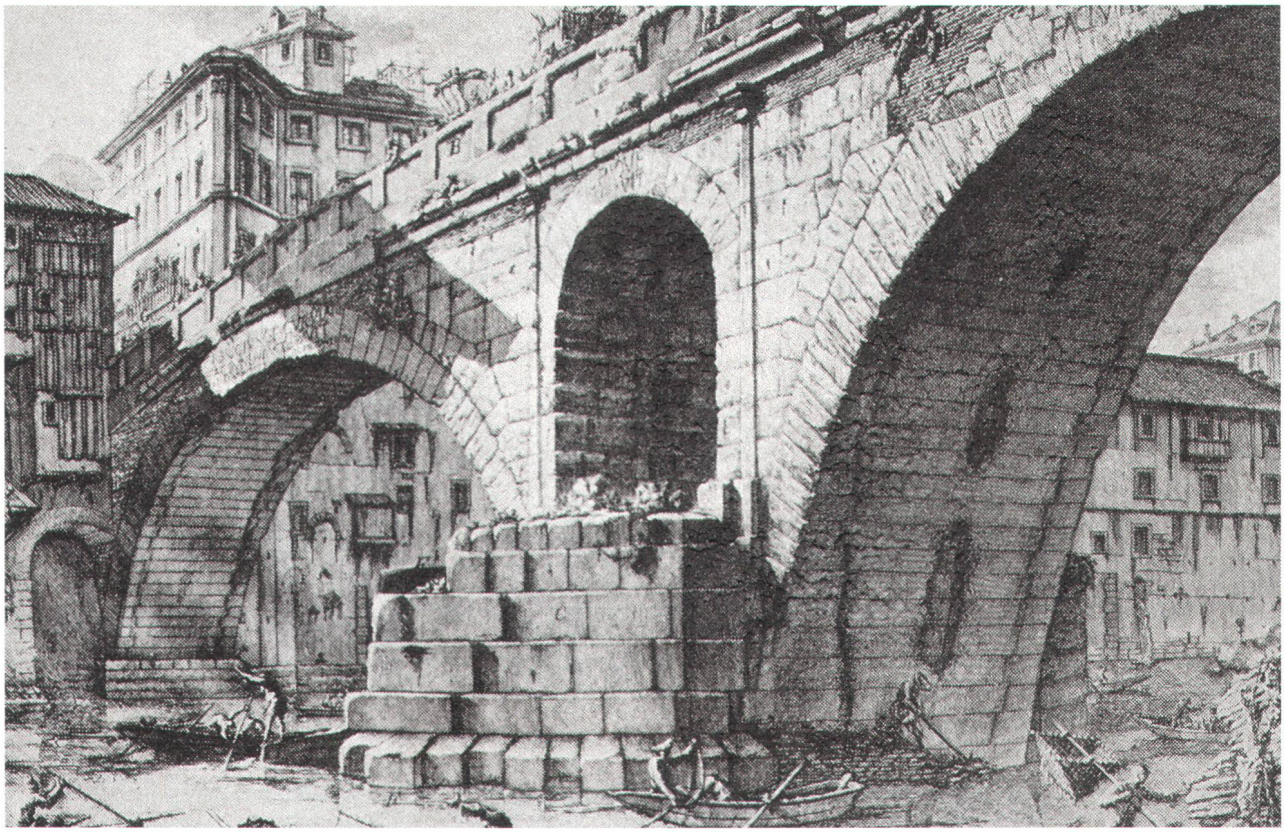
Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 22.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch



Streiflichter zur Geschichte des Brückenbaus

Vom Holzsteg zur kühnen Betonbrücke

von Roland Flückiger-Seiler, Dr. sc. techn. / dipl. Arch. ETH, Bern

Die Geschichte des Brückenbaus beginnt bereits in der Bronzezeit, also etwa vier Jahrtausende vor unserer Zeitrechnung, als die ersten Siedler ihre Pfahlbauten an den Seeufern errichteten. Diese benützten einfache Balkenstege zur Überquerung von Wasserläufen. Etwa zur gleichen Zeit entwickelte sich in Asien und Afrika bereits eine primitive Kunst des Hängebrückenbaus. In Mesopotamien und Ägypten war die Gewölbetechnik bekannt, wurde aber offensichtlich noch nicht im Brückenbau angewandt. Aus römischer Zeit sind die frühesten archäologisch gesicherten Nachweise von gewölbten Brückenbauten erhalten. Die ältesten bisher auf Schweizer Boden erforschten Brückenbauten stammen aus keltischer Zeit und wurden an der Zihl zwischen Neuenburger- und Bielersee entdeckt. Von hier bis zu den kühnen Betonbrücken unserer Tage galt es zahllose Hindernisse zu überwinden.

In römischer Zeit wurde die Mehrzahl der festen Übergänge nach dem damals schon lange bekannten System der Pfahljochbrücken aus Holz errichtet. An wichtigen Übergängen ersetzten Steinpfeiler mit der Zeit die Pfahljoche aus Holz. Solche Konstruktionen blieben während der ganzen Antike im Gebrauch. Daneben war aber auch die reine Pfahljochbrücke aus Holz stark verbreitet.

Römische Bogentechnik

Auf der Trajanssäule in Rom befindet sich die Darstellung der im Jahre 107 n. Chr. erbauten Donaubrücke bei Or-

Der Pons Fabricius in Rom wurde 62 v. Chr. erstellt und besteht noch heute. (nach Piranesi)
Construit en 62 avant J.-C., le pont Fabricius, à Rome, existe toujours (d'après Piranesi).

sova im heutigen Rumänien als hölzerne Bogenbrücke. Die Römer waren also offensichtlich in der Lage, Brücken mit einem hölzernen Bogen zu konstruieren. Fortschritte in der Wölbetechnik ermöglichten es seit dem 3. Jahrhundert v. Chr. auch den Römern, grössere steinerne Brückenbogen zu erstellen, bei denen nach einer Einheit von Ingenieurkonstruktion und architektonischem Ausdruck gesucht wurde. So erreichte die von römischen Ingenieuren erstellte Brücke von Martorell in Spanien um etwa 220 v. Chr. bereits eine Spannweite von 40 Metern. Im Jahre 62 v. Chr. wurde der heute noch erhaltene pons Fabricius als Übergang zur Tiberinsel mit zwei geometrisch reinen Halbkreisbogen errichtet. In der Kaiserzeit erreichte der Bau von römischen Steinbogenbrücken einen Höhepunkt. Besonders berühmt wurden die nach dem gleichen Prinzip errichteten Brücken für die Wasserzufuhr in die Grossstädte. Der heute berühmteste Aquädukt, der Pont du Gard, wurde 14 n. Chr. bei Nîmes erstellt. Etliche Steinbrücken aus der römischen Kaiserzeit dienen in Italien heute noch dem Verkehr.

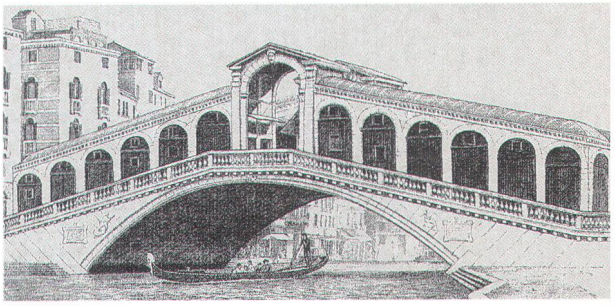
Aus römischer Zeit haben sich auch in der Schweiz an verschiedenen Orten Überreste von Brücken erhalten, aber kaum ein intaktes Brückenbauwerk. Die meisten bisher archäologisch erforschten Übergänge waren Holzbrücken auf Holzjochen, teilweise offenbar auch auf Steinpfeilern. Römische Brücken über die Rhone fand man bei Tarnaiae/Massongex (VS) und Genf. Zwischen Murten- und Neuenburgersee wurde eine 34 n. Chr. erbaute und mehrmals erneuerte Holzbrücke über die Broye gefunden. In Stein am Rhein benützte eine Holzbrücke die ehemalige Insel Werd zur Überquerung des Rheins. In Zurzach wurde bei den spätrömischen Kastellen 368–374 n. Chr. eine Steinbrücke mit rhombischen Pfeilern erbaut. In die gleiche Zeit gehören die kastellartigen Brückenköpfe von Basel, Wyhlen (gegenüber Kaiseraugst) und Rheinheim (gegenüber Zurzach), die die Rheingrenze sicherten. Weitere dendrochronologisch datierte römische Holzbrücken sind in Bussnang und Eschenz im Thurgau gefunden worden. Viele weitere sogenannte Römerbrücken gehören einem Mythos an, der nur durch volkstümliche Phantasien aufrecht erhalten bleibt.

Mittelalter und Renaissance

Mit dem Zerfall des römischen Weltreiches waren auch dessen Brückenbauten dem Untergang geweiht. Erst im 12. Jahrhundert setzte die intensive Zeit des mittelalterlichen Brückenbaus ein. Vorherrschend waren in jener Zeit, vor allem in der Schweiz, die Holzbrücken. Aber auch der Steinbau hat sich, vorwiegend in spätmittelalterlicher Zeit, mit etlichen bekannten Bauten ausgezeichnet. Beinahe alle bekannten mittelalterlichen Flussübergänge wurden in einer relativ kurzen Phase im 12. und 13. Jahrhundert errichtet, wenn auch einige erst im 14. Jahrhundert schriftlich bezeugt sind. Im 14. Jahrhundert folgten nur noch wenige Neubauten, da der Bedarf vorerst gedeckt war. Seit dem 15. Jahrhundert ging man häufig dazu über, Holzpfeiler durch stabilere Steinpfeiler zu erneuern oder sogar ganze Holzbrücken durch steinerne Übergänge zu ersetzen. Eine der verkehrstechnisch und strategisch wichtigsten Jochbrücken des Mittelalters auf schweizerischem Gebiet war die 1226 vollendete Mittlere Brücke in Basel. Sie besass zu Beginn acht Holzjoche und fünf Steinpfeiler. Erst in den Jahren 1903–1905 wurde sie durch das heutige Bauwerk ersetzt. Als heute wohl berühmtestes noch erhaltenes Beispiel einer mittelalterlichen Holzbrücke darf die 1347 erstmals urkundlich genannte Kapellbrücke in Luzern angesehen werden. Nach 1358 entstand die wohl längste Jochbrücke des Abendlandes: sie führte von Rapperswil auf nahezu 200 Pfeilern über die etwa einen Kilometer breite Enge des Zürichsees nach Hurden (siehe separater Beitrag über deren Wiederherstellung).

Die Renaissance-Architekten förderten die Ästhetik in der Baukunst und damit auch im Brückenbau. Nach Andrea Palladio (1508–1580) musste eine Brücke bequem, dauerhaft und schön sein. Eine der schönsten Brücken überhaupt entstand deshalb unter dem Einfluss der Renaissance: die Rialtobrücke in Venedig, 1587–1591 durch Antonio da Ponte erbaut. Die Verfeinerung in der geometrischen Gestaltung erlaubte im 16. und 17. Jahrhundert den Übergang zu sehr flachen, elliptischen Bogen oder Korbbogenwölbungen. War der Brückenbau in der Renaissance als Aufgabe der Ingenieurkunst entdeckt worden, so wurde diese Aufgabe im 18. Jahrhundert wissenschaftlich untermauert. Seit dem 18. Jahrhundert stellten die praktische Bauausführung sowie die Baustellenorganisation der grösseren Brückenbauten so hohe Anforderungen, dass sich der Brückenbauer als Spezialist ausbilden und betätigen musste. Obwohl im 19. Jahrhundert Eisen als neues Material im Brückenbau Einzug hielt, wurden noch vielerorts wichtige Übergänge in der traditionellen Technik als Steinbo-

Oben: Als eine der berühmtesten mittelalterlichen Holzbrücken gilt die Kapellbrücke in Luzern, die urkundlich erstmals um 1347 erwähnt wurde. (Archiv Flückiger). Unten: Die Rialto-Brücke in Venedig mit ihrem Flachbogen aus der Renaissance.
En haut: le pont de la Chapelle de Lucerne, l'un des ponts les plus célèbres du Moyen Age, dont la première trace dans des documents remonte à 1347 (archives Flückiger). En bas: le pont du Rialto, à Venise, avec sa voûte surbaissée, date de la Renaissance.



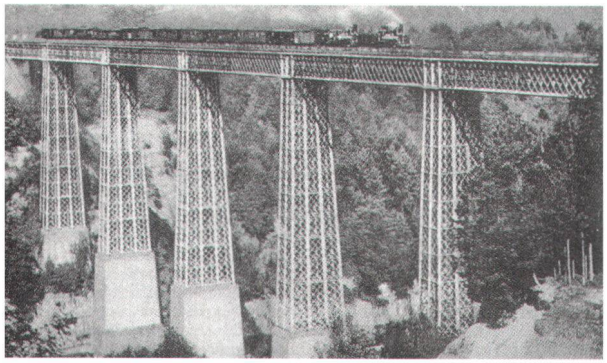
genbrücke erstellt. Das Ende der gewölbten Massivbrücke kündigte sich erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts an, als der Beton vollständig neue Perspektiven im Brückenbau eröffnete. Zu den letzten grossen Steinbrücken, die in der Schweiz in traditioneller Weise hergestellt wurden, zählen die imposanten Viadukte der Rhätischen Bahn: der Landwasserviadukt bei Filisur oder die Brücke bei Wiesen zwischen Filisur und Davos.

Spreng-, Hänge- und Holzfachwerk

Die Spannweite von Holzbrücken wurde seit jeher durch die Statik der Holzbalken bestimmt. Zur Überwindung grösserer Flussbreiten mussten Joche als Zwischenstützen verwendet werden. War dies nicht möglich, behalf man sich vorerst mit teils äusserst kühnen Steinbogenbrücken. Erst die Erfindung von neuartigen Holz-Tragsystemen ermöglichte die Überwindung grosser Spannweiten mit Holzbrücken. Eine weitgehend neue Entwicklung trat im Holzbrückenbau erst ein, als die sogenannten Spreng- und Hängewerke Verbreitung fanden. Als Sprengwerk wird ein auf Druck belastetes Tragsystem unter der Fahrbahn bezeichnet, bei dem schräge, auf Pfeiler oder Widerlager abgestützte Streben die Fahrbahn unmittelbar unterstützen. Befindet sich die Tragkonstruktion über der Fahrbahnplatte, wird sie als primär durch Zugkräfte beanspruchtes Hängewerk bezeichnet. Eine der ältesten bekannten Sprengwerkbrücken wurde 1468 über das Martinstobel zwischen St. Gallen und Heiden erbaut (1877 abgebrochen). Durch die geschickte Kombination von Spreng- und Hängewerk liessen sich schon im 17. Jahrhundert Spannweiten über 30 Meter erzielen. Schweizer Zimmerleute erlangten damals grosse Achtung in ganz Europa. Noch heute besitzt die Schweiz weltweit die grösste Dichte an Holzbrücken: insgesamt über 220 gedeckte sowie unzählige kleine ungedeckte und zumeist nur für Fussgänger bestimmte Übergänge. Im 18. Jahrhundert wurde die Technik des Holzbrückenbaus durch die Zimmermeisterfamilie Grubenmann aus Teufen entscheidend verbessert (siehe auch Beitrag auf Seite 10).

Erst im 19. Jahrhundert verbreitete sich das hölzerne Fachwerk als Tragsystem im Brückenbau, obschon es bereits 1570 in den «Quattro libri dell'architettura» des Renaissance-Architekten Andrea Palladio (1508–1580) aufgezeichnet worden war. Auch beim Holzfachwerk waren, wie beim Eisenfachwerk, die von Karl Culmann an der ETH entwickelten Berechnungssysteme entscheidend für seine vermehrte Anwendung. Zwei Fachwerksysteme haben sich im 19. Jahrhundert stark verbreitet: Der nach dem amerikanischen Ingenieur Ithiel Town benannte Gitterträger kam um 1820 in Connecticut auf und wurde um 1850 auch in der Schweiz bekannt. Bei diesem System verbinden starke Bretter in diagonaler und engmaschiger Ausfachung obere und untere Gurtungen miteinander. Nach diesem Prinzip haben sich in der Ost- und Zentralschweiz einige Brücken erhalten. Eine zweite Konstruktion, bei der das diagonal gekreuzte Fachwerk durch lotrechte Zugstangen vorgespannt wird, liess der Amerikaner William Howe 1840 patentieren. Da bei dieser der Anfangsdruck grösser ist als die Belastung, konnten damit auch Eisenbahnbrücken erstellt werden. In der Schweiz fuhr die Bahn bei Ragaz über eine solche Brücke. Neben einigen Rheinbrücken in der Ostschweiz (Haag, Sevelen) und in Graubünden (Russeintobel bei Disentis und in Scuol) ist auch die 1867 erstellte Sodbachbrücke bei Schwarzenburg nach dem System Howe ausgeführt.

1300 Tonnen Gusseisen, 700 Tonnen Schweisseisen und 500 000 Schrauben und Nieten wurden 1857–1862 für die Eisenbahnbrücke bei Grandfey FR verwendet. (Archiv Flückiger)
Le viaduc ferroviaire de Grandfey FR a nécessité pour sa construction (de 1857 à 1862) 1300 tonnes de fonte, 700 tonnes de fer issu de l'affinage de la fonte et 500 000 vis et rivets (archives Flückiger).



Eisen als Baumaterial

Die zweite Hälfte des 18. Jahrhunderts wurde auch im Bauwesen durch einen tiefgreifenden technischen Umbruch geprägt. So trat zu den traditionellen Konstruktionsmaterialien Holz und Stein neu das Eisen hinzu. Dieses hatte bereits seit Jahrhunderten als Verbindungsmittel Anwendung gefunden. Als eigenständiger Baustoff konnte es allerdings erst eingesetzt werden, als technische Verbesserungen eine finanziell günstigere Massenproduktion ermöglichten. Da England im Eisenhüttenwesen führend war, entstanden dort im 18. Jahrhundert die frühesten Tragkonstruktionen aus Gusseisen. Erstmalige Verwendung fand das neue Material 1741 bei der Wynach Bridge, einer Hängebrücke über den Tee in England. 1779 wurde die erste gusseiserne Brücke mit einer Spannweite von 100 Fuss über den Fluss Severn bei Coalbrookdale errichtet. Da das Material keine Zugfestigkeit aufweist, wurden Gusseisenbrücken im Prinzip ähnlich konstruiert wie die steinernen Bogenbrücken. Im frühen 19. Jahrhundert erlangten Brückenkonstruktionen aus gusseisernen Röhren vor allem in Frankreich und England grosse Verbreitung.

Der Aufschwung der Eisenbahn Mitte des 19. Jahrhunderts verlieh dem Brückenbau neue Impulse, stellte aber auch höhere Anforderungen: Die Brücken mussten tragfähiger werden. Der Fortschritt in der Eisenindustrie ermöglichte diese Steigerung. Im 19. Jahrhundert wurde das Gusseisen immer mehr von dem im sogenannten Puddelverfahren hergestellten Schmiedeeisen (1783 durch Hernry Corts erfunden) abgelöst, das auch auf Zugkraft beansprucht werden konnte. Mit dessen Serienproduktion konnten die Brückenbauer nun Formelemente herstellen, mit denen sich materialsparender und leichter bauen liess. 1846–1850 erstellte ein Team um den britischen Brücken- und Eisenbahningenieur Robert Stephenson die Britannia Bridge mit Spannweiten von 142 Metern über die Wasserstrasse von Menai in Wales als erste Balkenbrücke in Hohlkastenform. In der Schweiz erlangte die Eisenbahnbrücke, die 1857–1862 von Ingenieur L. Blotnitzki in Grandfey bei Freiburg erbaut worden war, grosse Berühmtheit (siehe auch separaten Beitrag auf Seite 14).

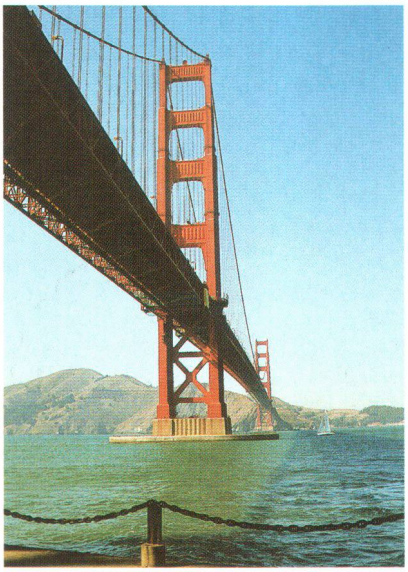
Im späten 19. Jahrhundert begann man, auch Bogenbrücken aus Eisenfachwerk herzustellen. Gustav Eiffel verbesserte die Statik durch Zwei- und Dreigelenkbogen. Durch die Anwendung von Schweisseisen und später von Stahl wurden Konstruktionen möglich, die vorher undenkbar gewesen waren. 1880–1884 errichtete Eiffel den Viaduc de Garabit in Südfrankreich, mit 165 Metern grösster Spannweite und nahezu 500 Metern Gesamtlänge. Als eine der grössten Brücken seiner Zeit war dieser elegante Viadukt ein vollendetes Beispiel der damaligen ingenieurmässigen Koordination von Berechnung und Experiment. Das Berner Stadtbild wird seit dem späten 19. Jahrhundert durch Gitter-Bogenbrücken geprägt. Die 1881–1883 erstellte Kirchenfeldbrücke begnügte sich noch mit Spannweiten unter 100 Metern (2 x 85,95 m). Die kurz darauf (1895–1898) erbaute Kornhausbrücke überspannt in ihrem Hauptbogen bereits 115 Meter.

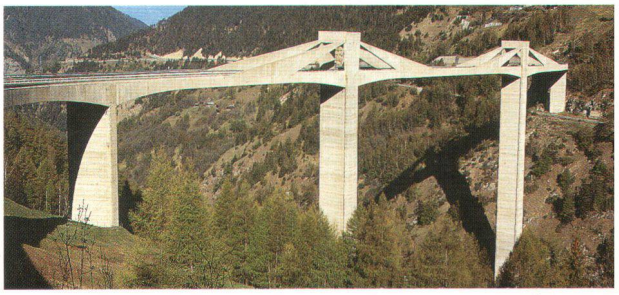
Ketten- und Hängebrücken

Mit Hilfe des Schmiedeeisens konnte im 19. Jahrhundert ebenfalls die etwa 2000-jährige chinesische Technik der Kettenbrücken entscheidend weiterentwickelt werden. Eine der ersten Skizzen zum modernen Hängebrückenbau fertigte um 1600 der Renaissance-Gelehrte Verantius an. Seit 1796 baute der Amerikaner James Finley Brücken, bei denen er die horizontale Fahrbahnplatte an Ketten aufhängte, die von den bei den beidseitigen Widerlagern konstruierten Pylonen gespannt waren. Bereits in den zwanziger Jahren des 19. Jahrhunderts wurden vielerorts die Ketten durch Drahtseile ersetzt. 1822 erstellte der französische Konstrukteur Marc Séguin bei Annonay einen an Drähten aufgehängten Steg von 17 Metern Länge. Zwei ähnliche Stege waren bereits 1816 in den USA entstanden. 1823 beriet Séguin den damaligen Genfer Kantonsingenieur Guillaume-Henri Dufour (1787–1875) bei seinem Projekt, die Promenade Saint-Antoine und die Place des Armes mit einem Fussgängersteg zu verbinden. Am 1. August 1823 konnte der Steg mit einer Spannweite von zweimal 35 Metern eröffnet werden. Sechs Kabel mit je 90 Drähten, die zur gleichmässigen Lastverteilung vorgespannt waren, trugen diese erste permanente Kabelbrücke der Welt. Berühmt wurde das System der Hängebrücken im 19. Jahrhundert durch Joseph Chalay, der sein Handwerk bei Séguin erlernt hatte. Er war der Erbauer des 1834 vollendeten «Grand Pont Suspendu» in Freiburg, der mit 273 Metern Spannweite während Jahren die am weitesten gespannte Brücke der Welt blieb.

Das System der Hängebrücke hat sich in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ständig weiter entwickelt. 1883 erreichte die Brooklyn Bridge in New York mit 486 Metern Spannweite einen neuen, weltweit beachteten Rekordwert. Besonders in den USA ist die Hängebrücke in der Folge zum Symbol für die Brücke schlechthin geworden. Die wohl berühmtesten Brücken sind die 1931 vom bekannten Schweizer Brückenbauer Othmar H. Ammann entworfene George Washington Bridge in New York mit 1067 Metern und die Golden Gate Bridge in San Francisco von 1937, die mit 1281 Meter Spannweite eine stützenfreie Durchfahrt in den Hafen der Grossstadt ermöglicht. Seit 1979 hält die Humber Bridge bei Hull in England mit 1410 Metern als Hängebrücke den Weltrekord der Brückenspannweiten.

Mit einer Spannweite von 1227 m ermöglicht die Golden-Gate-Hängebrücke in San Francisco die freie Schiffdurchfahrt in den Hafen. (Bild MAWI)
Avec sa portée de 1227 m, le Golden Gate bridge, le pont suspendu de San Francisco, permet la navigation des bateaux (photo MAWI).





Wegen ihrer Kühnheit zur Ikone moderner Brückenbaukunst geworden ist die Gantnerbrücke im Wallis. (Bild Stähli)
Le pont du Ganther, en Valais, est devenu un véritable modèle de la construction des ponts modernes en raison de son élégance.

Beton – oder: von Maillart zu Menn

Die neuste Epoche der Brückenbaugeschichte wurde mit der Erfindung des Eisenbetons eingeläutet. Erst in der Mitte des 19. Jahrhunderts verstand man jedoch, wie ein inhomogenes Material aus Beton und Stahl als Monolit Lasten aufnehmen kann. Dieses Prinzip war aber Voraussetzung für die Anwendung von Beton im Brückenbau, da Beton allein nicht in der Lage ist, grössere Zugkräfte aufzunehmen. 1840 hatte die Zementfabrik Herosé aus Aarau in Erlinsbach eine 7,2 Meter lange Betonbrücke mit einer Spannweite von 3 Metern errichtet, noch ohne Eisenarmierung allerdings. 1890 baute sie die erste armierte Betonbrücke in der Schweiz. Sie erreichte mit einer Scheiteldicke von 20 cm eine Spannweite von 37 Metern und war bei ihrem Abbruch 1973 die älteste Eisenbetonbrücke überhaupt. Kurz vor Ende des 19. Jahrhunderts versuchten mehrere Ingenieure, die Vorteile von Stahl und Beton im Grossbrückenbau zu vereinigen. Einen gewissen Erfolg konnte nur Josef Melan, der spätere Professor an der Technischen Hochschule Prag, buchen. Er konstruierte Bogenbrücken mit einer Stahlkonstruktion als Kern, die nach ihrer Erstellung in einem sie schützenden Betonmantel eingegossen wurden. In der Schweiz wurden nur wenige Brücken nach dem System Melan errichtet; unter anderem erfolgte der Umbau der Eisenbahnbrücke bei Grandfey in Freiburg 1925–1927 nach diesem Prinzip.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts war das Interesse für die Anwendung von Beton im Brückenbau gross. Einer der

bedeutendsten Brückenbauer der Neuzeit, der gebürtige Berner Ingenieur Robert Maillart (1872–1940) war ein virtuoser Gestalter im Umgang mit dem neuartigen Material. Auf der Suche nach kostengünstigen und trotzdem sicheren Konstruktionen führten seine statischen Berechnungen zur formalen Einheit aller Brückenbauteile. Seine vielbeachteten Dreigelenk- und Stabbogenbrücken können als «Perfektion in Beton» der wegbereitenden Holzbrücken durch die Gebrüder Grubenmann 150 Jahre früher angesehen werden. Die eindrücklichste Ausführung des Dreigelenkbogens realisierte Maillart 1929/30 bei der Salginatobelbrücke in Schiers (GR).
Der Eisenbeton erlaubte eine bisher unbekannte Auflösung der Konstruktion in Trägerkonstruktion und Brückenplatte, d.h. Bogen, Ständer und Fahrbahntafel, und damit eine noch grössere Einsparung an Eigengewicht bei gleichzeitiger Erhöhung der Nutzlast. Emil Mörsch, Professor an der ETH Zürich, war einer der ersten Stahlbetontheoretiker. 1908 erbaute er die Gmündertobelbrücke über die Sitter bei Teufen mit einer Spannweite von 79 Metern. Berühmt und in der ganzen Fachwelt bewundert wurden 1914 die ersten Eisenbahnbrücken aus Stahlbeton mit einer Spannweite von 96 Metern auf der Strecke Chur – Arosa. Die Erfindung des Vorspannbetons durch den französischen Ingenieur Eugène Freyssinet um 1920 bedeutete nach der Erfindung des Stahlbetons den zweiten, wichtigen Entwicklungsschritt bei der Konstruktion von Beton-Grossbrücken. Sie ermöglichte erst die Erstellung von grossen Balkenbrücken aus Stahlbeton. Als erste dieser Art in der Schweiz wurde 1958 die Weinlandbrücke über die Thur in Andelfingen erstellt. In den 1970er Jahren profitierten etliche grosse Viadukte des schweizerischen Autobahnnetzes von der Technik der Vorspannung, beispielsweise am Genfersee, am Greyerzersee oder der Felsenauviadukt bei Bern. Die vom prominentesten Brückenbauer der neusten Zeit, Professor Christian Menn, entworfene 678 Meter lange Ganterbrücke mit s-förmiger Linienführung ist eine Ikone unserer Zeit und gehört zu den kühnsten Brückenbauten, die in der Schweiz je errichtet worden sind. Sie bildet eine einzigartige Verbindung des Prinzips der Hängebrücken mit der Technik des Vorspannbetons.

Notes sur l'histoire de la construction des ponts

De la passerelle en bois à l'audacieux pont de béton

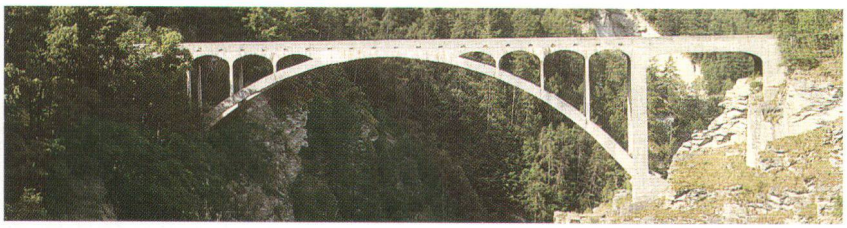
par Roland Flückiger-Seiler,
dr. ès sc. techn./ arch. dipl., Berne (résumé)

L'histoire de la construction des ponts commence déjà à l'âge du bronze, il y a environ quatre millénaires, lorsque les premiers palafittes s'installèrent sur les rives de nos lacs. Pour traverser les cours d'eau, ils jetaient de simples poutres sur des appuis. A la même époque se développe en Asie et en Afrique un art primitif de la construction de ponts suspendus. En Mésopotamie et en Egypte, la technique de l'arche était déjà connue, mais n'était manifestement pas encore appliquée aux ponts. Les vestiges archéologiques de ponts en voûtes remontent seulement à l'époque romaine. Les témoins les plus anciens qui aient été retrouvés sur sol helvétique datent des Celtes: ils ont été découverts au bord de la Thielle entre les lacs de Neuchâtel et de Bienne. Le parcours effectué depuis lors jusqu'à nos audacieux ponts de béton a permis de surmonter maintes difficultés. C'est cette évolution que nous allons évoquer à grands traits ci-après.

A l'époque romaine, le bois était le matériau le plus utilisé. La technique des ponts sur pilotis était connue depuis longtemps. Sur les passages très fréquentés, les Romains avaient remplacé les pieux de bois par des piliers en pierre. Ils maîtrisaient manifestement le cintrage du bois ainsi qu'à partir du IIIe siècle avant J.-C., la construction d'arches en pierres. A Rome, le pont Fabricius qui date de 62 avant J.-C. et relie toujours à l'heure actuelle l'île Tibérine à la rive comporte deux voûtes en plein cintre. C'est sous l'Empire que la construction des ponts en arcs a atteint son apogée. Edifié en l'an 14, le Pont du Gard, qui constitue la partie la plus grandiose qui subsiste de l'aqueduc de Nîmes enjambe le Gardon sur trois étages d'arcades en pierre. En Italie, les arches de plusieurs ponts datant de l'Empire romain résistent toujours au temps et aux transports modernes. En Suisse, aucun ouvrage datant de l'époque romaine n'a été retrouvé intact. Seuls quelques vestiges de ponts romains ont été découverts.

Moyen Age et Renaissance

La chute de l'Empire romain entraîna l'abandon des ponts romains. Le Moyen Age n'apporta aucun progrès sensible, mais les XIIe et XIIIe siècles furent marqués par une intense activité dans la construction de ponts en bois : le Pont du Milieu de Bâle, achevé en 1226, comportait à l'origine huit pilotis de bois et cinq piliers en pierre. L'un des rares témoins actuels des ponts en bois du Moyen Age est le pont de la Chapelle de Lucerne, édifié en 1347. A noter également la construction, en 1358, du pont sur pilotis le plus long de l'Occident: le pont de Rapperswil, sur le lac de Zurich, qui comptait près de 200 pieux de bois.
Avec la Renaissance, les voûtes sont surbaissées et les piles affinées. Le pont du Rialto à Venise, édifié en 1591, en est un magnifique exemple. Au XVIIIe siècle, la technique fait des progrès considérables et les ingénieurs doivent se spécialiser et acquérir une formation théorique. Au XIXe



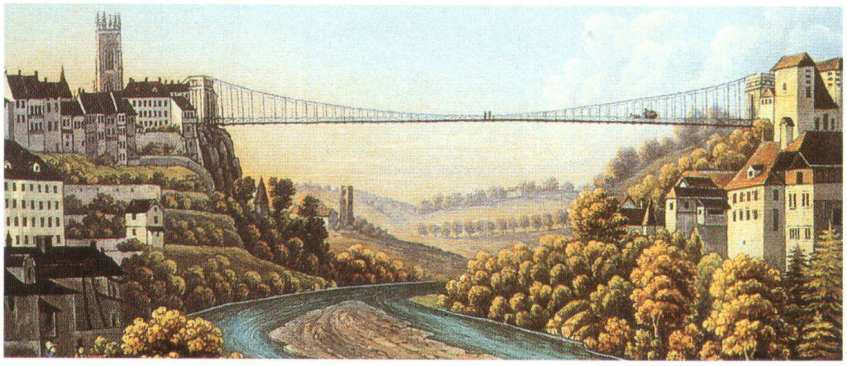
Le pont de Stalden (1928-1930) d'Alexandre Sarrasin est un exemple de réalisation pionnière dans les Alpes (archives Flückiger).
Die Staldenbrücke von Alexandre Sarrasin aus den Jahre 1928–1930 gehört zu den Pionierwerken des alpinen Brückenbaus. (Archiv Flückiger)

siècle, bien que le fer soit devenu le nouveau matériau en vogue, de nombreux ponts en maçonnerie sont édifiés selon la tradition, c'est-à-dire en arc. En Suisse, la construction des lignes des chemins de fer rhétiques est l'occasion de concevoir de grands viaducs ferroviaires en maçonnerie. Il faut attendre le début du XXe siècle pour que l'invention du béton révolutionne les procédés de construction.

Bois et fer

La portée des ponts en bois dépend de la résistance des poutres. Pour le franchissement de cours d'eau larges, il fallait donc avoir recours à des appuis intermédiaires, c'est-à-dire à des pilotis en bois. La découverte de nouveaux procédés d'assemblage du bois, notamment avec des tirants et des contrefiches, a permis de réaliser, dès le XVIIe siècle, des ouvrages d'une portée de plus de 30 m. Les charpentiers suisses ont à cette époque bénéficié d'une grande notoriété dans l'ensemble de l'Europe. Au XVIIIe siècle, les frères Grubenmann de Teufen ont excellé dans l'art de construire des ponts en bois (cf. page 13). Bien que l'architecte de la Renaissance Andrea Palladio (1508-1580) en ait déjà fait la mention dans le «Quattro libri dell'architettura», le procédé d'assemblage du bois en treillis s'est répandu seulement vers 1830 aux Etats Unis, puis en Europe. Quelques ponts ferroviaires ont été édifiés selon ce procédé, notamment les ponts de Ragaz, de Haag et Sevelen sur le Rhin, de Mustér et Scuol dans les Grisons et le pont de Schwarzenburg.
Vers 1750, les débuts de l'ère industrielle marquent le développement des constructions métalliques. En Grande-Bretagne, berceau de la sidérurgie, on construit le Coalbrookdale Bridge sur la Severn en 1779. L'ouvrage est constitué de cinq arcs parallèles en fonte. Plusieurs ponts en fonte sont construits en France et en Angleterre au début du XIXe siècle. Cependant, la fonte résiste mal à la traction et aux chocs. Le fer va progressivement remplacer la fonte: le fer battu d'abord appelé fer puddlé, puis le fer directement issu de l'affinage de la fonte. Parmi les ponts les plus célèbres de cette époque, on peut citer celui de Britannia, construit en 1850 par R. Stephenson, avec deux portées de 140 m: il s'agit d'une structure tubulaire en caisson rectangulaire à âmes pleines. En Suisse, l'ingénieur Blotnitzki édifie le viaduc de Granfrey, près de Fribourg (cf. page 18). En 1880, Gustav Eiffel perfectionne les constructions de ponts métalliques en arc et réalise le viaduc de Garabit. Entre 1883 et 1898, la ville de Berne se dote de deux ponts métalliques: le pont de Kirchenfeld (deux portées de 86 m) et celui du Kornhaus (grande portée de 115 m).

Vers le milieu du XIXe siècle, le grand Pont Suspendu de Fribourg détenait le record de la plus longue portée (273 m) (archives Flückiger).
Mitte des 19. Jahrhunderts war der Pont Suspendu in Freiburg mit 273 m die längste Hängebrücke der Welt. (Archiv Flückiger)



Ponts suspendus

Mis à part les ouvrages suspendus chinois, la première réalisation occidentale d'un pont suspendu date de 1796. L' Américain Findlay utilise des chaînes de fer forgé pour un pont de 21 m de portée. Dès 1820, les chaînes sont supplantées par les câbles, nettement plus résistants. A Genève, une passerelle d'une portée de 35 m, suspendue par six câbles formés de 90 fils, est édifiée en 1823 d'après les conseils de Seguin par Guillaume- Henri Dufour entre la Promenade Saint-Antoine et la place des Armes. Le grand pont suspendu de Fribourg, édifié en 1834 par J. Chaley, disciple de Seguin, détient durant plusieurs années le record de la plus longue portée (273 m). Puis, les ponts vont se perfectionner: 486 m de portée pour le pont de Brooklyn à New York (1883), 1067 m pour celui de George Washington à New York (1931) et 1281 m pour celui du Golden Gate de San Francisco (1937).

Le béton

Un grand chapitre de la construction des ponts s'est ouvert au XIXe siècle, avec l'invention du béton, du béton armé et du béton précontraint. En 1840, la fabrique de ciment Herosé construit à Erlinsbach un pont en béton de 7,2 m de long et en 1890 le premier pont en béton armé de Suisse. R. Maillart, d'origine bernoise, est l'ingénieur qui, grâce à sa compréhension parfaite du béton armé, fait progresser les techniques de construction en dessinant, dès 1929, des ponts portés par des arcs à trois articulations (cf. page 22). L'invention du béton précontraint par l'ingénieur français Freyssinet vers 1920 marque également un grand progrès. Dans les années septante, le réseau autoroutier suisse est doté de nombreux grands viaducs édifiés selon ce procédé. Les ponts construits récemment, notamment par le professeur Ch. Menn de l'EPFZ, témoignent d'une originalité et d'une audace renouvelées.