

Frühe Bogenbrücken aus Beton

Einleitung

Der vorliegende Beitrag schlägt die Brücke von den weltweit ersten Betonbrücken überhaupt – den in den 1830er-Jahren erbauten Brücken der Brüder Lebrun in Südwestfrankreich – bis zur endgültigen Etablierung des Baus von Bogenbrücken aus unbewehrtem Beton in Frankreich und Deutschland in den 1870er-Jahren. Der Beitrag basiert sowohl auf einer neuen, genauen Bauuntersuchung mehrerer aus der Literatur bereits bekannter, noch erhaltener Brücken (vgl. [Stiglat 1999], [Stiglat 2012]) als auch auf der Auswertung bislang wenig bekannter zeitgenössischer Fachliteratur.

Die Brücke von Villemade in Frankreich 1835

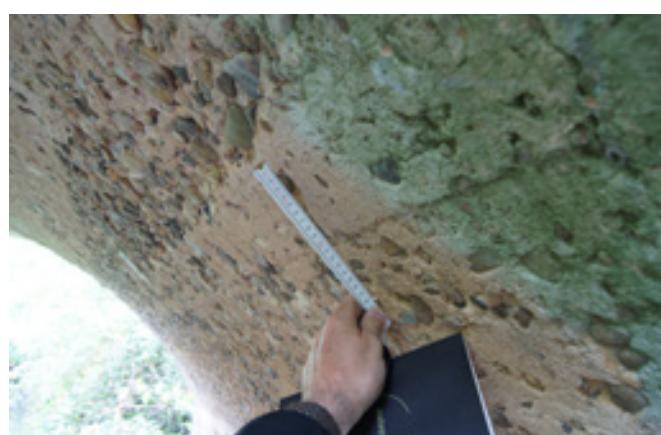
Im frühen 19. Jahrhundert fehlte es nicht an Versuchen, die seit Jahrhunderten im Hochbau bekannte Stampflehm-Bauweise (»Pisé«) wiederzubeleben. Die geringe Festigkeit des Bindemittels Lehm setzte der Anwendung des Pisé-Baustoffes allerdings enge Grenzen, sodass die Pisé-Technik zum Beispiel im Gewölbebau zunächst wenig Erfolg hatte. Auch die Verwendung von Luftkalk anstelle von Lehm (»Kalk-Sand-Pisé«), mit der man bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts experimentierte [Engel 1851], erbrachte keine wesentlichen Verbesserungen. Erst mit der Verwendung von hydraulischem Kalk als Bindemittel wurde die Tür zu anspruchsvolleren Konstruktionen geöffnet. Hydraulischer Kalk – also eine Art »natürlicher Zement«, der auch ohne CO_2 -Zutritt erhärtete und höhere Festigkeiten als Luftkalk erreichte – war bis dahin nur zur Her-

stellung von Unterwasser-Beton, zum Beispiel beim Schleusenbau, eingesetzt worden (zu dieser ganzen Thematik vgl. [Beaudemoulin 1829]). Mit der Übertragung in den Hochbau wandelte sich der Baustoff »Stampflehm« in den zukunftsträchtigen Baustoff »Stampfbeton«.

Protagonist dieser Entwicklung war die Firma Lebrun im Departement Tarn-et-Garonne in Südwestfrankreich. Die Brüder Jean-Auguste und François-Martin Lebrun erbauten 1835 auch die erste Beton-Brücke [Stiglat 1999], nämlich die Brücke zwischen Villemade und Piquecos nahe Montauban im Dreieck zwischen den Flüssen Garonne, Aveyron und Lot (Abb. 1). Die Brücke ist in ihrer Substanz weitgehend erhalten, obwohl sie in jüngerer Zeit durch eine aufgelegte Stahlbetonplatte um 1 m verbreitert und verstärkt worden ist. Konstruktion und Herstellung der Brücke beschreibt F. Lebrun in seinem *Traité pratique de l'art de bâtir en béton* von 1843 [Lebrun 1843, S. 172–174]: Die Brücke bestand komplett aus Beton, einschließlich der Widerlager und des Bogens, lediglich die Stirnflächen des Gewölbes sowie die Ecken der Widerlager wurden mit Ziegeln erstellt. Da allerdings noch vor der endgültigen Erhärtung des Betons starker Frost auftrat, kam es zu 10 cm tief reichenden Schäden am Beton, was Lebrun dazu veranlasste, die Brücke zunächst einmal bis ins Frühjahr des folgenden Jahres 1836 auf dem Lehrgerüst zu belassen. Nach dem Ausrüsten wurden die Schäden repariert, indem die Widerlager mit einer Schicht Ziegel verkleidet wurden. Somit tritt heute nur an der Bogenuntersicht die Betonoberfläche zutage.

Sowohl die bei Lebrun angegebene Lichtweite von 4 m sowie das Stichmaß von einem Meter konnten durch ein Aufmaß vor Ort bestätigt werden. Die von Lebrun angegebene Scheitelstärke von 60 cm entspricht nicht dem heutigen Befund (ca. 40 cm), der allerdings durch die aufgesetzte Fahrbahnplatte gestört ist.

Der Beton wurde (manuell, ohne Zuhilfenahme von Maschinen) gemischt aus einem Teil hydraulischem Kalk (gelöscht), 1,5 Teilen Sand und 2,5 Teilen Kies [Lebrun 1843, S. 173]. An der Untersicht der Brücke sind die Abdrücke der rund 11 cm breiten Schalbretter stellenweise noch deutlich ablesbar, sodass man wohl davon ausgehen kann, dass man die originale Betonoberfläche vor sich hat. Die vollflächige Schalung bestätigt die Verwendung eines konventionellen Lehrgerüstes wie im Steinbrückenbau [Lebrun 1843, S. 174]. Weitere Spuren des Herstellungsprozesses sind am Bauwerk nicht abzulesen; insbesondere hat das



1 Detail der Bogenuntersicht der Brücke bei Villemade, 1835

Einbringen und Verdichten (Stampfen) des Betons »in horizontalen Schichten von höchstens 25 bis 30 Zentimeter Dicke« [Lebrun 1843, S. 88] keine ablesbaren Spuren am Intrados des Bogens hinterlassen. Insgesamt wirkt die leicht gelbliche (nicht graue) Betonoberfläche recht porös.

An einigen Stellen, die stärker abgewittert sind, ist der Kieszuschlag deutlich sichtbar. Er besteht aus Rundkorn. Entsprechendes Material konnte angesichts der unmittelbar benachbarten Gebirgsflüsse Aveyron und Tarn sicher unweit der Baustelle gewonnen werden. Am Objekt konnten Korndurchmesser von bis zu 90 mm gemessen werden. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass im Inneren des Betonmassivs auch größere Korngrößen verarbeitet worden sind. Die stellenweise blankgewitterten Zuschlagskiesel lassen vermuten, dass die Adhäsion des hydraulischen Kalkmörtels an die Steine geringer war als bei Verwendung modernen Portlandzements. Die stellenweise recht tief reichende Abwitterung lässt sich mit Frost- und Hochwasserereignissen im Mündungsgebiet der notorisch hochwassergefährdeten Flüsse Aveyron und Tarn plausibel erklären.

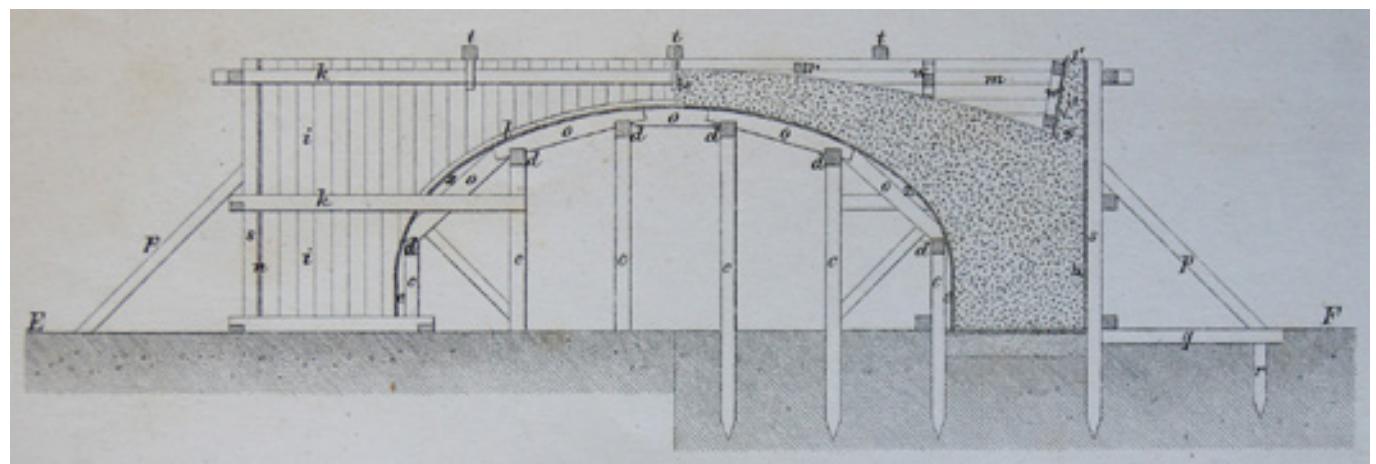
Die Spannweiten bei den allerersten Lebrun-Brücken waren noch beschränkt. Stoltz berichtete Lebrun [Lebrun 1843, S. 4] daher vor allem von der wesentlich größeren Betonbrücke, die er wenig später über den damals gerade entstehenden Garonne-Seitenkanal bei Grisolles errichtet hatte. Diese Brücke, die geometrisch dem Standard-Entwurf der Wegebrücken über den Kanal entsprach [Morandière 1891, S. 444 und Taf. 115], wies eine Spannweite von immerhin 12 m auf. Trotz dieses Meilensteins sollte die Brücke von Grisolles zunächst die einzige ihrer Art am Garonne-Seitenkanal bleiben. Zwar sind noch heute auf der Kanalstrecke zwischen Grisolles und Castelsarrasin etliche Brücken aus der Bauzeit des Kanals erhalten; diese sind jedoch ausnahmslos konventionelle Backsteinkonstruktionen. Die Brücke von Grisolles selbst ist durch eine moderne Konstruktion ersetzt.

1835 hatte Lebrun noch behauptet: »Néanmoins, je ne crains pas d'avancer que dans les ponts en béton, il serait possible de diminuer les épaisseurs ordinaires des piles et des culées, à cause de la forte cohésion de ce système de maçonnerie, qui atténue considérablement les effets de la poussée des voûtes de ce genre«¹ [Lebrun 1835, S. 124]. Nach den Erfahrungen von Villemade und Grisolles schrieb Lebrun dann allerdings, dass »die Dimensionen der Widerlager, der Pfeiler und Gewölbe nach den allgemein anerkannten Regeln der Baukunst« des konventionellen Mauerwerk-Brückenbaus festzulegen seien [Lebrun 1843, S. 126]

Die erste Betonbrücke im deutschen Sprachraum 1855

Ähnliche Bedeutung bei der Einführung des Materials Stampfbeton wie Lebrun für den französischen Sprachraum hatte für den deutschen Sprachraum Johann von Mihálik von Madunycz (1818–1892). Erfahrungen mit der großtechnischen Herstellung von Beton konnte Mihálik insbesondere in den Jahren 1854–56 beim Bau der komplett aus Beton errichteten Franz-Joseph-Schleuse in der Nähe von Bezdan direkt am heutigen Dreiländereck Serbien – Ungarn – Kroatien sammeln. Mihálik experimentierte sowohl mit manuellem Mischen des Betons auf einer Mischbahn, die die Kontrolle der Einhaltung der Mischverhältnisse erleichterte, als auch mit maschinellem Mischen [Mihálik 1858, S. 110–137]. Auch Mihálik verwendete hydraulischen Kalk (nicht modernen Zement) als Bindemittel.

Nach Vorbild des Buches von François Lebrun und mit häufigem Bezug darauf verfasste Mihálik eine Monografie, in der er die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten des neuen Werkstoffs im Tief- und Hochbau darstellte [Mihálik 1858]. In dieser Monografie berichtete Mihálik auch über die wohl erste Betonbrücke des deutschen Sprachraums. Abweichend von Lebruns Auffassung konstatierte Mihálik:



2 Brücke bei Bezdan, 1855 [Mihálik 1858, Taf. VI, Detail]

»Eine für die Ausführung von Béton-Gewölben anwendbare, die Ermittlung ihrer Stärke bezeichnende Theorie, besteht noch nicht, und dürfte eine solche auch nicht leicht gefunden werden.« [Mihálik 1858, S. 184] Um erste Erfahrungen zum Betonbrückenbau zu gewinnen, ließ Mihálik daher auf dem Bauhof der Franz-Joseph-Schleuse im Jahre 1855 eine Probebrücke errichten (Abb. 2). Sie hatte eine Spannweite von ca. 10 m (30 Fuß). Der Bogen war im Scheitel 2 Fuß dick, an den Widerlagern 7 Fuß [Mihálik 1858, S. 185]. Den Intrados bildete eine Ellipse mit den Achsen 30 Fuß und 9 Fuß, der Extrados wurde durch einen Kreisbogen mit 60 Fuß Radius beschrieben [Mihálik 1858, S. 186]. Die Brücke wurde mehreren Probobelastungen mittels beladener Wagen unterworfen. Selbst das Entgleisen eines Wagens und die dadurch ausgelöste stoßartige Belastung zeigten keinerlei Veränderungen an der Brücke. Die Probobelastungen wurden daraufhin eingestellt, da man davon ausging, dass mit den vorhandenen Möglichkeiten ein Versagen der Brücke nicht herbeigeführt werden konnte [Mihálik 1858, S. 189]. Ob die Brücke heute noch existiert, ist derzeit noch unklar.

Miháliks Brücke wurde in einem einzigen, ununterbrochenen Arbeitsablauf symmetrisch von den Widerlagern her zur Mitte betoniert; der Beton wurde dabei keilsteinartig in ungefähr radial ausgerichteten Lagen eingebracht und tangential zur Bogenkurve gestampft [Mihálik 1858, S. 187]. Mihálik weist in seiner Buchpublikation mehrfach darauf hin, dass unter seiner Leitung der Beton in – aus heutiger Sicht – äußerst dünnen Lagen von maximal 10 cm Dicke eingebracht werden darf: »Nur durch fleißiges Stampfen jeder einzelnen Bétonlage, die nie höher als 2–3 Zoll aufgeschüttet werden darf, wird die Bétonmasse dicht und zu einem festen Stein.« [Mihálik 1858, S. 144] Mihálik misstraute der Verwendung runder Flusskiesel und zog gebrochene Zuschläge vor: »Der aus solchen geschlägelten Steinstückchen gebildete Béton ist dem aus Kies erzeugten weit vorzuziehen, weil Kieselsteine [...] eine glatte Oberfläche besitzen, ganz geschlägeltes Gestein hingegen, wegen der durch den Bruch hervorgebrachten Rauhseiten, mit dem Mörtel eine bessere Bindung ein geht.« [Mihálik 1858, S. 76] Als Größtkorn wollte Mihálik Steine von der »Grösse eines Hühnereies« zulassen [Mihálik 1858, S. 76].

Mihálik glaubte – im Gegensatz zu Lebrun – fälschlich, ein Beton-Bogen sei frei von Horizontalschub: »So lange die gewölbte Béton-Decke ein Ganzes bleibt, übt sie auf die Widerlager nur einen vertikalen und keinen schiebenden Druck aus.« [Mihálik 1858, S. 184] Allerdings hatte sich, wie man erwarten würde, bei der Entfernung des Lehrgerüstes ein Scheitelriss im Gewölbe eingestellt: »Sobald die letztere bewirkt war, hat man in der Mitte des Gewölbeschlusses einen, durch das Nachgeben eines Bestandtheiles des Holzgerüstes entstandenen, Haarriss wahrgenommen, welcher, wie das Ergebnis der [...] Pro-

belastungen zeigte, auf die Stabilität des Werkes keinen nachtheiligen Einfluss hatte.« [Mihálik 1858, S. 189] Bezuglich der Optik reiner Betonbauten meinte Mihálik: »Das Aeussere des Gemäuers kann im rohen Zustande verbleiben, oder verputzt und geweisst, oder aber durch Steinmetze mittels Meissel und Schägel oder mit dem Zahnhammer, und zwar in der Art wie harte Stein-Quader, abgerichtet werden.« [Mihálik 1858, S. 170]

Die Beton-Brückenbauwerke des Vanne-Aquädukts 1866–74

Der Vanne-Aquädukt, der die Stadt Paris mit Trinkwasser versorgt, verfügt über eine Gesamtlänge von 173 km, davon 16,6 km »unterstützt durch Arkaden« [Belgrand 1882, S. 199]. Nach der endgültigen Freigabe der Bauarbeiten im Dezember 1866 [Belgrand 1882, S. 10] begannen die Arbeiten am Aquädukt und dauerten bis 1874 an. Die kleineren Bauwerke wurden dabei konventionell in Bruchsteinmauerwerk mit relativ geringem Fugenanteil ausgeführt, die größeren jedoch in Stampfbeton System »Coignet« [Coignet 1861]. Die vielfach publizierten Bauwerke des Vanne-Aquädukts (vgl. z.B. [Stiglat 1999]) bestehen heute größtenteils noch. Einige der Bauwerke sind allerdings inzwischen nicht mehr in Betrieb, die Wasserleitung verläuft an vielen Stellen unterirdisch neben dem historischen Aquädukt.

Eine Vor-Ort-Untersuchung aller Bauwerke des Vanne-Aquädukts durch die Autoren im Herbst 2013 führte zur Erkenntnis, dass leider nur noch ein kleiner Teil davon annähernd in einem Zustand erhalten ist, der die Voraussetzungen für eine bautechnikgeschichtliche Forschung bietet: Die bis zu 40 m weiten Bögen der Flussquerung bei Pont-sur-Yonne wurden bereits 1940 im Zweiten Weltkrieg zerstört und in den Nachkriegsjahren durch Stahlbetonbauwerke in ähnlicher Optik ersetzt; angesichts des Verlustes dieses großen Bauwerkes ist es umso bedauerlicher, dass in allerjüngster Zeit auch die übrigen großen



3 Vanne-Aquädukt bei Gisy-les-Nobles, 1872

Konstruktionen der Vanne-Wasserleitung, nämlich die Aquäduktbrücken bei Morêt-sur-Loing und im Wald von Fontainebleau, durch »Sanierungsarbeiten« beeinträchtigt worden sind, die auf das Abarbeiten sämtlicher historischer Oberflächen mit Presslufthämmern und das vollflächige Verputzen der historischen Konstruktionen hinauslaufen, was die völlige Zerstörung aller bisher noch am Bauwerk ablesbaren Spuren des Bauprozesses mit sich bringt. An der Mehrzahl der Beton-Bauwerke der Vanne-

Wasserleitung waren allerdings die Ansichtsflächen (nicht die Bogenundersichten) schon vor geraumer Zeit verputzt worden, teils mit einem dünnen Zementputz, teils – wohl im Zusammenhang mit dem Zusetzen der großen Entlastungsöffnungen in den Bogenwickeln – mit einem mehrere Zentimeter dicken, die Gliederung nachzeichnenden Kalkputz.

Nahe am Originalzustand von 1872 ist somit nur noch die lange, mit offenen Entlastungsöffnungen erhaltene Ar-



4 Vanne-Aquädukt bei Gisy-les-Nobles, 1872, schiefe Wegdurchführung in Bruchstein



5 Brücke bei Vorwohle, 1877

kadenreihe bei Gisy-les-Nobles (Abb. 3). Sie zeigt einige Auffälligkeiten. Am interessantesten ist sicherlich, dass zwei Bögen, die aufgrund einer Wegedurchführung schief erbaut werden mussten, nicht in Beton, sondern in Bruchsteinmauerwerk erstellt wurden (Abb. 4), was wie im Werksteinbau mit schwierig auszuführenden spiraligen Steinschichten einherging. Einer der Hauptvorteile des Betons – die im Vergleich zum Mauerwerk sehr viel einfache Bauweise bei schiefen Brücken – wurde hier wohl aufgrund mangelnden Vertrauens in das neue Material noch nicht genutzt.

Am Intrados liegt bei den Bögen in Gisy und auch auf dem gegenüberliegenden Yonne-Ufer die originale Betonoberfläche noch frei. Im Allgemeinen zeigen die Untersichten der Bögen erstaunlich detaillierte Schalbrettabdrücke mit deutlich sichtbaren Maserungen und Astlöchern. Dies ist nicht zuletzt darauf zurückzuführen, dass die Oberfläche mehr an Mörtel als an Beton erinnert: An einigen Stellen, an denen die Oberfläche stärker verwittert ist, zeigt sich eine äußerst kleinteilige Zusammensetzung des Betons mit einer an der Oberfläche messbaren Korngröße von bis zu 30 mm. Ob sich im Inneren größere Zuschläge befinden, kann natürlich nicht bestimmt werden.

Die Betonbrücke bei Vorwohle 1877

Ein weiterer wichtiger Pionier des deutschen Betonbrückenbaus war Bernhard Liebold (1843–1916), dessen Holzmindener Firma (gegründet als »Vorwohler-Portland-Zementfabrik«) bis zum Beginn des Ersten Weltkriegs an nähernd 1 000 Brückenbauwerke mit bis zu 90 m Spannweite erstellte. Bereits 1877 baute Liebold eine Brücke aus Zementbeton, die heute noch existiert [Liebold 1877]. Diese Brücke überquert das Flüsschen Lenne bei Vorwohle (Abb. 5). Sie ist in einem vernachlässigten Zustand, ihre wesentlichste Komponente jedoch, den Bogen, hat sie unversehrt bewahrt. Sie stellt damit wohl die älteste Betonbrücke Deutschlands dar und übertrifft die von Klaus



6 Brücke bei Vorwohle, 1877, Detail der Bogenundersicht

Stiglat wiederentdeckte Eisenbahnbrücke in Seifersdorf [Stiglat 1999] um ein halbes Jahrzehnt an Alter.

Das Bauwerk überführt einen inzwischen weitgehend aufgelassenen Weg über die Lenne. Liebold machte zu den Dimensionen der Brücke folgende Angaben: »Die Spannweite derselben beträgt 7,00 m, die Stichhöhe 1,00 m, die Bogenstärke im Scheitel ist auf 0,30 m festgesetzt worden und hat nach den Widerlagern hin eine entsprechende Verstärkung erhalten.« [Liebold 1877] Diese Angaben konnten durch ein Aufmaß am Bauwerk vollständig bestätigt werden. Lediglich die Scheitelstärke des Bogens wurde durch die Autoren mit rund 33–35 cm bestimmt. Nahe dem Auflager nimmt die Bogendicke auf 53–55 cm zu. Die gemauerten Bogenwickel und Brüstungen der Brücke fehlen heute weitgehend, der tragende Bogen liegt fast frei. Er weist eine glatt abgestrichene Oberseite auf. Der Bogen setzt sich in die Widerlager hinein fort, hat also sogenannte »verlorene Widerlager«.

An der Unterseite der Brücke sind die Abdrücke der Schalbretter sichtbar. Diese werden jedoch überlagert durch ein unregelmäßiges Netzmuster. Hierin darf man Spuren der Herstellungstechnik des Intrados sehen, über die Liebold berichtet: »Die Bogenleibung ist nicht geputzt worden, da dieselbe durch die Art der Anfertigung des Bahngewölbes bereits die erforderliche Glätte und Sauberkeit erlangt hatte. Letztere ist dadurch erreicht worden, dass über der Schaalung Makulaturpapier ausgebreitet worden ist. Hierdurch wird das Durchfließen des Mörtelwassers durch die Fugen der Bretter verhindert und dessen Ansetzung in Form von Putz veranlasst.« [Liebold 1877]

Die Herstellung des Betons entsprach durchaus nicht der heute üblichen Methode, ein fertiges Gemisch aus Zement, Sand, Zuschlägen und Wasser in die Schalung einzubringen. Vielmehr wurde bei dieser Brücke eine Schicht Mörtel ausgebreitet, in die dann längliche Kalksteine senkrecht zur Bogenlaibung eingedrückt wurden. Die Oberseite wurde dann mit Beton ausgeglichen [Liebold 1877]. Die erste Steinlage tritt am Intrados an wenigen Stellen in Erscheinung, an denen diese Verwendung radial ausgerichteter Kalkplatten ablesbar ist. Gegenüber der tatsächlich als Beton im modernen Sinne anzusprechenden zweiten Lage zeigt diese Schicht der Brücke also noch enge Verwandtschaft mit Schichtmauerwerk aus Bruchstein. Allerdings ist am gesamten Tragwerk die »völlige Umschließung der Kalksteine mit Mörtel, um sie vor dem Einfluss der Atmospährläden zu schützen« [Liebold 1877], sehr vollständig erreicht worden, sodass das Erscheinungsbild des Bogens insgesamt doch dem eines modernen Betonbogens gleicht und nicht an Mauerwerk gemahnt.

Resümee

Nahezu gleichzeitig konnte sich im Brückenbau in Frankreich und im deutschen Sprachraum das neue Material

Beton etablieren – zunächst noch mit hydraulischem Kalk als Bindemittel, in den 1870er-Jahren dann mit echtem Portland-Zement. Die wichtigsten Meilensteine der Entwicklung wurden präsentiert, und auf Grundlage einer neuen Bauforschung vor Ort wurden Details der Beton-Technologie an den erhaltenen Bauwerken erläutert.

¹ In der deutschen Übersetzung: »Demohngeachtet scheue ich mich nicht, zu behaupten, daß es bei den Brücken aus Steinmörtel möglich wäre, die gewöhnliche Dicke der Pfeiler und Widerlager wegen der starken Cohäsion dieses Bauverfahrens, welches die Wirkungen des Drucks der Gewölbe dieser Art bedeutend schwächt, zu verringern.« [Lebrun 1837, S. 89]

Literatur

- [Beaudemoulin 1829]: Beaudemoulin, Louis-Alexandre: *Recherches théoriques et pratiques sur la fondation par immersion des ouvrages hydrauliques, et particulièrement des écluses*. Paris: Carilian-Goeury 1829.
- [Belgrand 1882]: Belgrand, Eugène: *Les Eaux nouvelles*. Paris: Dunod 1882 (*Les travaux souterrains de Paris IV*; première partie: *Les Eaux*; *Deuxième section, IV*).
- [Coignet 1861]: Coignet, François: *Bétons agglomérés appliqués à l'art de construire*. Paris: Lacroix 1861.
- [Engel 1851]: Engel, Friedrich: *Der Kalk-Sand-Pisébau*. Wriezen/Oder: Roeder 1851.
- [Lebrun 1835]: Lebrun, François Martin: *Méthode pratique pour l'emploi du béton en remplacement de toute autre espèce de maçonneries dans les constructions en général*. Paris: Carilian-Goeury 1835.
- [Lebrun 1837]: Lebrun, François Martin: *Der Steinmörtel oder praktische Anweisung den Steinmörtel bei Gebäuden im Allgemeinen, besonders aber bei Bauten an und unter dem Wasser, bei Gewölben etc. statt jeder andern Art von Maurerarbeit mit Vortheil zu benützen*. Aus dem Französischen. Ulm: Nübling 1837.
- [Lebrun 1843]: Lebrun, François Martin: *Traité pratique de l'art de bâtir en béton, ou résumé des connaissances actuelles sur la nature et les propriétés des mortiers hydrauliques et bétons; et exposition des procédés à suivre pour employer cette espece de maçonnerie, en remplacement de toute autre, dans les travaux publics et dans les constructions particulières*. Paris: Carilian-Goeury et Dalmont 1843.
- [Liebold 1877]: Liebold, Bernhard: *Brücken aus Zementbeton*, in: *Deutsche Bauzeitung* 11 (1877), S. 259.
- [Mihálik 1858]: Mihálik, Johann von: *Praktische Anleitung zum Béton-Bau für alle Zweige des Bauwesens*. Nach eigenen Versuchen und Erfahrungen. Wien: Josef Stöckholzer von Hirschfeld 1858.
- [Morandière 1891]: Morandière, Romain: *Traité de la construction des ponts*. Paris: Dunod s.d. [1891]
- [Stiglat 1999]: Stiglat, Klaus: *Erste Brücken aus Beton*, in: Hartwig Schmidt (Hg.): *Zur Geschichte des Stahlbetonbaus – Die Anfänge in Deutschland 1850 bis 1910*. Berlin: Ernst und Sohn 1999 (Beton- und Stahlbetonbau Spezial), S. 58–65.
- [Stiglat 2012]: Stiglat, Klaus: *Aus der Frühzeit des Betonbaus*, in: *Bautechnik* 89 (2012), S. 484–491.

1. Jahrestagung der Gesellschaft für Bautechnikgeschichte in Aachen 2013

Bestandsaufnahme

Herausgeber

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Trautz
Lehrstuhl für Tragkonstruktionen
RWTH Aachen, Fakultät für Architektur



Impressum

Aachen 2016

© Lehrstuhl für Tragkonstruktionen
RWTH Aachen, Fakultät für Architektur
© Texte: Autoren

Herausgeber

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Trautz
Lehrstuhl für Tragkonstruktionen
RWTH Aachen, Fakultät für Architektur

Redaktion

Rolf Gerhardt, Martin Trautz

Gestaltung

Lehrstuhl für Tragkonstruktionen
RWTH Aachen, Fakultät für Architektur

Lektorat und Satz

Tanja Bokelmann

Gefördert durch Mittel der
Gesellschaft für Bautechnikgeschichte e.V.

ISBN 978-3-00-052737-1