

Frank Tönsmann (Hrsg.)

Brücken

Historische Wege über den Fluss

13. Kasseler Technikgeschichtliche Kolloquium

Universität Kassel

Fachgebiete:

Alte Geschichte, Fachbereich Gesellschaftswissenschaften
Bauwerkserhaltung und Holzbau, Fachbereich Bauingenieurwesen
Wasserbau und Wasserwirtschaft, Fachbereich Bauingenieurwesen

Kassel, März 2006

**Herausgeber
des Heftes:**

Fachgebiet Alte Geschichte
Leiter: Univ.-Prof. Dr. phil. Helmuth Schneider
Universität Kassel
Nora-Platiel-Straße 1, 34127 Kassel
Telefon: (0561) 804-3645, Telefax: (0561) 804-3464
E-Mail: Schneider.AG@uni-kassel.de

Fachgebiet Bauwerkserhaltung und Holzbau
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Werner Seim
Universität Kassel
Kurt-Wolters-Straße 3, 34125 Kassel
Telefon: (0561) 804-2625, Telefax: (0561) 804-7647
E-Mail: wseim@uni-kassel.de
Homepage: <http://www.uni-kassel.de/fb14/tragwerk>

Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stephan Theobald
Universität Kassel
Kurt-Wolters-Straße 3, 34125 Kassel
Telefon: (0561) 804 2749, Telefax: (0561) 804 3952
E-Mail: wawi@uni-kassel.de
Homepage: <http://www.uni-kassel.de/fb14/wasserbau>


Redaktion: Univ.-Prof. i. R. Dr.-Ing. Frank Tönsmann und Elke Hartmann

Druck: Unidruckerei der Universität Kassel

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<http://dnb.ddb.de> abrufbar

ISBN-10: 3-89958-117-2
ISBN-13: 978-3-89958-117-1
URN urn:nbn:de:0002-1176

2006, kassel university press GmbH
www.upress.uni-kassel.de

kassel
university 
press

Bestellungen über den Buchhandel oder über den Verlag

Frank Tönsmann (Hrsg.)

Brücken

Historische Wege über den Fluss

13. Kasseler Technikgeschichtliche Kolloquium

- Inhaltsverzeichnis -

Seite:

Theobald, Stephan, Werner Seim und Helmuth Schneider	Geleitwort	IV
Tönsmann, Frank	Einführung	VI
Schneider, Helmuth	Die Brücken im Imperium Romanum	1
Tönsmann, Frank	Furten, Fähren und Schiffsbrücken in Nordhessen	21
Hoffmann, Albrecht	Auf festem Wege über die Fulda	41
Thiele, Frieder	Zur Geschichte des Stahlbrückenbaus	61
Ekkehard, Fehling und Torsten Leutbecher	Zur Geschichte der Betonbrücken	71
Seim, Werner und Uwe Pfeiffer	Ingenieurbauwerke in Hessen	93
Anhang	Publikationen zum Kasseler Technikge- schichtlichen Kolloquium	1-10

Geleitwort

Von 1993 bis 2004 veranstalteten die Fachgebiete Alte Geschichte (Leiter: Prof. Dr. Helmut Schneider) und Wasserbau und Wasserwirtschaft (Leiter: Prof. Dr.-Ing. Frank Tönsmann) der Universität Kassel das Kasseler Technikgeschichtliche Kolloquium (KTK). In 12 Veranstaltungen wurden die vielfältigen geschichtlichen Entwicklungen im Wasserbau und in der Wasserwirtschaft thematisiert. Die folgende Tafel gibt eine Zusammenstellung der Themen.

Nr.	Jahr	Thema	Tagungs-Band *
1	1993	Hessische Lebensbilder zur Kulturgeschichte des Wassers	ja
2	1994	Die antike und mittelalterliche Wasserversorgung in Mitteleuropa	ja
3	1995	Wasserstraßen im Wandel der Zeit	ja
4	1996	Geschichte der Wasserkraftnutzung	ja
5	1997	Umwelt- und Abwasserprobleme in der Vergangenheit	nein
6	1998	Talsperren in Geschichte und Gegenwart	nein
7	1999	Technik und Zauber historischer Wasserkünste	ja
8	2000	History of Flood Defence	ja
9	2001	Wasser zum Waschen und Baden Die sanitäre Bedeutung des Wassers im Wandel der Zeit	ja
10	2002	Gezähmte Flüsse – Besiegte Natur Gewässerkultur in Geschichte und Gegenwart	ja
11	2003	Aus Anlass des 200. Geburtstages von Justus von Liebig. Entsorgungspraxis gestern und heute	nein
12	2004	Wasser für Kassel Zur Geschichte der Wasserversorgung der Stadt und Ihrer Region	ja

Anmerkung:

* Weitere Informationen zu den Tagungsbänden befinden sich im Anhang

Zeitlich umfassten die Kolloquien die Zeitspanne von der Antike bis zur Modernen Zeit. Ziel war es die geschichtliche Entwicklung des Wasserbaus und der Wasserwirtschaft und ihre Verknüpfung mit den gesellschaftlichen Zusammenhängen und den naturwissenschaftlichen Kenntnissen aufzuzeigen. Nicht immer ist dies gelungen, haften blieb jedoch das Staunen über die Schubkraft von Innovationen, die zunächst langsam und in der Modernen Zeit immer schneller umgesetzt wurden.

Die kontinuierliche Leistung war möglich, weil Albrecht Hoffmann, Honorarprofessor für die Geschichte des Wasserbaus und der Wasserwirtschaft am Fachbereich Bauingenieurwesen, sich intensiv der Vorbereitung der Kolloquien und der Redaktion der Tagungsbände annahm. An dieser Stelle sei ihm dafür ausdrücklich gedankt.

2005 entstand eine neue Lage. Die Professoren Hoffmann und Tönsmann gingen in den Ruhestand und es wurde der Wunsch geäußert über das Wasser hinaus weitere Felder der Bautechnik einzubeziehen.

Prof. Dr.-Ing. Werner Seim, Fachgebiet Bauwerkserhaltung und Holzbau stieß zu dem Veranstalterduo hinzu. Mit dem Thema "Brücken – Historische Wege über den Fluss" wurden erstmals auch Kollegen des konstruktiven Ingenieurbaus in den Referentenkreis einbezogen. Prof. Hoffmann übernahm dankenswerterweise die wissenschaftliche Leitung.

Die Beiträge des Kolloquiums sind in diesem Tagungsband zusammengefasst, die Redaktion besorgte Prof. Tönsmann. Wir danken sehr herzlich den Referenten bzw. Autoren sowie den weiteren Beteiligten für ihre Leistungen.

An dieser Stelle sei auch herzlich den Mitveranstaltern des Kolloquiums gedacht: dem Nordhessischen Bezirksverein Deutscher Ingenieure (VDI), dem Verein für hessische Geschichte und Landeskunde in Kassel und der Deutsche Wasserhistorischen Gesellschaft (DWhG).

Gedankt sei auch den Sponsoren der Kolloquien und Tagungsbände, insbesondere der Kasseler Sparkasse (1999), dem Land Hessen (2000) und den Städtischen Werken (2004) und den Inserenten, die mit ihren Anzeigen zur Finanzierung der Tagungsbände beitrugen.

Dieser Tagungsband wendet sich nicht nur an Bauingenieure, die Neues über die Geschichte ihres Faches erfahren, sondern auch an technikgeschichtlich interessierte Historiker und an die Bürger der Region Nordhessen, die Aspekte ihrer Heimatgeschichte kennen lernen, über die selten geforscht und publiziert wird. Wir wünschen dem Tagungsband eine gute Aufnahme beim Publikum.

Das Thema des 14. Kasseler Technikgeschichtlichen Kolloquiums 2006 steht schon fest. Es lautet: 300 Jahre Denis Papin in Kassel – Leben, Leistungen und Auswirkungen eines Hoferfinders. Es findet am Donnerstag, dem 6. Juli 2006, in der Kasseler Universität statt. Hierzu laden wir Sie ein. Nähere Einzelheiten finden sich unter www.kasseler-kolloquium.de.

Kassel im März 2006

Prof. Dr. Helmut Schneider
Alte Geschichte

Prof. Dr.-Ing. Werner Seim
Bauwerkserhaltung und Holzbau

Prof. Dr.-Ing. Stephan Theobald
Wasserbau und Wasserwirtschaft

Einführung

Seit rd. 5000 Jahren treibt die Menschheit Handel, beginnend in der Bronzezeit, ca. 3000 v. Chr. Kupfer und Zinn mussten zusammengeführt, die Bronze­produkte vertrieben werden. Verkehrsinfrastruktur gab es nur in Ansätzen, z. B. mit Eichenbohlen ausgebaute Furten und Länden für den Schiffsverkehr.

Die technische Entwicklung des Landverkehrs vom Lastenträger über den vierrädrigen Wagen, den schienengebundenen Verkehr bis hin zum Individualverkehr ist untrennbar mit der Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur verbunden.

Das 13. Kasseler Technikgeschichtliche Kolloquium 2005 widmete sich den Brücken und ihren Vorläufern. Brücken gehören zu den Ingenieurbauwerken, die aufgrund ihrer Architektur und ihrer Ausmaße seit der Antike immer Interesse und Bewunderung gefunden haben und weiter finden.

In der Antike baute man Steinbogenbrücken, auch unter Verwendung des "Opus Caementicium". Der Bogen als Tragsystem, schon bei den Etruskern im 4. Jahrtausend v. Chr. gebräuchlich, prägte den Brückenbau auch im Mittelalter. Erst in der Modernen Zeit standen Analyse- und Bemessungsverfahren zur Verfügung, welche die Vielfalt der heutigen Konstruktionen möglich machte. Dabei werden Spannweiten von über 100m erreicht.

Die Vorträge im Kolloquium, die in diesem Heft zusammengestellt sind, führen in diese geschichtliche Entwicklung mit einer Fülle von Beispielen ein:

Einführend werden die Leistungen der Römer im Straßen- und Brückenbau geschildert und ergänzend wird auf die Bauinschriften und die Darstellung römischer Brücken im Werk von Piranesi (1720 – 1778) eingegangen.

In zwei grundlegenden Beiträgen zur Geschichte der Stahl- und Betonbrücken wird mit Schwerpunkt die Entwicklung in der Modernen Zeit in Abhängigkeit von der Fertigung und der rechnerischen Analyse und Bemessung aufgezeigt und an Beispielen erläutert.

Zwei weitere Beiträge beschäftigen sich mit der Region. Für Nordhessen wird die Zeit der Furten, Fähren und Schiffsbrücken lebendig, für Kassel wird die Geschichte von der Furt über die Holzbrücke bis hin zur Stahlbetonkonstruktion für die Fuldabrücke aufgezeigt. Ergänzend wird auf weitere Brücken, insbesondere die Drahtbrücke und ihre Vorläufer eingegangen.

In einem abschließenden Beitrag wird die im Aufbau befindliche Online-Präsentation zu den Ingenieurbauwerken in Hessen vorgestellt.

Sehr herzlich danke ich den Autoren für ihre Beiträge und die angenehme Zusammenarbeit.

Kassel, im März 2006



Prof. i. R. Dr.-Ing. Frank Tönsmann

DIE BRÜCKEN IM IMPERIUM ROMANUM

von

Helmuth Schneider

Professor Dr. phil. Helmuth Schneider
Fachgebiet Alte Geschichte
Universität Kassel, Nora-Platiel-Straße 1, 34127 Kassel
Tel.: +49 561 804 3645
E-Mail: Schneider.AG@uni-kassel.de

Zusammenfassung

In dem Beitrag wird zunächst die Oberflächengestalt des mediterranen Raumes und dessen Auswirkungen auf den Landverkehr beschrieben, danach werden der Bau von Straßen in der Zeit der römischen Republik sowie in der Principatszeit und schließlich die Fortschritte in der römischen Bautechnik thematisiert. In dem folgenden Abschnitt wird ein kurzer Überblick über die Entwicklung des römischen Brückenbaus gegeben; die Aussage der Bauinschriften wird exemplarisch interpretiert. Zum Abschluss wird auf ein besonderes Kapitel der Antikenrezeption im 18. Jahrhundert hingewiesen, auf die Darstellung römischer Brücken im Werk von Giovanni Battista Piranesi.

Summary

In this paper the surface structure of the Mediterranean area is described and its influence to the land traffic. Then the road construction during the Roman Republic and the time of the Roman Empire as well as the development of the construction methods are discussed. In the following section a short overview of the development of Roman bridge construction is given; the message of inscriptions is explained exemplary. Finally a special chapter of the reception of the Classical World is pointed out: the representation of Roman bridges in the work of Giovanni Battista Piranesi,

1. EINLEITUNG

Die römischen Brücken gehören zu den beeindruckenden Zeugnissen der antiken Zivilisation; sie üben gerade durch die Verbindung von Funktionalität, Festigkeit und Schönheit eine faszinierende Wirkung auf den modernen Betrachter aus. Im mediterranen Raum und in Nordwesteuropa, in Italien, von Spanien bis nach Syrien, von Frankreich bis nach Tunesien prägen römische Brücken unübersehbar urbane Zentren ebenso wie Landschaften, und sie haben in vielen Fällen bis weit in die Neuzeit hinein ihre Funktion für den Verkehr behalten. Erst durch den Bau von Eisenbahnlinien im 19. Jahrhundert und von Autobahnen im 20. Jahrhundert wurden neue Verkehrswege geschaffen, deren Trassen sich nicht mehr an dem Verlauf der römischen Straßen orientierten. Seitdem dienen viele römische Brücken allenfalls noch dem lokalen Verkehr; um eine zu große Belastung vor allem durch

schwere Lastkraftwagen mit einer hohen Achslast zu vermeiden, sind gegenwärtig zahlreiche Brücken der Antike für den Automobilverkehr gesperrt. Oft wurden in ihrer unmittelbaren Nähe neue Brücken errichtet, die den Anforderungen des modernen Verkehrs entsprechen. Dem antiken Bauwerk wurde auf diese Weise zwar die Funktion genommen, aber es erhielt gleichzeitig die Dignität eines Denkmals, dem die Moderne Bewunderung und Interesse entgebringt und das es zu bewahren gilt.

Diese Bewahrung antiker Bausubstanz ist heute deswegen so wichtig, weil bereits eine große Zahl römischer Brücken im Verlauf der vergangenen Jahrhunderte durch Unwetter und Naturkatastrophen oder aber durch Kriegseinwirkungen schwer beschädigt oder vollständig zerstört wurde; noch während des Zweiten Weltkrieges wurden viele historische Brücken von deutschen Truppen auf dem Rückzug gesprengt. Immerhin ist es in den meisten Fällen aber möglich, die zerstörten Bauwerke aufgrund der wenigen noch vorhandenen Überreste präzise zu rekonstruieren.

Die römischen Brücken werden vom modernen Betrachter normalerweise als einzelnes Bauwerk wahrgenommen, es ist aber zu betonen, dass die Brücke ursprünglich Teil einer Strasse, eines Verkehrsweges gewesen ist, und dass die nachweisbaren Brücken wichtige Informationen nicht nur zur Bautechnik, sondern auch zum römischen Verkehrswesen insgesamt, zur Infrastruktur und zur Raumplanung im Imperium Romanum liefern.

Der Bau von Brücken wird in der Gegenwart keineswegs mehr als ein ungewöhnliches Vorhaben empfunden, sondern im Rahmen des Ausbaus der Verkehrsinfrastruktur eher als ein normaler Vorgang gesehen; allenfalls so spektakuläre Bauvorhaben wie der Bau einer Brücke über die Mündung der Seine oder über die Strasse von Messina finden gegenwärtig größere Beachtung. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, daran zu erinnern, dass die Errichtung von Brücken in römischer Zeit an vielfältige Voraussetzungen gebunden war. Zuerst soll in diesem Zusammenhang auf die Oberflächengestalt des mediterranen Raumes eingegangen werden, danach werden der Bau von Strassen in der Zeit der römischen Republik sowie in der Principatszeit und schließlich die Fortschritte in der römischen Bautechnik thematisiert. In dem folgenden Abschnitt wird ein kurzer Überblick über die Entwicklung des römischen Brückenbaus gegeben; die Aussage der Bauinschriften wird exemplarisch interpretiert. Zum Abschluss soll auf ein besonderes Kapitel der Antikenrezeption im 18. Jahrhundert hingewiesen werden, auf die Darstellung römischer Brücken im Werk von Giovanni Battista Piranesi.

2. DER MITTELMEERRAUM UND DER ANTIKE VERKEHR

In vielen Ländern am Mittelmeer liegen die teilweise über 1000 Meter hohen Gebirge in unmittelbarer Nähe der Küste; die schmalen Küstenebenen werden von zahlreichen Bächen und kleinen Flüssen durchschnitten, die im Sommer meist kein oder wenig Wasser führen. Nur wenige Flüsse wie etwa der Po, dessen Nebenflüsse in den Alpen entspringen und somit nicht von den Niederschlägen des mediterranen Raumes abhängig sind, oder der Tiber führen das ganze Jahr über Wasser. Im Winter und im Frühjahr kommt es nach der Schneeschmelze in den höheren Gebirgslagen oft zu Hochwasser und damit verbunden zu Überschwemmungen in den tiefer gelegenen Gebieten. Das Binnenland der Iberischen Halbinsel, von Italien oder von Griechenland wird von Gebirgsketten durchzogen, die Ebenen und Hochebenen sind in vielen Fällen von hohen Gebirgen eingeschlossen (Wagner 2001, 203-225).

Die griechischen Städte lagen im Mutterland meistens in Nähe der Küste und besaßen einen eigenen Hafen; aber auch auf den Inseln der Ägäis existierten größere Poleis. Unter diesen Bedingungen hatte im antiken Griechenland die Küstenschifffahrt für den Transport von Gütern eine größere Bedeutung als der Landtransport. Für den Kontakt zwischen den Städten, für den Handel, den Austausch von Gütern sowie den Transport von Rohstoffen waren die Griechen in hohem Maße auf die Schifffahrt angewiesen. Im Binnenland wiederum konnten gute Verkehrswege nur mit großem personellen, materiellen und technischen Aufwand gebaut werden; die Wege in den gebirgigen Regionen waren in der Regel nur für Lasttiere und zweirädrige Wagen geeignet, kaum aber für schwere vierrädrige Wagen, mit denen größere Frachten hätten befördert werden können.

Für die Etrusker und für Rom stellte die Situation sich vollständig anders dar; eine Reihe von bedeutenden etruskischen Städten lag im Binnenland, und Rom orientierte sich in der Frühzeit der Stadt nicht zum Meer, sondern zum Binnenland hin. Die Gegner Roms kamen aus den umliegenden Gebieten, Kriege wurde gegen Städte geführt, die man auf dem Landweg erreichen konnte, und Rom gründete Siedlungen nicht wie die Griechen ihre Apoikien in überseeischen Regionen, sondern zunächst in Mittelitalien und dann vor allem in Norditalien. Während für die Griechen die Verbindung zur See oft die kürzeste Strecke zu den Apoikien darstellte, verhielt sich dies in Italien anders: Für die Römer war der Landweg zu den Städten an der Adriaküste erheblich kürzer als der Seeweg um Kalabrien und Apulien herum, und der Seeweg zur Poebene war wesentlich länger als der Seeweg etwa nach Sardinien, Sizilien oder selbst Nordafrika. Die Erschließung und politische sowie wirtschaftliche Durchdringung Italiens war für die Römer nur möglich, wenn Rom als das Zentrum der Macht mit den Verbündeten einerseits oder den von Rom in Italien gegründeten Kolonien andererseits durch gute Straßen verbunden war.

Auch die geographische Lage der Stadt Rom war für eine antike Stadt im Mittelmeerraum eher untypisch; Rom liegt an einem größeren Fluss, der in der Frühzeit der Stadt noch die Grenze zu dem etruskischen Gebiet darstellte. Im Verlauf der urbanistischen Entwicklung Roms wurde das jenseits des Tibers gelegene Gelände ebenso wie die Tiberinsel in den urbanen Raum einbezogen. Zudem war es notwendig, den Tiber zu überqueren, um die Gebiete jenseits des römischen Territoriums zu erreichen. Schon früh begann damit in Rom der Brückenbau. Die älteste Brücke über den Tiber soll den Berichten der antiken Historiographie zufolge bereits in der Zeit der Könige aus Holz errichtet worden sein; sie existierte noch in der Principatszeit. Wahrscheinlich handelte es sich um einen schmalen Steg, der auf Holzpfählen ruhte (Liv. 1,33,6. Plut. Numa 9,2-3. Dion. Hal. ant. 3,45,2. Richardson jr. 1992, 299).

Bei dem Bau von Straßen außerhalb von Rom waren die Römer mit mannigfachen Schwierigkeiten konfrontiert; Straßen mussten durch ein gebirgiges Terrain geführt werden, was einen Bau von Brücken über die zahlreichen Flussläufe erforderlich machte. Dabei musste vor allem beachtet werden, dass die im Sommer ausgetrockneten Flüsse im Winter und im Frühjahr regelmäßig Hochwasser führten; ein niedriger Steg über ein Bachbett wäre ohne Zweifel von einem Hochwasser leicht fortgerissen worden. Aufgrund dieser naturräumlichen Gegebenheiten waren die technischen Anforderungen an den Straßenbau und an den Brückenbau in Italien außerordentlich hoch; mit den Mitteln der griechischen Bautechnik hätte das Straßennetz des Imperium Romanum nie realisiert werden können.

Durch die außeritalische römische Expansion und die Einrichtung der Provinzen hat die Situation sich für die Römer zwar insofern verändert, als die Schifffahrt für Verbindung zu

den Provinzen auf der Iberischen Halbinsel, auf Korsika, Sardinien und Sizilien, in Afrika, auf der Balkanhalbinsel und in Kleinasien erheblich an Bedeutung gewann, aber gleichzeitig stellte sich in den Provinzen wiederum das Problem, große Binnenräume durch Verkehrswege zu erschließen. Die spanischen Provinzen oder auch Gallien besaßen zwar eine Reihe schiffbarer Flüsse, aber auf Landverkehrswege konnten die Römer in diesen Provinzen ebenso wenig verzichten wie in Italien. Mit dem Straßenbau entwickelte sich aber auch die Transporttechnik: Neben den zwei- oder vierrädrigen Ochsenwagen mit schweren Scheibenrädern finden sich auf Abbildungen der Principatszeit zunehmend zweiachsige Wagen mit Speichenrädern; diese Wagen, mit denen schwere Lasten befördert werden konnten, wurden von Maultieren oder Pferden gezogen. Die Verwendung solcher Wagen im Landtransport war aber nur möglich, wenn die Straßen nur geringe Steigungen aufwiesen und die Kurven so angelegt waren, dass sie von einem Fuhrwerk gut durchfahren werden konnten. Damit wurde die Errichtung von Kunstbauten, sowohl von Brücken als auch von Tunneln, notwendig. Dies gilt gerade auch für die Gebirge: Die Römer schreckten selbst davor nicht zurück, Verkehrsverbindungen zwischen Italien und den Provinzen nördlich der Alpen herzustellen, indem sie Straßen anlegten, die über die Alpenpässe führten (Abb. 1).

Da der Bau von Brücken stets in enger Verbindung mit dem Ausbau der Verkehrsinfrastruktur gesehen werden muss, ist es notwendig, im folgenden zunächst auf den römischen Straßenbau, auf seine Entwicklung und auch auf die politischen Zielsetzungen der römischen Führungsschicht, die den Straßenbau forcierte, einzugehen.

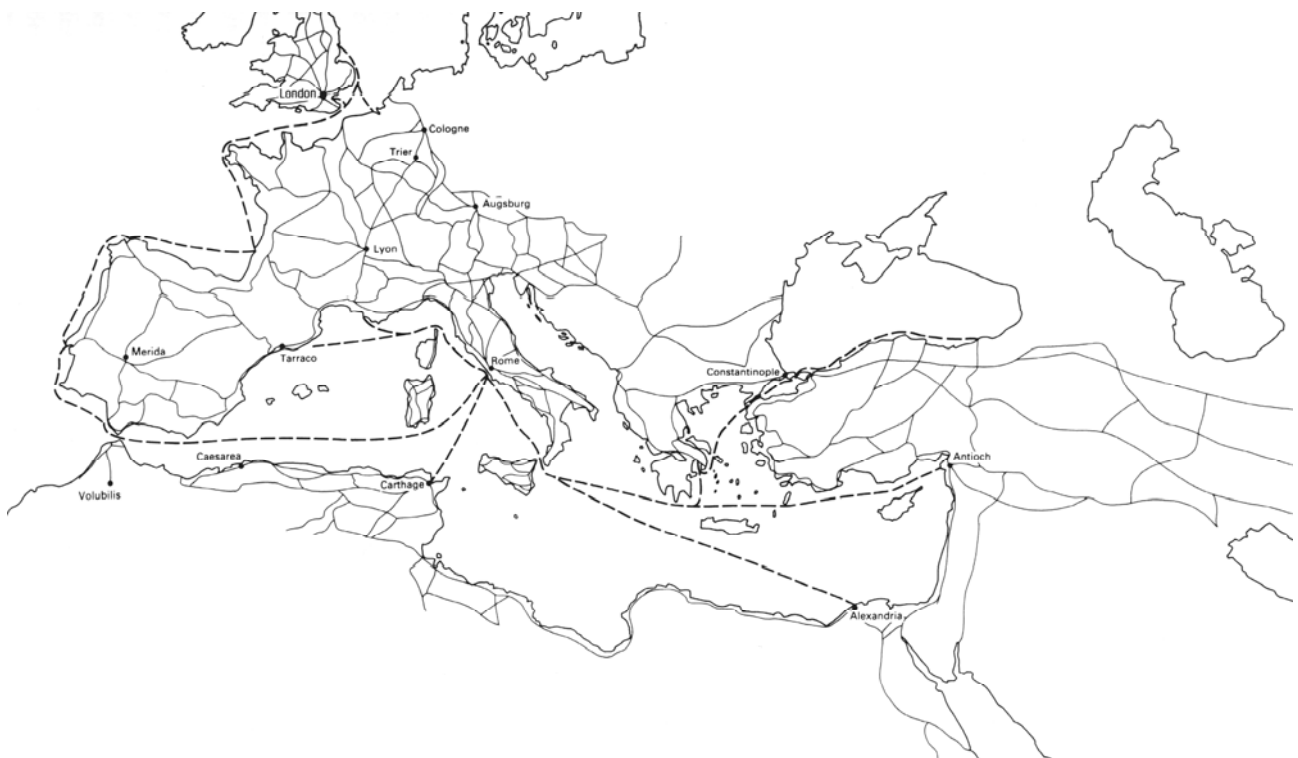


Abb. 1: Die wichtigsten Straßen und Seewege im Imperium Romanum (nach J. Wachter, *The Roman World*, London 1987, S. 659).

3. DER RÖMISCHE STRASSENBAU

Die erste Straße, die Rom mit entfernt gelegenen Regionen und Städten verband, war die gegen Ende des 4. Jahrhunderts v. Chr. von dem Censor Appius Claudius Caecus gebaute *via Appia*. Diese Straße wurde in der Zeit der Kriege gegen die Samniten gebaut, die in Mittelitalien die Küstenregionen zu erobern suchten und dabei auch griechische Städte angriffen und eroberten. Als in dieser Situation die griechischen Städte Verteidigungsbündnisse mit Rom schlossen, bestand die Notwendigkeit, eine Verbindung mit den Städten am Golf von Neapel herzustellen. Erst später wurde die Straße über Benevent weiter bis nach Brundisium an der Adriaküste gebaut. Der Censor Appius Claudius hatte mit dem Bau der *via Appia* ein Vorbild für spätere römische Politiker geschaffen; die Straße wurde nach ihrem Erbauer benannt, seitdem galt es für einen römischen Senator als ehrenvoll, den Bau einer Straße veranlasst und beaufsichtigt zu haben. Dabei blieb die Errichtung solcher Verkehrswege zunächst von strategischen, militärischen und politischen Zielsetzungen abhängig. Nachdem die Römer in der zweiten Hälfte des 3. Jahrhunderts v. Chr. an der Adriaküste im Umfeld vom heutigen Rimini weite Gebiete erobert, anektiert und an römische Bürger verteilt hatten, ließ der Censor C. Flaminius eine Straße von Rom nach Ariminum (heute Rimini), die *via Flaminia*, bauen; auf diese Weise sollte eine Verbindung zwischen Rom und den *coloniae* an der Adria hergestellt werden.

Im 2. Jahrhundert v. Chr. wurde der Straßenbau in Norditalien entscheidend forciert; auf diese Weise wurden die römischen Städte in der von Galliern bewohnten Poebene militärisch gesichert und diese Gebiete auch gleichzeitig wirtschaftlich erschlossen. Nach Beendigung der Kampfhandlungen in Norditalien liessen die Consuln 187 v. Chr. von den Legionen zwei Straßen bauen, eine Straße zwischen Bononia (heute Bologna) und Arretium (heute Arezzo) und die Verbindung zwischen Placentia (heute Piacenza) und Ariminum (Liv. 39,2). Diese Straße, an der weitere römische Städte lagen, wurde nach dem Consul M. Aemilius Lepidus als *via Aemilia* bezeichnet und gibt noch heute der Region ihren Namen: Emilia Romagna. In den folgenden Jahrzehnten wurde durch Neubauten in Norditalien planmäßig ein dichtes Straßennetz geschaffen, das auch die wichtige Hafenstadt Aquileia einbezog.

Wie ein römischer Meilenstein aus Süditalien zeigt, besaßen die römischen Magistrate bereits eine klare Vorstellung davon, dass Straßen eine eminente Bedeutung für die Erfassung des Raumes besitzen: Auf dem Stein von Polla (ILS 23) werden nicht nur die beiden Städte genannt, die durch diese Straße miteinander verbunden werden, nämlich Rhegium und Capua, sondern es wird auch die Entfernung von dem Meilenstein zu mehreren Städten, die an der Straße lagen, sowie die Gesamtlänge der Straße angegeben. Die Straße gliedert den Raum und unterwirft ihn der Zweckrationalität des politischen Systems. Die Inschrift hat darüber hinaus die Funktion, das Prestige des Magistrats, der die Straße erbauen ließ, zu erhöhen.

Noch im 2. Jahrhundert v. Chr. begann der systematische Ausbau von Straßen in den Provinzen; um eine Straßenverbindung zu den spanischen Provinzen zu schaffen, ließ der Proconsul Cn. Domitius Ahenobarbus, der in Südfrankreich erfolgreich einen Krieg gegen die Allobroger geführt hatte, eine Straße, die *via Domitia*, von den Pyrenäen bis zum Rhone bauen; unter Augustus schließlich wurde durch den Bau der *via Iulia Augusta*, die an der Küste entlang führte, der Anschluss der Straßen Italiens an die *via Domitia* hergestellt. Auch der Ausbau der Verkehrsinfrastruktur Galliens, das von Caesar erobert worden war, erfolgte in augusteischer Zeit aufgrund einer sorgfältigen Planung, für die M. Agrippa verantwortlich war. Als Zentrum des Straßennetzes wurde Lugdunum (heute Lyon) gewählt;

von dieser Stadt gingen drei Straßen aus, eine nach Westen an die Atlantikküste, eine nach Norden zum Rhein und von dieser abzweigend eine weitere zur Kanalküste. Eine vierte Straße führte den Rhone entlang nach Süden und verband auf diese Weise das Binnenland Galliens mit dem Mittelmeerraum; diese Straße war deswegen notwendig, weil der Rhone eine so starke Strömung besitzt, dass die Fahrt mit einem Schiff stromaufwärts nach Lugdunum sehr schwierig war (Pekáry 1968. Chevallier 1976. Schneider 1982. Schneider 1992, 171-181).

Die Leistungen der Römer im Straßenbau fanden durchaus die Anerkennung der Griechen, womit deutlich wird, dass die römische Verkehrsinfrastruktur dem älteren Straßenbau weit überlegen war. Zwei Texte sollen an dieser Stelle als Beispiel für die Bewunderung der Griechen angeführt werden: In seiner Biographie der Gracchen geht Plutarch auf die Straßen ein, deren Bau C. Gracchus veranlasst hatte; diese Beschreibung hat allerdings nicht nur Gültigkeit für die Straßen des C. Gracchus, sondern für den römischen Straßenbau generell: „Die eifrigste Tätigkeit aber entfaltete er im Straßenbau, wobei er neben den praktischen Erfordernissen auch auf gefälliges Aussehen bedacht war. Schnurgerade zogen die Straßen durch das Land, teils mit behauenen Steinen gepflastert, teils mit aufgeschüttetem Sand bedeckt, der festgestampft wurde. Vertiefungen füllte man aus und baute Brücken, wo Gießbäche oder Schluchten das Gelände durchschnitten, und da die Ufer auf beiden Seiten gleichmäßig erhöht wurden, gewann das ganze Werk ein ebenmäßiges und schönes Aussehen. Jede Wegstrecke war nach Meilen unterteilt, und zur Angabe der Distanzen waren von Meile zu Meile steinerne Säulen aufgestellt“ (Plut. C. Gracchus 7). Der griechische Geograph Strabon hob in augusteischer Zeit hervor, dass die Römer im Städtebau und bei dem Ausbau der Infrastruktur andere Akzente setzten als die Griechen, denen es auf eine schöne Lage, gute Möglichkeiten zur Verteidigung, auf den Bau von Häfen und auf die Fruchtbarkeit des Bodens ankam. Als charakteristische Bauten der Römer hingegen nennt Strabon Straßen, Wasserleitungen und Abwasserkanäle; über die römischen Straßen heißt es bei Strabon: „Bei dem Bau der Straßen, die das Land durchziehen, werden Hügel durchschnitten und Täler aufgefüllt, so dass die Wagen ganze Bootsladungen befördern können“ (Strab. 5,3,8).

Unter Augustus wurden nicht nur alte Straßen in großem Umfang repariert und neue Straßen gebaut, sondern mit der *cura viarum* wurde auch eine effiziente Verwaltung der Verkehrsinfrastruktur geschaffen; im Senat wurde durchaus über den Zustand der Verkehrswege diskutiert. Die Nachfolger des Augustus setzten dann die Politik der Republik und des ersten Princeps fort; unter Claudius (reg. 41-54) wurden Straßen durch die Alpen gebaut, in der Zeit des Traianus (reg. 98-117) sind sowohl in Italien als auch in den Provinzen neue Verkehrswege geschaffen worden.

Es war eine charakteristische Erscheinung des Principats, durch monumentale Inschriften oder die Errichtung von Ehrenbögen auf die Baumaßnahmen hinzuweisen und auf diese Weise das neue politische System zu legitimieren (Kuhoff 1993. Schneider 1986). Nachdem Augustus die *via Flaminia* umfassend hatte erneuern lassen, wurden ihm zu Ehren am Anfang der Straße in Rom und am Endpunkt in Ariminum Ehrenbögen errichtet, auf denen Statuen des Augustus aufgestellt waren (Cass. Dio 53,22,2). Der noch existierende Bogen in Ariminum besitzt eine monumentale Inschrift (ILS 84), die ausdrücklich die Leistungen des Augustus auf dem Gebiet des Straßenbaus hervorhebt. In dem Tatenbericht, den Augustus kurz vor seinem Lebensende verfasst hat, wird ebenfalls die Erneuerung der *via Flaminia* erwähnt (R. Gest. div. Aug. 20,5), wobei die Wiederherstellung der Brücken eigens aufgeführt wird. In ähnlicher Weise wie Augustus wurde Traianus durch die Errichtung eines Ehrenbogens in Beneventum am Ausgangspunkt der *via Traiana*, die

nach Brundisium (heute Brindisi) führte, geehrt. Die Inschrift (ILS 296) nimmt in diesem Fall keinen Bezug auf den Bau der Straße, die Reliefs des Bogens thematisieren aber die zivile Tätigkeit des Princeps. Mit der Errichtung solcher Ehrenbögen, deren Form von dem Triumphbogen abgeleitet war, wurde die zivile Leistung dem militärischen Sieg gleichgestellt.

Straßen müssen instand gehalten werden, und als in der Spätantike das Imperium gegen die ständigen Angriffe der Germanen und der Perser verteidigt werden musste und damit die finanziellen Aufwendungen für das Militär stark anstiegen, fehlte das Geld für den Bau neuer Straßen und die Reparatur der vorhandenen Straßen. Das Netz der Fernstraßen, das in der Blütezeit des Imperium Romanum eine Länge von etwa 80.000 Kilometern hatte, verfiel. Es war ein Symptom dieses Niedergangs, dass Rutilius Namatianus zu Beginn des 5. Jahrhunderts n. Chr. für seine Rückkehr von Rom nach Gallien den Seeweg wählte und dies in seinem Gedicht mit dem schlechten Zustand der Straßen erklärte (Rut. Nam. 37-42).

4. DIE RÖMISCHE BAUTECHNIK UND DER BRÜCKENBAU IN DER STADT ROM

Die römische Architektur unterschied sich grundlegend von der klassischen griechischen Architektur, die wesentlich von vertikalen und horizontalen Bauelementen bestimmt war. Diese Gebälkarchitektur beruhte auf dem Prinzip des Tragens und Lastens, wobei bei einer vertikalen Belastung keine Schubkräfte entstanden. Dieser Architektur, die ihren klassischen Ausdruck im dorischen Tempel mit einem Säulenkranz fand, fügten die Römer als neues Element den Bogen hinzu, der in der älteren Architektur bereits vereinzelt auftauchte, aber erst in römischer Zeit zu einem prägenden architektonischen Element wurde. Die Schwierigkeit der Bogenarchitektur besteht darin, dass ein Bogen Schubkräfte erzeugt; aus diesem Grund sind frühe Bogen oft dort zu finden, wo der Schub vom umgebenen Erdreich oder vom seitlichen Mauerwerk einer Stadtmauer aufgefangen werden konnte; in verschiedenen Städten Italiens errichtete man bereits im 3. Jahrhundert v. Chr. Stadttore, deren oberen Abschluss ein Bogen bildete (Ward-Perkins 1975, 28-31. Pevsner u. a., 1992, 93-95. 227. Adam 1994, 158-181).

Eine zweite wichtige Neuerung der römischen Architektur war die Verwendung des *opus caementicium*; es handelt sich um einen Baustoff, der aus Erden vulkanischen Ursprungs bestand, die mit Kalk und Bruchstein vermischt wurden. Dieser Mörtel wurde zunächst dazu verwendet, beim Bau von Mauern den Zwischenraum zwischen zwei Außenschalen aus Tuffstein oder Ziegeln auszufüllen; er konnte aber auch in eine Verschalung aus Holz gegossen werden. Nach dem Trocknen besaß dieser neue Baustoff eine solche Festigkeit, dass es möglich war, die Holzverschalung zu entfernen (Vitr. 2,6). Damit wurden der römischen Architektur völlig neue Möglichkeiten eröffnet; mit Gewölben und Kuppeln aus *opus caementicium* konnten große Innenräume ohne Stützen überdacht werden. Als ein Höhepunkt der römischen Architektur hat zweifellos das unter Hadrianus (reg. 117- 138) errichtete Pantheon zu gelten, dessen Kuppel aus *opus caementicium* einen Durchmesser von 43,30 Metern besitzt. Damit übertrifft diese Kuppel immerhin die späteren Kuppeln des Domes von Florenz, der Peterskirche in Rom oder der St. Pauls Cathedral in London (Ward-Perkins 1975, 26-31. Schneider 1992, 167-170). Auch bei dem Brückenbau wurde *opus caementicium* als Baustoff verwendet; viele Brücken besitzen eine Fassade aus behauenen Natursteinen und einen *opus caementicium*-Kern.

Für den Bau der römischen Brücken war die souveräne Beherrschung der Bogenkonstruktion entscheidend; der Bogen bietet „die einzige Möglichkeit, im Steinbau größere Spannweiten zu überbrücken“ (Pevsner u. a. 1992, 93) und ist damit dem unechten Bogen, bei dem die Steine in waagerechter Lage vorkragen, deutlich überlegen. Da der Bau von Tiberbrücken im Gebiet der Stadt Rom in den Quellen gut bezeugt und auch intensiv erforscht ist (Richardson 1992, 296-299. O'Connor 1993, 63-71), kann die Entwicklung des römischen Brückenbaus am Beispiel dieser Bauwerke gut nachgezeichnet werden.

Die Milvische Brücke, die durch den Sieg des Constantinus über den Usurpator Maxentius und seine danach erfolgte Hinwendung zum Christentum große Berühmtheit erlangte, führte im Norden der Stadt über den Tiber; Livius erwähnt den *pons Mulvius* bereits für das Jahr 207 v. Chr. (Liv. 27,51,2); diese Brücke wurde 109 v. Chr. auf Initiative des Censors M. Aemilius Scaurus durch einen Neubau ersetzt, der bis zum heutigen Zeitpunkt erhalten blieb (Vir. ill. 72). Die vier zentralen Bögen der Brücke weisen eine Spannweite von 18 Metern auf. Die Pfeiler im Flussbett besitzen an der Seite, die stromaufwärts zeigt, mächtige Wellenbrecher, die bei starker Strömung die Brücke schützen sollten. Auf beiden Seiten steigt die Straße vom Ufer zum zentralen Teil der Brücke hin an; mit dieser Konstruktion wurde erreicht, dass die Bögen der Brücke höher waren als der Wasserstand bei Hochwasser und der Druck, der durch die Strömung auf die Brücke ausgeübt wurde, auf diese Weise möglichst niedrig blieb. Diesen Zweck hatten auch die Überlaufunnel in den breiten Pfeilern. Die Milvische Brücke demonstriert eindrucksvoll die Fähigkeiten der römischen Architekten im Brückenbau; sie waren in der Lage, mit einem Steinbau einen breiten Fluss zu überbrücken und dabei die jahreszeitlichen Schwankungen der Wasserführung so zu berücksichtigen, dass die Brücke auch extremen Belastungen standhielt.



Abb. 2: Der pons Fabricius in Rom (62 v. Chr.)

Aufgrund einer Angabe bei Cassius Dio kann der *pons Fabricius* (Abb. 2), der das Stadtgebiet mit der Tiberinsel verbindet, exakt auf das Jahr 62 v. Chr. datiert werden (Cass. Dio 37,45,3). Die beiden Bögen haben eine deutlich größere Spannweite als die der Milvischen Brücke (über 24 Meter); wahrscheinlich wollte der Erbauer vermeiden, mehr als einen Pfeiler in dem Flussbett zu errichten. Die außerordentlich elegant wirkende Brücke besitzt im Pfeiler – ähnlich wie bei dem *pons Mulvius* – oberhalb des Wellenbrechers einen großen Überlauf, so dass die Brücke bei Hochwasser der Strömung nur einen geringen Widerstand bot. Es ist bemerkenswert, dass der *curator viarum*, der für den Bau der Brücke zuständig war, in einer monumentalen Inschrift auf beiden Seiten der Brücke seinen Namen nennt und damit sein politisches Ansehen zu stärken sucht (ILS 5892); überraschenderweise hat Cassius Dio noch fast dreihundert Jahre später dieses Bauwerk in seiner Darstellung der römischen Geschichte berücksichtigt, ein Indiz für das Interesse eines antiken Historikers an den römischen Nutzbauten.

Unter den antiken Brücken der Stadt Rom verdient die Engelsbrücke besondere Beachtung; diese Brücke, die heute nach den auf Vorschlag von Bernini aufgestellten Statuen der Engel benannt wird, wurde von Hadrianus als ein Komplex zusammen mit dem Mausoleum des Princeps, der heutigen Engelsburg, errichtet und ist 134 n. Chr. vollendet worden. Die Brücke, die in der Antike als *pons Aelius* bezeichnet wurde, besaß ursprünglich drei zentrale Bögen mit einer Spannweite von 18 Metern und mehrere kleinere Bögen an beiden Ufern. Durch moderne Baumaßnahmen am Tiberufer sind Teile der Brücke abgetragen und die kleineren Bögen durch moderne Bauten ersetzt worden; vom antiken Bauwerk sind nur noch die drei zentralen Bögen erhalten. Die Brücke ist unter dem Aspekt der Stadtplanung bemerkenswert; es ging bei der Errichtung von Brücken in Rom nicht mehr nur darum, die am Fluss gelegene Stadt mit dem Umland zu verbinden, sondern um die Einbeziehung des anderen rechten Tiberufers in das Stadtgebiet und die Schaffung eines einheitlichen urbanen Raumes auf beiden Seiten des Flusses.

Gemeinsames Merkmal der Brücken in der Stadt Rom ist die Konstruktion von halbkreisförmigen Bögen; auch in den Provinzen haben die Römer später diese Form des Bogens beim Bau von Brücken bevorzugt. Hingegen findet sich der Segmentbogen, der im modernen Brückenbau von Bedeutung war, weil damit eine größere Spannweite erreicht werden konnte, nicht bei römischen Steinbrücken.

Die Milvische Brücke und der *pons Fabricius* bieten ein hervorragendes Zeugnis dafür, dass die Technik des Brückenbaus bereits in der späten Republik weit fortgeschritten war. Die Römer waren in der Lage, einen breiten Fluss mit einer Bogenkonstruktion aus Stein zu überbrücken; dazu war es erforderlich, feste Fundamente für die Pfeiler im Flussbett zu errichten. Die Brücken waren so konstruiert, dass sie den größten Belastungen während der periodisch im Winterhalbjahr auftretenden Hochfluten standhielten. Wellenbrecher und Überläufe hatten die Funktion, den Druck der Strömung auf die Pfeiler und den Oberbau der Brücke zu reduzieren. Als in augusteischer Zeit der systematische Ausbau der Straßen in Italien und in den Provinzen in großem Maßstab fortgesetzt wurde, besaßen die Römer die technische Kompetenz, um allen Anforderungen beim Bau von Brücken zu genügen. Dabei haben die Römer unter den besonderen geographischen Bedingungen der verschiedenen Regionen des Mittelmeerraumes auch auf neue technische Herausforderungen reagiert und beim Bau von Brücken neue Wege beschritten.

5. DIE RÖMISCHEN BRÜCKEN IN ITALIEN UND IN DEN PROVINZEN

Eine der großartigsten römischen Brücken wurde unter Augustus im Zuge der Arbeiten an der *via Flaminia* bei Narnia (heute Narni) nördlich von Rom errichtet; von dieser insgesamt 160 Meter langen Brücke über den Nar, der an dieser Stelle durch ein tiefes Tal fließt, ist heute nur noch ein einziger Bogen erhalten, aber die Baureste, die eine Rekonstruktion leicht ermöglichen, lassen es verständlich erscheinen, dass der spätantike Historiker Prokopios dieser Brücke in der Schrift über die Gotenkriege des Justinianus seine Bewunderung zollte: „Kaiser Augustus hat in früheren Zeiten diese Brücke errichten lassen, ein sehr ansehnliches Werk mit der höchsten Wölbung, die wir kennen“ (Prok. BG 1,17,11) (Abb. 3). Die Brücke hatte eine Höhe von etwa 30 Metern über dem normalen Wasserstand des Nar und übertraf in dieser Hinsicht alle älteren römischen Brücken; mit dem Bau einer Brücke über einen derart tiefen Geländeeinschnitt demonstrierten die römischen Architekten ihre technische Kompetenz. Die einzelnen Bögen, die den Oberbau der Brücke trugen, hatten eine unterschiedliche Spannweite (19,6, 32,1, 18 und 16 Meter); da die Bögen dadurch aber auch eine unterschiedliche Höhe hatten, lagen die Kämpfersteine aller Bögen nicht auf derselben Höhe. Am noch stehenden Pfeiler kann dies gut demonstriert werden: Die Bogenlinie des großen Bogens beginnt deutlich tiefer als die des ersten, noch erhaltenen kleineren Bogens. Mit dieser Konstruktion der Brücke wurde erreicht, dass der Fluss von dem großen Bogen überbrückt wurde und so alle Pfeiler auf festen Grund errichtet werden konnten. Jeder Bogen dieser Brücke war durch ein Gesims umrahmt, womit eine erstaunliche ästhetische Wirkung hervorgerufen wird.



Abb. 3: Der erhaltene südliche Bogen der augusteischen Brücke bei Narni nördlich von Rom

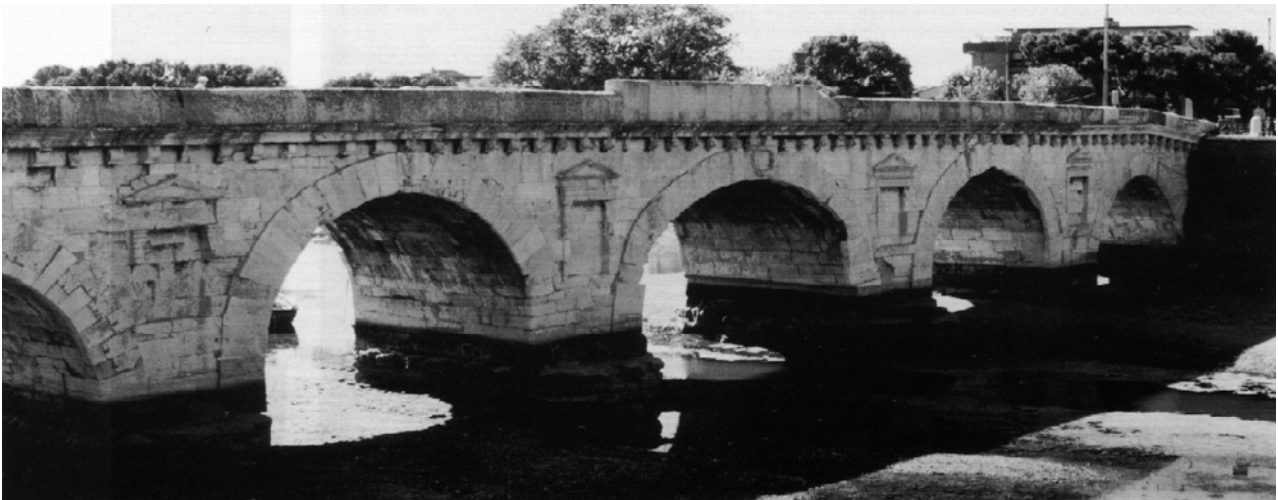


Abb. 4: Die Brücke des Tiberius in Rimini

Eher an die Vorbilder der Stadt Rom lehnt sich die unter Tiberius (reg. 14-37) vollendete Brücke in Rimini an; die fünf Bögen haben relativ geringe Spannweiten (zwischen 8 und 10 Metern) (Abb. 4). Der mittlere große Bogen hat aber nicht – wie bei der Brücke von Narnia – eine größere Höhe als die kleineren Bögen, sondern seine Form nähert sich zum Ausgleich leicht dem Flachbogen an. Auffallend sind die Nischen, die sich zwischen den Bögen an den Pfeilern befinden und die Form einer Aedicula haben. Diese repräsentative Gestaltung der Front auf beiden Seiten der Brücke ist wohl darauf zurückzuführen, dass Augustus und Tiberius das Bauwerk für die Stadt Ariminum errichten ließen, worauf die Inschrift an der Brücke hinweist; beide Principes werden hier mit voller Titulatur genannt. (ILS 113).

Eine größere Anzahl gut erhaltener römischer Brücken, die gerade unter bautechnischem Aspekt beeindruckend sind, findet sich auf der Iberischen Halbinsel. Seit der augusteischen Zeit beschleunigte sich in den spanischen Provinzen der Prozess der Romanisierung, der von den Römern durch Städtegründungen, Veteranenansiedlungen und Straßenbau gezielt vorangetrieben wurde (Nünnerich-Asmus 1993). Zu den bedeutenden Städten in Spanien gehörte Augusta Emerita (heute Mérida), eine unter Augustus gegründete Veteranenkolonie, die Hauptort der Provinz Lusitania wurde (Barceló 1997). Die Stadt, die unmittelbar an einem breiten Strom, dem Guadiana, liegt, besaß gute Straßenverbindungen; allerdings war es notwendig, den Fluss zu überbrücken, was durch eine Insel in der Strommitte erleichtert wurde. Immerhin stellte die Breite des Guadiana eine Herausforderung für die römischen Architekten dar: Die Brücke hat eine Länge von ca. 790 Metern und war damit die längste je von den Römern errichtete Steinbrücke; um das andere Ufer zu erreichen, mussten insgesamt 60 Bögen errichtet werden, von denen noch 56 existieren. Wie Unterschiede in der Brückenkonstruktion zeigen, scheint die Brücke in zwei Abschnitten gebaut worden zu sein; der erste Abschnitt reicht von der Stadt zur Insel, der zweite von der Insel zum jenseitigen Ufer. Im zweiten Abschnitt fehlen die Überlaufunnel, die im ersten Bauabschnitt das Aussehen der Brücke prägen. Die Bögen haben eine geringe Spannweite, im ersten Abschnitt zwischen 6,60 Meter und 10 Metern. Die Brücke hat einen Kern aus *opus caementicium* und ist mit Granit aus der näheren Umgebung verkleidet. Für eine solche Brücke waren erhebliche Mengen an Baumaterial zu beschaffen; zudem war es technisch aufwendig, im Fluss die Fundamente für die Pfeiler zu legen (Nünnerich-Asmus in: Trillmich u. a. 1993, 275f.).

Die Brücke von Salmantica (heute Salamanca) über den Tormes besaß ebenfalls eine beträchtliche Länge; sie hatte 15 Bögen mit einer Spannweite von 9,4 bis 9,7 Metern und war insgesamt 178 Meter lang. Die Brücke gehörte zu der wichtigen Straße zwischen Augusta Emerita und Asturica Augusta, dem Zentrum eines Bergbaugebietes in Nordwestspanien (O'Connor, 1993, 115).

Zu Recht wurde die Brücke von Alcántara als „eines der beeindruckendsten Zeugnisse römischer Ingenieurbaukunst“ (Nünnerich-Asmus in: Trillmich u. a. 1993, 363f.) bezeichnet; diese in der Zeit des Traianus errichtete Brücke stellt ohne Zweifel den Höhepunkt des römischen Brückenbaus dar (Abb. 5). Anders als im Fall der Brücken von Augusta Emerita und Salmantica überquerte die Straße hier eine tiefe Schlucht, durch die der Tagus fließt. Diese Situation erforderte eine ähnliche Konstruktion wie bei der Brücke von Narnia: ein monumentaler Bogen mit einer Spannweite von 28,8 Metern überbrückt so den Fluß, dass es möglich war, die Fundamente der Pfeiler „auf den gewachsenen Felsen“ zu setzen (Nünnerich-Asmus in: Trillmich u. a. 1993, 363.). Angesichts der beträchtlichen Höhe der Brücke wurden Pfeiler von einer ungewöhnlichen Massivität errichtet, um die Stabilität der Brücke zu gewährleisten. Die Pfeiler sind deutlich breiter als der Brückenkörper, was durch die in Höhe der Bögen dem Brückenaufbau vorgestellten Pilaster betont wird. Die Brücke hat bei einer Länge von insgesamt 194 Metern sechs Bögen, von denen die beiden mittleren Bögen etwa die gleiche Spannweite aufweisen (28,8 und 27,4 Meter), während die anderen Bögen kleiner sind. Die Höhe von dem Brückenoberbau zum normalen Wasserstand des Tagus beträgt ca. 48 Meter; damit ist die Brücke von Alcántara die höchste Straßenbrücke im Imperium Romanum gewesen. Auf dem Brückenoberbau befindet sich ein Bogen, auf dem eine Ehreninschrift für Traianus angebracht ist und alle Städte der Provinz, die finanziell zum Bau der Brücke beigetragen haben, genannt sind (ILS 287. 287a). Damit ist ein für monumentale Infrastrukturbauten charakteristischer Akzent gesetzt, mit dem auf die Leistung des Princeps und der beteiligten Städte hingewiesen wurde.

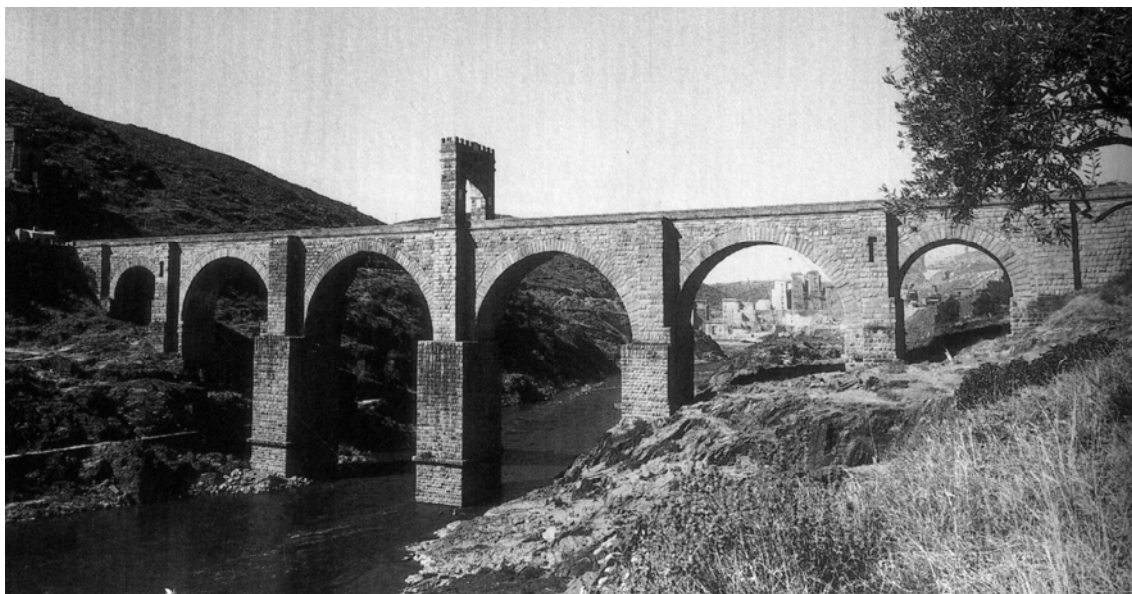


Abb. 5: Die unter Traianus (98-117 n. Chr.) errichtete Brücke von Alcántara über den Tagus in Spanien

Ähnliche Proportionen wie die Brücke von Alcántara weist eine kleinere Brücke über den Bibey auf, die wahrscheinlich bereits im späten 1. Jahrhundert n. Chr. in Nordwestspanien bei Puebla de Trives an der Straße zwischen Bracara Augusta und Asturica Augusta errichtet und unter Traianus erneuert worden ist (O'Connor, 1993, 113. Nünnerich-Asmus in: Trillmich u. a. 1993, 360). Die Brücke hat eine Höhe von 23 Metern, der mittlere von drei Bögen besitzt eine Spannweite von 18,5 Metern. Ein Bauwerk wie die Brücke von Alcántara hatte also Vorläufer, bei deren Bau die römischen Architekten jene Erfahrungen sammeln konnten, die es ihnen überhaupt erst ermöglichten, ihr Meisterwerk bei Alcántara zu schaffen.

Im römischen Brückenbau gab es auch ungewöhnliche Problemlösungen, die deutlich machen, wie reflektiert die römischen Architekten an ihre Aufgabe herangingen. Das wohl wichtigste Beispiel hierfür ist die berühmte Donaubrücke, die Apollodoros von Damaskus zu Beginn des 2. Jahrhunderts gebaut hat. Traianus benötigte während seiner Feldzüge gegen die Daker eine Brücke über die Donau, um die römischen Truppen schnell in das feindliche Gebiet verlegen und den Nachschub sichern zu können (Strobel 1984, 204f.). In der antiken Geschichtsschreibung wurde diese Brücke, die unterhalb des Eisernen Tores bei Drobeta lag, zweimal ausführlich beschrieben, im 3. Jahrhundert n. Chr. von Cassius Dio, und dann in der Spätantike von Prokopios in der Schrift über die Bautätigkeit des Justinianus. Cassius Dio macht präzise Angaben über die Größe der Brücke: Sie hatte zwanzig Pfeiler aus Stein, die eine Höhe von ca. 44 Metern und eine Breite von ca. 17,7 Metern besaßen; die Distanz zwischen den Pfeilern betrug ca. 50 Meter. Die Bewunderung des Historikers Cassius Dio galt insbesondere der Tatsache, dass die Fundamente der Pfeiler mitten im Strom gelegt worden waren (Cass. Dio 68,13. Vgl. Prok. aed. 4,6,11-18). Insgesamt hatte die Brücke eine Länge von über eintausend Metern; auf den hohen Pfeilern der Brücke lag eine Holzkonstruktion mit weiten Segmentbögen auf (O'Connor, 1993, 142-145). Apollodoros selbst hat eine Schrift über die Brücke verfasst, die Prokopios noch kannte. Welche Bedeutung der Donaubrücke zur Zeit des Traianus beigemessen wurde, zeigt allein schon die Tatsache, dass sie auf einem Relieffeld der Trajanssäule in Rom dargestellt worden ist. Allerdings hat die Brücke nicht lange dem Verkehr zwischen der noch unter Traianus eingerichteten Provinz Dacia und den Donauprovinzen gedient, denn Hadrianus ließ aus Furcht, Barbaren könnten über diese Brücke leicht in das Imperium Romanum eindringen, die Holzkonstruktion abbrechen; seitdem standen nur noch die Pfeiler im Strom, zur Zeit des Prokopios machten die Trümmer von umgestürzten Pfeilern die Donau an dieser Stelle für Schiffe schwer passierbar.

Eine andere außergewöhnliche Konstruktion wählten die Römer, als sie bei Arelate (heute Arles) den Rhone überbrückten (Droste 2003, 87-89). Die Strömung des Flusses war hier so stark, dass es für unmöglich gehalten wurde, mitten im Strom Pfeiler zu errichten, weswegen man hier dem Vorbild des militärischen Brückenbaus folgte; es war üblich, dass Einheiten der römischen Armee größere Flüsse auf Schiffsbrücken überquerten, die kurzfristig für diesen Zweck gebaut und nach Verwendung wieder abgebrochen wurden. Diese Erfahrungen wurden in Arelate genutzt; man errichtete eine Schiffsbrücke, die das Stadtbild auf so charakteristische Weise prägte, dass sie auf einem Bodenmosaik dem Piazzale delle Corporazioni in Ostia abgebildet war und im Städteкаталог des Ausonius als „*navalis pons*“ erwähnt wird (Auson. urb. 10,5).

Ebenso wie in den westlichen Provinzen errichteten die Römer im Zuge des Ausbaus der Verkehrswege in Nordafrika und in den östlichen Provinzen zahlreiche Brücken; exemplarisch soll hier auf ein Bauwerk in der östlichen Türkei eingegangen werden: Die bei Kâhta, etwa vierzig Kilometer östlich von Adiyaman gelegene Brücke, die vielleicht auf ein Bau-

werk aus der flavischen Zeit (spätes 1. Jahrhundert n. Chr.) zurückgeht, wurde unter Septimius Severus (reg. 193-211) erneuert; ähnlich wie manche kleinere Brücken in Mittelitalien besitzt auch die Brücke des Septimius Severus – sieht man von einem kleinen Bogen in einer der Zufahrtsrampen ab – nur einen einzigen Bogen, aber sie hat dabei eine völlig andere Dimension. Das Bauwerk ist insgesamt 118m lang und besteht aus den aus Stein errichteten, deutlich ansteigenden Zufahrtsrampen und einem monumentalen Bogen, dessen Spannweite von 34,2 Metern die der Bögen an den Brücken von Narnia und Alcántara übertrifft. Es handelt sich um den zweitgrößten, jemals in römischer Zeit gebauten Bogen (O'Connor, 1993, 127-129).

6. DIE BAUINSCHRIFTEN

Die Principes hatten mit der Verantwortung für den Bau der Fernstraßen, der *viae publicae*, naturgemäß auch die Zuständigkeit für die Errichtung der Brücken übernommen. Die Inschriften bieten hierüber ein einheitliches Bild; entweder werden Städte aufgeführt, die den Bau einer Brücke finanziert haben und dem Princeps zugleich eine Ehreninschrift setzen, oder aber der Princeps selbst wird als derjenige genannt, der die Errichtung der Brücke veranlasst hat. In die Planung von Anlagen der Infrastruktur wurden die Inschriften bereits miteinbezogen, wie entsprechende Überlegungen von Frontinus zur Verbesserung der Wasserversorgung Roms unter Traianus zeigen (Frontin. aqu. 93) (Abb. 6). Mit der Vielzahl von Inschriften an öffentlichen Gebäuden, an Wasserleitungen, an Häfen, auf Meilensteinen und an Brücken wurde mit Nachdruck auf die Fürsorge des Princeps für die



Abb. 6: Die aus der Zeit der späten Republik und des frühen Principats stammenden Inschriften an dem Pons Fabricius in Rom. Oben links in großen Buchstaben die Inschrift des L. Fabricius (L. Fabricius C. f. cur. viar. faciundum coeravit: L. Fabricius, Sohn des Gaius, curator der Straßen, ließ [die Brücke] errichten), darunter in kleineren Buchstaben die Inschrift der Consuln des Jahres 21 v. Chr.

Stadt Rom und das Imperium Romanum hingewiesen (Horster, 2001). Dieser große steinerne Tatenbericht trug zur Legitimität des Principats erheblich bei, und insofern muss bei einem Überblick über den römischen Brückenbau auch dieser Aspekt dargestellt werden. Dabei kann hier keine Vollständigkeit angestrebt werden, sondern es sollen exemplarisch einige Inschriften hier vorgestellt werden.

Die Inschrift an der Brücke von Ariminum (ILS 113) nennt Augustus und Tiberius als Bauherren mit voller Titulatur; mit dem Verb „dedere“ wird zum Ausdruck gebracht, dass die beiden Principes die Brücke der Stadt zum Geschenk gemacht haben, also finanziert haben. Viele Inschriften der Principatszeit sind sehr viel ausführlicher; ein typisches Beispiel hierfür ist die Inschrift des Traianus an der Brücke von Simitthus (ILS 293): In dem Text wird nach dem Namen und der vollen Titulatur des Princeps die Baumaßnahme genannt („pontem novum a fundamentis“), der Einsatz von Soldaten als Arbeitskräften („opera militum suorum“) sowie die Finanzierung aus der Kasse des Princeps („pecunia sua“) erwähnt und schließlich hervorgehoben, dass die Provinz Africa die Empfängerin der Wohltat des Princeps ist. Auf Meilensteinen wird neben dem Bau oder der Reparatur einer Straße auch ausdrücklich auf die Errichtung von Brücken hingewiesen, so in den spanischen Provinzen (ILS 5867: Vespasianus), in Africa (ILS 471, ILS 5869: Caracalla; Gordianus III.) oder in Italien (ILS 5866: via Traiana).

Mit der Errichtung einer Brücke ist in einigen Fällen auch eine Ehrung des Princeps durch die Städte (*civitates*) der Provinz verbunden: Dies gilt etwa für die Brücke von Alcántara in Spanien (ILS 287. 287a) oder für die Brücke des Septimius Severus in der Türkei (ILS 5899. 7204).

Ein geradezu klassischer Text der römischen Dichtung ergänzt die Aussage der Inschriften: Es handelt sich um die Eloge des Statius auf die Brücke des Domitianus über den Volturnus, einen Fluss, der nördlich vom Golf von Neapel in das Mittelmeer fließt (Stat. silv. 4,3). Domitianus (reg. 81-96) hatte eine Straße von Sinuessa nach Neapolis bauen lassen; auf diese Weise wurde die Straße zwischen Rom und Campanien gegenüber der alten Route der *via Appia* deutlich verkürzt; allerdings war es notwendig, eine neue Brücke über den Volturnus zu bauen. Das Gedicht, in dem zunächst detailreich der Bau der Straße dargestellt wird, kulminiert in einer Lobrede auf Domitianus, der die Brücke errichten ließ. Dabei ist für Statius der Bau dieser Brücke der Beweis dafür, dass der Princeps besser und mächtiger sei sogar als die Natur: „Natura melior potentiorque“ (Kissel 2002). In der griechischen Rhetorik wird die Brücke schließlich als charakteristischer Bestandteil der römischen Zivilisation wahrgenommen: In einer Passage gegen Ende seiner Lobrede auf Rom rühmt Ailios Aristeides die zivilisatorischen Errungenschaften der Römer und ihre positiven Auswirkungen auf die gesamte Menschheit; auch in diesem Text nimmt die Brücke einen wichtigen Platz ein: „Was Homer sagte, ‚aber die Erde ist allen Menschen gemeinsam‘, wurde von euch tatsächlich wahr gemacht. Ihr habt den ganzen Erdkreis vermessen, Flüsse überspannt mit Brücken verschiedener Art, Berge durchstoßen, um Fahrwege anzulegen, in menschenleeren Gegenden Poststationen eingerichtet und überall eine kultivierte und geordnete Lebensweise eingeführt. Deshalb meine ich, dass das Leben vor Triptolemos, wie man es annimmt, dem Leben vor eurer Zeit entsprach, hart, ländlich und wenig verschieden von dem, welches ein Bergbewohner führt, dass aber das gesittete Leben in unserer Zeit von der Stadt der Athener seinen Ausgang nahm, jedoch von euch erst dauerhaft begründet wurde; denn als die zweiten seid ihr die Besseren, wie man so sagt“ (Aristeid. 26,101).

7. DIE RÖMISCHEN BRÜCKEN IM WERK PIRANESIS

Es ist ein auffallender Tatbestand, dass in modernen wissenschaftlichen Publikationen zur römischen Architektur den Brücken nur geringe Aufmerksamkeit zuteil wurde. Ein Grund hierfür mag darin liegen, dass Vitruvius in seinem systematischen Werk zur Architektur zwar den öffentlichen Bauten, die dem allgemeinen Nutzen dienten, längere Abschnitte gewidmet, dabei aber die Brücke nicht als eigenen Bautypus berücksichtigt hat. Die Brücke scheint keinen eigenständigen ästhetischen Wert zu besitzen, der es rechtfertigen würde, sie neben dem Tempel, dem Forum, dem Ehrenbogen, der Villa, dem Theater und dem Amphitheater zum Gegenstand der Archäologie zu machen; die Brücken sind allenfalls Thema von Spezialstudien zu einzelnen Regionen oder zur Bautechnik, einen umfassenden Katalog römischer Brücken hat nicht ein Archäologe, sondern ein Bauingenieur zusammengestellt (O'Connor 1993). Angesichts dieser Situation ist es vielleicht sinnvoll, daran zu erinnern, dass einer der bedeutendsten Archäologen und Radierer der Neuzeit, Giovanni Battista Piranesi (1720-1778), den römischen Brücken in seinem wissenschaftlichen und künstlerischen Werk große Beachtung geschenkt hat.

Während seiner Ausbildung bei seinem Onkel Matteo Lucchesi, der in Venedig als Magistrato delle Acque arbeitete, hat Piranesi ein genuines Interesse an Fragen der Bautechnik entwickelt, ein Interesse, das ihn auch leitete, als er in Rom sich mit der antiken Architektur zu beschäftigen begann. Sein erstes bedeutendes Werk über die römischen Altertümer, „Le antichità romane“ von 1756 (Miller, 1978, 171-183. Wilton-Ely, 1978, 48-69), enthält großformatige Ansichten der antiken Brücken Roms und zugleich Tafeln, auf denen hypothetisch die Substruktionen und Fundamente der Brücken dargestellt werden. Piranesi war ein Archäologe, dem es darauf ankam, das Unsichtbare sichtbar zu machen und auf diese Weise die Festigkeit und Dauer der römischen Bauwerke zu erklären (Höper, 1999, 182-185. 187f. 197).

Berühmt wurde die Rekonstruktion der Fundamente des *pons Fabricius*; auf der entsprechenden Abbildung zeigt Piranesi, dass die sichtbaren Bögen nur einen Teil der gesamten Konstruktion darstellen; Piranesi nimmt an, dass die unsichtbaren Fundamente, die ebenfalls die Form eines Halbkreises besitzen, zusammen mit den sichtbaren Bögen der Brücke jeweils einen Kreis bilden. Die Brücken Roms gehörten nach Piranesis Auffassung zu jenen Bauwerken, die auf sinnfällige Weise die Überlegenheit der Römer über die Griechen auf dem Gebiet der Architektur zu demonstrieren vermochten.

Charakteristisch für die Sicht der römischen Architektur bei Piranesi ist die Tatsache, dass er auf seinen großformatigen Veduten (Miller, 1978, 184-192. Wilton-Ely, 1978, 25-47) das Thema der römischen Brücke wiederum aufnahm und eine Reihe grandioser Darstellungen von Brücken schuf. Anders aber als Giuseppe Vasi, der vor allem ein topographisches Interesse an Rom und seiner Umgebung besaß und dabei Brücken als Teil der Landschaft auf eine eher langweilig-pittoreske Art realistisch abbildete, unternahm Piranesi den Versuch, die Monumentalität der römischen Architektur besonders zu betonen. Diesem Ziel dient ein Bildaufbau, der durch eine starke Untersicht und einen weiten Blick in die Tiefe des Raumes das Bauwerk auf eine geradezu dramatische Weise präsentiert. Außerdem verzerrt Piranesi stark die Dimensionen der Brücken; so wird der Eindruck einer monumentalen antiken Kulisse vermittelt, in der die modernen Menschen geradezu zwergenhaft erscheinen.

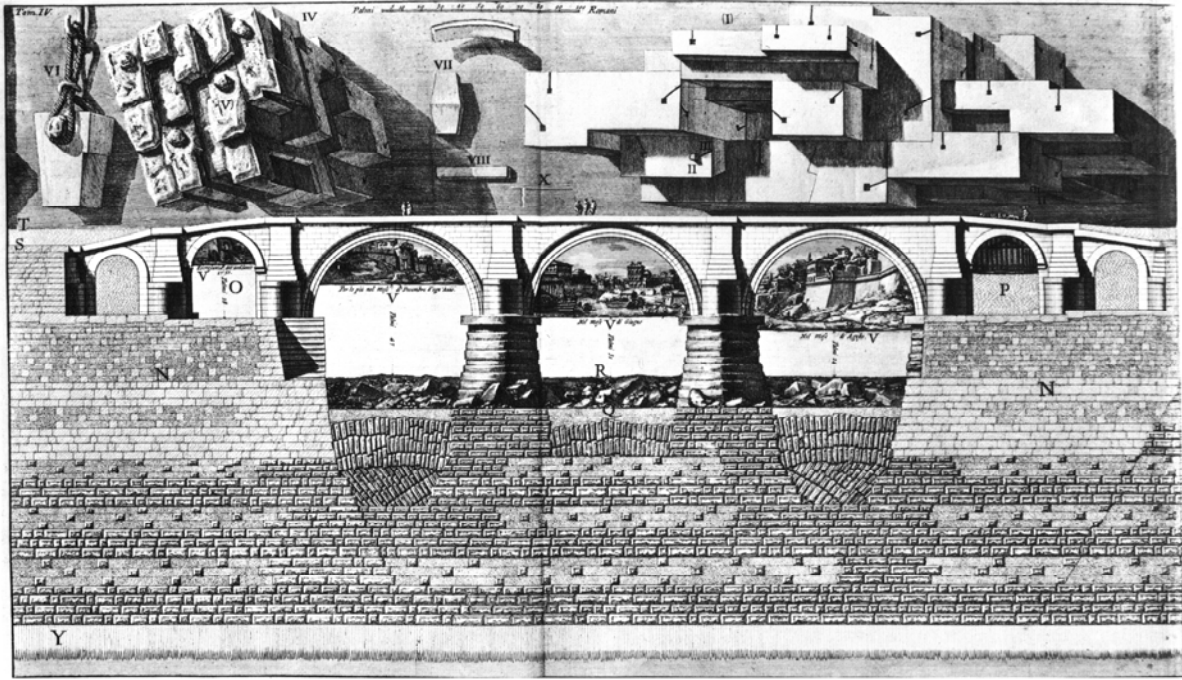


Abb. 7: G. B. Piranesi, *Le antichità Romane*, Avanzo del Mausoleo d' Elio Adriano. Die Darstellung der Engelsbrücke mit den von Piranesi vermuteten Fundamenten. Die Rekonstruktion der Fundamente entspricht allerdings keineswegs der römischen Bautechnik; signifikant ist jedoch das Interesse von Piranesi an den unterirdischen, nicht sichtbaren Partien der Brücke.

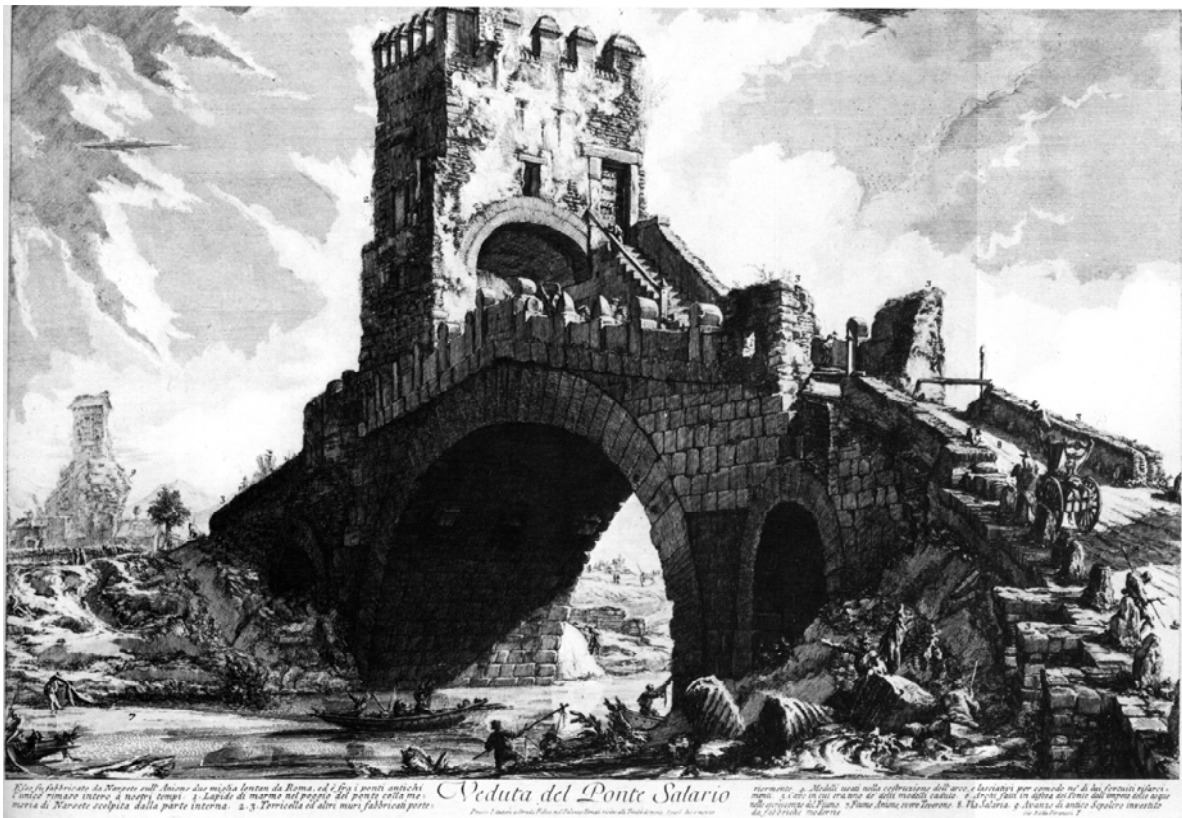


Abb. 8: G. B. Piranesi, *Veduta del Ponte Salario* (*Vedute di Roma*, Hind 31)

In der frühen Ansicht „Veduta del Ponte e Castello Sant' Angelo“ (Hind 23) ist die Engelsbrücke zentraler Bildgegenstand, während die Steinmassen der Engelsburg an den rechten Rand gerückt sind und die Radierung keineswegs beherrschen. Durch die Spiegelung der Brücke im Tiberwasser wird der halbkreisförmige Bogen als wichtiges Merkmal ihrer Konstruktion dem Betrachter deutlich vor Augen geführt. Die Brücke ist hier allerdings noch in eine genau wiedergegebene Stadtlandschaft eingebettet, die von der Kuppel des Petersdomes dominiert wird. Etwas später stellt die Vedute des Ponte Salario (Hind 31) die Brücke allein in das Zentrum der Radierung; die Monumentalität der Architektur wird dadurch betont, dass der mittelalterliche Turm auf der Brücke den oberen Rand der Darstellung berührt (Abb. 8). Auf diese Weise würdigt Piranesi die antike Brücke als ein Bauwerk, das einer großformatigen Darstellung würdig ist. Als ein herausragendes Meisterwerk Piranesis kann die Ansicht der Milvischen Brücke (Veduta del Ponte Molle, Hind 64) gelten (Abb. 9).

Die Brücke ist von einem tiefegelegenen Standpunkt aus in Schrägansicht gezeigt; mit dieser Vedute greift Piranesi das Thema einer genialen Radierung des Niederländers Jan Both (Höper 1999, 44) wieder auf, radikalisiert dessen Darstellung aber noch, wozu auch der scharfe Kontrast zwischen grellem Licht und dunklem Schatten beiträgt. Die künstlerische Sicht auf das Bauwerk überlagert aber nicht das Interesse des Archäologen an der antiken Architektur: Die Merkmale der Brückenkonstruktion, die stark ansteigende Zufahrtsrampe, die monumentalen Bögen, die Pfeiler mit Überlauf-tunneln und Wellenbrecher sind klar erfasst. Der Ponte Lugano, eine Brücke an der Straße nach Tivoli, wird von Piranesi auf ganz ähnliche Weise dargestellt (Hind 68), wobei in diesem Fall die Verzerrung der Dimensionen geradezu grotesk wirkt. Nach der Größe der Menschen auf der Brücke zu urteilen müsste das Bauwerk mindestens eine Höhe von zwanzig Metern besitzen, faktisch aber handelt es sich um eine kleine Brücke, die den Fluss um nur etwa 2-3 Meter überragt.

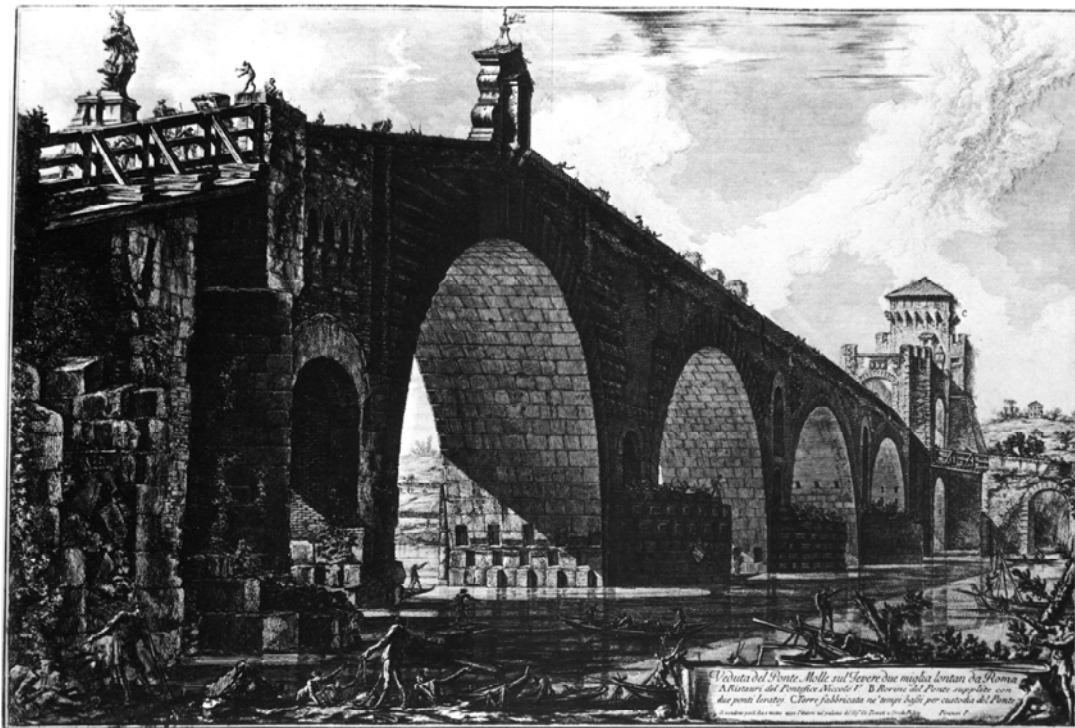


Abb. 9: G. B. Piranesi, Veduta del Ponte Molle (Ansicht der Milvischen Brücke, Vedute di Roma, Hind 64)

Piranesi hat in seiner Auffassung der antiken Architektur lange Zeit keine wirklichen Nachfolger gefunden; die Archäologie hat sich im Gefolge von Johann Joachim Winckelmann (1717-1768) zu einer Kunstwissenschaft entwickelt, die sich nur im Fall weniger Ausnahmen solchen Bauten wie den Brücken, Aquädukten oder Tunneln gewidmet hat. In den vergangenen beiden Jahrzehnten kam es zu einer Neuorientierung der Archäologie, die auch die Infrastruktur des Imperium Romanum zu erforschen beginnt. Dabei kann die Rezeption der Werke Piranesis der künftigen Forschung vielleicht wertvolle Impulse geben.

Literaturverzeichnis

Adam, Jean-Pierre, 1994: Roman Building. Materials and Techniques, Routledge, London-New York.

Barceló, Pedro, 1997: Augusta Emerita, Der Neue Pauly 2, 282, Metzler, Stuttgart.

Chevallier, Raymond, 1976: Roman Roads, Batsford, London.

Droste, Meike, 2003: Arles. Gallula Roma – Das Rom Galliens, Verlag Philipp von Zabern, Mainz.

Höper, Corinna, Hrsg., 1999: Giovanni Battista Piranesi. Die poetische Wahrheit, Verlag Gerd Hatje, Ostfildern-Ruit.

Horster, Marietta, 2001: Bauinschriften römischer Kaiser. Untersuchungen zu Inschriftenpraxis und Bautätigkeit in Städten des westlichen Imperium Romanum in der Zeit des Prinzipats, Historia Einzelschriften 157, Franz Steiner Verlag, Stuttgart.

Kissel, Theodor, 2002: Veluti naturae ipsius dominus. Straßen und Brücken als Ausdruck des römischen Herrschaftsanspruchs über die Natur, Antike Welt 33, 2, 143-152, Verlag Philipp von Zabern, Mainz.

Kuhoff, Wolfgang, 1993: Felicior Augusto melior Traiano. Aspekte der Selbstdarstellung der römischen Kaiser während der Prinzipatszeit, Verlag Peter Lang, Frankfurt am Main.

Miller, Norbert, 1978: Archäologie des Traums. Versuch über Giovanni Battista Piranesi, Carl Hanser Verlag, München.

Nünnerich-Asmus, Annette, 1993: Straßen, Brücken und Bögen als Zeichen römischen Herrschaftsanspruchs, in: Trillmich, W. u. a., Hrsg., Hispania Antiqua, Denkmäler der Römerzeit, 121-157, Verlag Philipp von Zabern, Mainz.

O'Connor, Colin, 1993: Roman Bridges, Cambridge University Press, Cambridge.

Pekáry, Thomas, 1968: Untersuchungen zu den römischen Reichsstraßen, Antiquitas 1,17, Rudolf Habelt Verlag, Bonn.

- Pevsner, Nikolaus, Hugh Honour und John Fleming, Hrsg., 1992: Lexikon der Weltarchitektur, 3. erw. Aufl., Prestel, München.
- Rathmann, Michael, 2002: Straßen V. Römisches Reich, Der Neue Pauly 12/2, 1134-1159, Metzler, Stuttgart.
- Richardson jr., Lawrence, 1992: A New Topographical Dictionary of Ancient Rome, The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Schneider, Hans-Christian, 1982: Altstrassenforschung, Erträge der Forschung, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Schneider, Helmuth, 1986: Infrastruktur und politische Legitimation im frühen Principat, Opus 5, 23-51, Rom.
- Schneider, Helmuth, 1992: Einführung in die antike Technikgeschichte, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Strobel, Karl, 1984: Untersuchungen zu den Dakerkriegen Trajans. Studien zur Geschichte des mittleren und unteren Donauraumes in der Hohen Kaiserzeit, Antiquitas, Reihe 1 Band 33, Habelt, Bonn.
- Trillmich, W., Th. Hauschild, M. Blech, H. G. Niemeyer, A. Nünnerich-Asmus, U. Kreilinger, Hrsg., 1993: Hispania Antiqua, Denkmäler der Römerzeit, Verlag Philipp von Zabern, Mainz.
- Wagner, Horst-Günter, 2001: Mittelmeerraum, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Ward-Perkins, John B., 1975: Architektur der Römer, Belser Verlag, Stuttgart.
- Wilton-Ely, John, 1978: Giovanni Battista Piranesi. Vision und Werk, Hirmer, München.
- Die Inschriften werden zitiert nach H. Dessau, Inscriptiones Latinae Selectae, Berlin 1892-1916 (abgekürzt ILS; die Zahlen beziehen sich auf die Nummer der Inschrift).
- Die Angaben für die Radierungen von G. B. Piranesi beziehen sich auf A.W. Hind, G. B. Piranesi. A critical Study, London 1922.
- Die Angaben der antiken Texte folgen den Allgemeinen Regeln der Altertumswissenschaften (vgl. Der Neue Pauly, Bd. 1, Stuttgart 1996, S XXXIX bis XLVII).

Furten, Fähren und Schiffsbrücken in Nordhessen

von
Frank Tönsmann

Prof. i. R. Dr.-Ing. Frank Tönsmann
Universität Kassel
Fliederweg 8, 34125 Kassel
Tel.: +49 561 873736, Fax: +49 561 8704624
E-Mail: ftoensm@gmx.de

Zusammenfassung

Seit ca. 5000 Jahren werden Waren zu Wasser und zu Lande in Nordhessen transportiert. Komfortable Querungen der Gewässer mit dauerhaften Steinbrücken gibt es erst seit ca. 1000 Jahren in wenigen, für den Handel bedeutsamen Städten. Vorläufer dieser Brücken waren Furten und Fähren. Hinzu kamen hölzerne Stege und Schiffsbrücken. An weniger wichtigen Querungen, z. B. für den örtlichen landwirtschaftlichen Verkehr, sind Furten und Fähren bis heute in Gebrauch. Der Beitrag beschäftigt sich mit der Geschichte der Furten, Fähren und Schiffsbrücken in Nordhessen. Aus der Heimatliteratur wurden Beispiele recherchiert, die Entwicklung vom Floß über die Seilfähre zur Gierfähre wird aufgezeigt und auf die modernen hessischen Gierfähren auf der Oberweser wird eingegangen. Insbesondere werden eine Karte und drei Bilder der Kasseler Schiffsbrücke, die zwischen 1767 und 1800 oberhalb der Einmündung der kleinen Fulda in Betrieb war, vorgestellt und kommentiert.

Summary

Since around 5000 years goods are transported in Northern Hesse. Only a few stone bridges in towns with important trading posts made a comfortable crossing of rivers possible since around 1000 years. Precursors of these bridges were often fords and ferries. Also gangplanks and floating bridges were in use. At less important places, e.g. for agricultural use only, are fords and ferries common till today. This paper is concerned with the history of fords, ferries and floating bridges in Northern Hesse. A research in local literature gave the examples of the region. The development from the rafts to the ferries is shown and the modern Hessian ferries at the Oberweser river are described. In particular a map and three pictures of the floating bridge in Kassel - which was in use between 1767 and 1800 - are presented and commented

1. EINFÜHRUNG

Ungehindert fließt heute der Verkehr über die Flüsse und Bäche in Nordhessen. Über hundert Brücken ermöglichen dies. Ein großer Teil von ihnen ist nach dem 2. Weltkrieg entstanden. Wie sahen die Querungen in Nordhessen vorher aus, bevor man Stege, Holz-

und Steinbrücken sowie Beton- und Stahlbrücken errichtete? Für die Flüsse Fulda und Werra wird dieser Fragestellung in diesem Beitrag nachgegangen.

Aus dem Mittelalter sind uns wenige sehr beeindruckende Bogensteinbrücken überkommen, eine der ältesten dürfte die Brücke in Kreuzburg an der Werra sein, die 1225 errichtet wurde (Metz 1976, Tafel 10). Aber auch die Brücke in Hann. Münden stammt aus dem 13. Jahrhundert, dendrochronologische Untersuchungen an Holzpfehlern ergaben die Jahreszahl 1280 (Wegner 1974, 21), wobei nicht sicher ist, ob es sich um Gründungspfähle der steinernen Brücke oder um Bestandteile eines hölzernen Vorläufers handelte. In der Regel kann man davon ausgehen, dass die heute überkommenen Bogensteinbrücken hölzerne Vorläufer hatten und die ständigen Schäden bei Hochwasser dazu führten, dass man eine teurere Bogensteinbrücke errichtete.

Der Beginn des Handelsverkehrs liegt jedoch sehr viel weiter zurück, er liegt in der Bronzezeit, ca. 3.000 Jahre v. Chr. . Der Anlass für den Handel war die Bronze, denn Zinn und Kupfer, die beiden Bestandteile der Bronze, fanden sich nicht in unmittelbarer Nähe. Man musste entweder das Zinn zum Kupfer oder das Kupfer zum Zinn bringen, das führte zu den ersten größeren Handelsbewegungen in Europa. Aus dieser Zeit wird vermutet, dass eine Handelsstraße westlich der Fulda und Weser existierte, die Ederfurten in Fritzlar dürften dabei eine wichtige Rolle gespielt haben. Ein wichtiges Handelsgut waren Bronzeschwerter, die von den Schmieden signiert wurden. Aus deren Funden lässt sich ein Handelsverkehr vom Rhein weit in die skandinavischen Länder und nach Russland nachweisen. Der Güterverkehr fand auf dem Land- und Wasserweg statt. Querungen von Gewässern hatten oft auch die Funktion von Umschlagplätzen (Troitzsch und Weber 1982, 14)

Transportmittel zu Lande

Der Transport zu Lande fand mit Lastenträgern, Packpferden und vierrädrigen Wagen statt, die von 4 bis 6 Pferden gezogen wurden. Befestigte Straßen gab es ostwärts des Limes in der Antike und im Mittelalter nicht.

Wasserverkehr

In der vorkarolingischen Zeit waren Flöße und Einbäume üblich. Sie wurden durch Staken oder durch Paddeln vorwärts bewegt. Die Wassertiefen in Fulda und Werra ließen die Möglichkeit des Stakens zu. In den von den Römern besetzten Gebieten wurde auch getreidelt. So ist uns aus dem 3. Jahrhundert n. Chr. eine Darstellung eines von Menschen getreidelten Schiffes überkommen, das an einem Grabmonument in Igel, einem kleinen Mosel Ort oberhalb von Trier, dargestellt ist. Die Igeler Säule wurde von einer wohlhabenden Tuchhändlerfamilie „Secundinii“ errichtet. Vermutlich handelt es sich deshalb auch bei den im Schiff transportierten Ballen um Tuche. Auch in der Mosella von Ausonius, die 41. bis 42 v. Chr. entstand, heißt es „und wie an den Ufern die Schiffer, in dem das Seil nie erschlafft, mit dem Nacken spannen die Stricke an den Masten“. Es ist nicht bekannt, ob diese Treideltechnik in Nordhessen vor der karolingischen Zeit angewendet wurde, möglich ist es, da die römische Armee verschiedentlich Vorstöße nach Osten unternommen hat (Deissner 2002, 32 + 33).

Über die Schifffahrt in karolingischer Zeit wissen wir auch nicht all zu viel. Da jedoch Karl der Große mit seinem Gefolge von Königshof zu Königshof zog, ist zu vermuten, dass er sowohl Transportmittel zu Lande, wie auch Transportmittel zu Wasser verwendete. Ein

Tansportmittel	Geschwindig- keit (km/Tag)	Tragkraft (kg)
Lastenträger ¹⁾	30	25
Packpferd ¹⁾	30	200
Wagen, vierrädrig vier bis sechs Pferde ¹⁾	20 ³⁾	1500
Wagen, vierrädrig vier bis sechs Pferde auf befestigter Straße ¹⁾	30 – 40 ³⁾	4500
Kutsche ¹⁾	60	800 ³⁾
Floß ²⁾	?	1000 bis 3500
Einbaum ²⁾	?	200 bis 1000
Schiffe bis 15 m Län- ge ²⁾	?	1500 bis 3500
Getreidelter Kanal- kahn ¹⁾	?	30 000

Anmerkungen:

1) (Troitzsch und Weber, 1982) S. 273 ff

2) (Eckoldt 1980) S. 20-22

3) vom Autor geschätzt

Tab. 1: Technische Daten zu den Transportmitteln

Beleg dafür ist die Existenz des Karlsgrabens, der in karolingischer Zeit entstand (Trögl 1995, 47-66). Es ist nahe liegend, dass an Flüssen, an denen häufiger Schiffe getreidelt wurden, mit der Zeit Zugtiere eingesetzt wurden und im Uferbereich ein Treidelweg angelegt wurde. Auch sind Unterhaltungsmaßnahmen, wie das Herausnehmen von großen Steinen oder das Beseitigen von Kiesbänken denkbar.

Die technischen Daten (Geschwindigkeit, Tragkraft) sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Ein Beispiel für die Reisen in dieser Zeit können wir der Lebensbeschreibung des Eigils entnehmen, der die Reisen des Sturmius hier in Nordhessen beschreibt (Neuhaus 1927, 15-17 und Eckold 1980, 79). Sturmius hielt sich 736 n. Chr. in Fritzlar auf und bekam den Auftrag von Bonifatius, einen geeigneten Platz für ein Kloster zu finden. Mit zwei Gefährten machte er sich zu Fuß auf den Weg und erreichte nach drei Tagen das heutige Hersfeld. Diese Reise war recht beschwerlich und erst 744 machte er sich erneut auf die Suche nach einem geeigneten Platz für ein Kloster, diesmal mit einem Boot und drei Personen. Sie fuhren die Fulda aufwärts und kamen bis Lüder, ca. 8 km nördlich des heutigen Fuldas. Dies dürfte die erste schriftliche Erwähnung der Schifffahrt auf der Fulda sein. Nachdem auch diese Reise erfolglos war, machte sich Sturmius allein auf einem Esel auf den Weg und fand endlich den Platz, auf dem später das Kloster Fulda errichtet wurde.

Wie konnte nun der Landverkehr einen Bach oder einen Fluss queren, so lange es keine Brücken gab? Grundsätzlich konnte das durch eine Furt, mit einem Floß oder einem Schiff geschehen (Abb. 1), wobei die Furt bis zur Neuzeit wohl die häufigste und gebräuchlichste Querung in Nordhessen war, weil die Bäche und Flüsse ausreichend Stellen mit Untiefen haben. Das Schiff, bis ein Jahrtausend v. Chr. eher ein kleines Fellboot oder ein Einbaum, konnte die Ladung von Lastenträgern oder Packpferden transportieren. Kam jedoch ein Wagen an, so lohnte sich das Umladen nicht, hier wurde ein Floß gebaut oder ein Floß

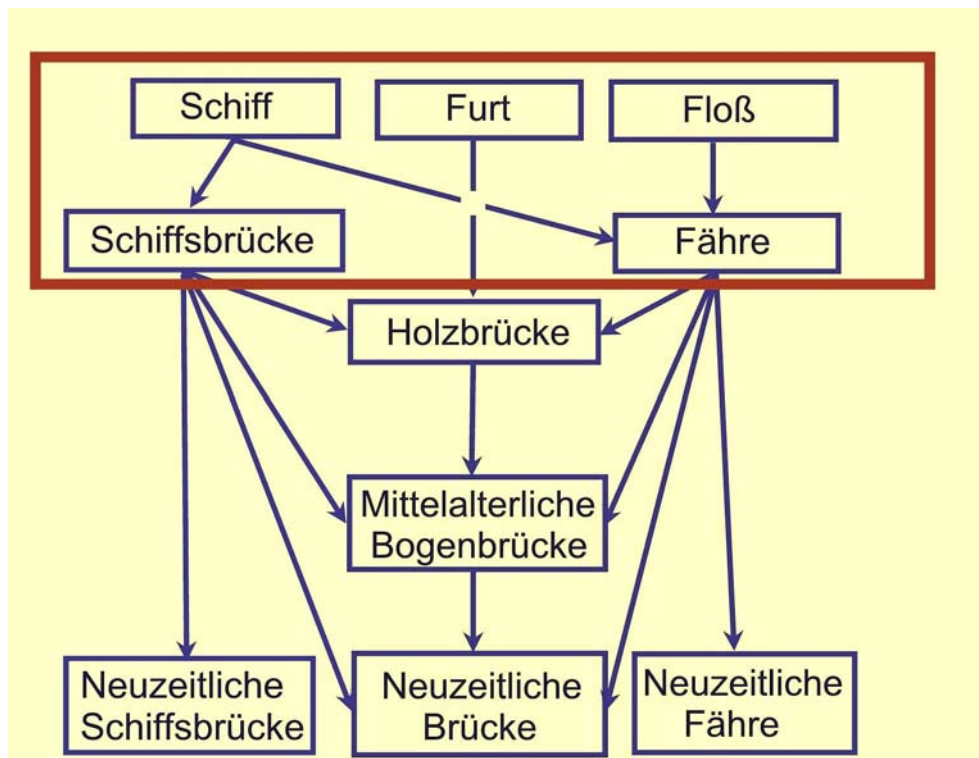


Abb. 1: Systematik der Querungen

vorgehalten, aus diesen Querungen entstanden die späteren Fähren. In diesem Zusammenhang sind auch die Schiffsbrücken zu nennen, die in der Regel zeitlich begrenzt – oft während militärischer Aktionen – gebaut wurden. Schiffsbrücken sind schon im Altertum verwendet worden. Als eine der frühesten ist eine Schiffsbrücke über den Bosphorus überliefert, die 513 v. Chr. von Darius I von Persien im Feldzug gegen die Skythen gebaut wurde (Feldhaus 1970, 153). Von Schiffsbrücken in der Antike und dem Mittelalter ist in Nordhessen nichts bekannt, es gibt jedoch in der Neuzeit einige Beispiele.

2. FURTEN

Im Rahmen dieses Aufsatzes konnten nicht alle Furten in Nordhessen recherchiert werden. Die Untersuchung beschränkte sich auf die Furten an Fulda und Werra. Grundsätzlich gibt es dafür drei Vorgehensweisen:

- Man geht von den topografischen Begebenheiten aus, in der Regel finden sich Furten unterhalb von Bacheinmündungen, da das Geschiebe des Baches sich im Fluss ablagert und dort zu geringen Wassertiefen führen kann. Auch in Auflandungsstrecken, in denen sich das Gewässer verzweigt, sind Furten zu vermuten.
- Man kann von den mittelalterlichen Verkehrswegen ausgehen, die vermutlich auf älteren Handelswegen beruhen und dort deren Querungen intensiver untersuchen,
- oder man kann in historischen Karten, hier sind insbesondere die Militärkarten in der Wende des 18. zum 19. Jahrhunderts von Interesse, nach eingezeichneten Furten suchen.

In dieser Arbeit wurde untersucht, welche mittelalterlichen Verkehrswege bekannt sind (Tab. 2) und dann gezielt an den Querungsstellen dieser Verkehrswege nachgeforscht. In der Abb. 2 sind die Verkehrswege dargestellt, wichtige Querungen sind eingekreist. In der Karolingerzeit entstanden an diesen Querungen befestigte Plätze zum Schutz der Furten gegen die Sachsen, z.B. leitet sich der Stadtname von Kassel = Chassalla von Castellum, dem befestigten Haus, ab. Gleichzeitig waren diese Orte Umschlagplätze für den Wassertransport. Häufiger befahrene Wasserläufe sind mit dickerer Strichstärke markiert. Aus dieser Funktion, die Furten gegen die ostwärts lebenden Sachsen zu schützen, erklärt sich, dass die Innenstädte durchweg auf dem westlichen Flussufer liegen. Angaben über Furten, Flöße, Fähren und hölzerne Brücken sind sehr spärlich. Manchmal erhält man einen Hinweis, wenn ein Ort oder ein Königshof den Besitzer wechselte. So ist in diesem Zusammenhang eine Urkunde aus dem Jahre 779 erwähnenswert, in der der Königshof Wehra (heutiges Bad-Sooden-Allendorf) an das Kloster Fulda überschrieben wurde. Es wird aufgeführt, dass dieser Königshof seine Einnahmen sowohl aus Salinen wie aus Zoll bezog. Dies könnte ein Hinweis auf die Werraschiffahrt sein, da häufig an solchen Stellen Zoll zu bezahlen war. Es kann sich aber auch um einen Zoll handeln, der an der Furt erhoben wurde. Da die Gewässer Königseigentum waren, musste oft für die Querung ein Zoll bezahlt werden (Stockhausen 2003, 15 + 16).

Die in der Literatur genannten Furten an Fulda und Werra sind in Tab. 3 zusammengestellt. Die Furt in Mecklar wird vermutet, weil in einer Stromkarte aus den Jahren 1596/1597 (Hess. StAM Bestand R III 7) in der Ortslage eine Klänge, eine seichte Stelle, eingezeichnet ist. Das einzige Bild, in dem die Nutzung einer Furt dargestellt wurde, ist in Abb. 3 wiedergegeben. Es handelt sich um die Furt in Großburschla an der Werra. Das Ölgemälde von 1826 ist leider nur als schlechte schwarzweiß Reproduktion vorhanden. Im Hintergrund ist das Gebäude des Kollegialstiftes St. Bonifatii, der 1670 nach Fulda verlegt wurde, zu sehen (www.grossburschla.de).

Ort	Gewässer	Furt
Bonaforth	Fulda	Hat seinen Namen von der Bohlenfurt ¹⁾
Wilhelmshausen	Fulda	¹⁾
Speele	Fulda	¹⁾
Spiekershausen	Fulda	"seit vorgeschichtlicher Zeit" ¹⁾
Mecklar	Fulda	Klänge 1596/97 ³⁾
Friedlos	Fulda	" es bestand eine natürliche Furt" ⁴⁾
Niederaula	Fulda	"eine erschlossenen Hauptfurt" ⁴⁾
Hann. Münden	Werra	Vorkarolingische Zeit eine Furt "Felsbarre" ¹⁾
An der Spiegelburg	Werra	Spätmittelalterlicher Handelsweg ¹⁾
Mündung des Glasebaches	Werra	Mittelalterlicher Übergang ¹⁾
Werrahof	Werra	"Scheint es in der Frühzeit . gegeben zu haben" ¹⁾
Schulzenrode	Werra	¹⁾
Hedemünden	Werra	Erste Erwähnung 1017 ¹⁾
Wendershausen	Werra	Lokale Benutzung durch die Landwirtschaft ²⁾
Werleshausen	Werra	Lokale Benutzung durch die Landwirtschaft ²⁾
Lindenwerra	Werra	Lokale Benutzung durch die Landwirtschaft ²⁾
Großburschla	Werra	Gemälde von 1826 ²⁾

Anmerkungen:

¹⁾ (Wegner 1994), ²⁾ (Lückert 1990), ³⁾ (Kurz, 1999), ⁴⁾ (Kurz 2003)

Tab. 3: Ergebnis der in der Literatur recherchierten Furten

Gewässer	Ort	Mittelalterliche Verkehrswege nach (Demandt 1972)
Weser/Fulda/Werra	Münden	Sonstige Abzweig: Göttingen-Hannover
Fulda	Kassel	Sonstige Mainz-Frankfurt-Göttingen-Hannover Abzweig nach Paderborn Westfälisch-Thüringischer-Oberfränkischer Raum
	Melsungen	Lange Hessen Köln-Siegerland-Eisenach
	Hersfeld	Kurze Hessen Frankfurt-Leipzig
	Fulda	Hohe Straße Frankfurt-Leipzig Bistümer Mainz-Fulda-Erfurt
Werra	Witzenhausen	Sonstige Westfälisch-Thüringischer-Raum
	Allendorf	Sonstige Abzweig in Fulda Richtung Göttingen-Hannover
	Eschwege	Köln-Siegerland-Eisenach
	Wahnfried	Köln-Siegerland-Eisenach

Tab. 2: Zusammenstellung mittelalterlicher Verkehrswege in Nordhessen

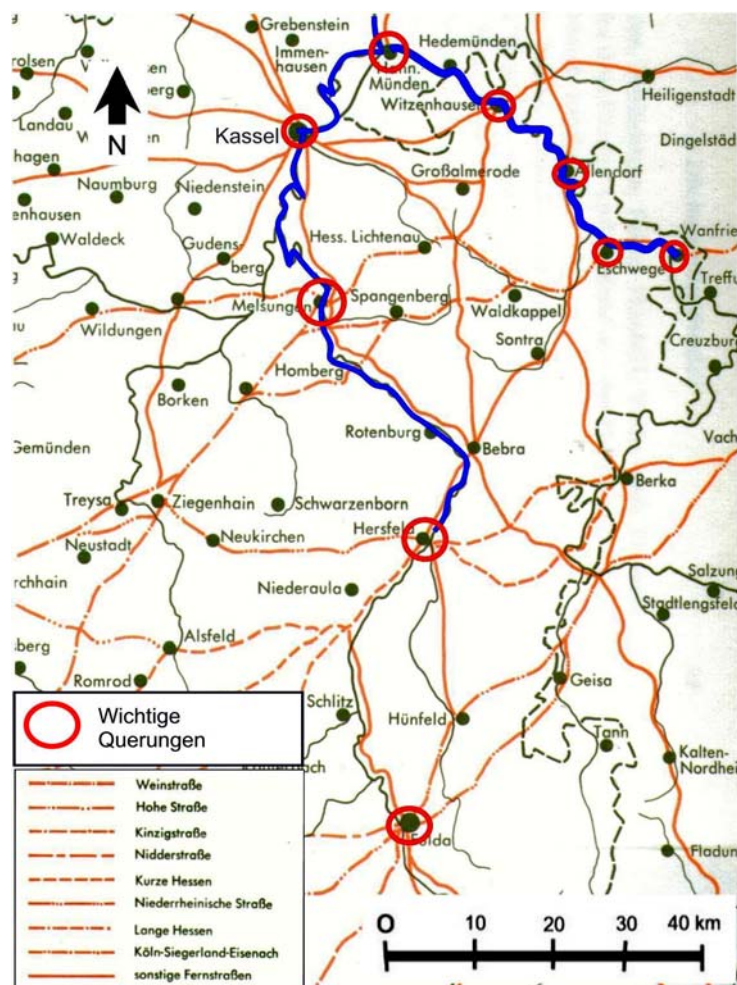


Abb. 2: Karte und mit den mittelalterlichen Verkehrswegen (Demandt 1972, 24)



Abb. 3: Furt in Großburschla an der Werra im Jahre 1826

3. FÄHREN

Im Brockhaus von 1910 findet sich unter dem Stichwort Führen folgender Text:

„Fähre, Anlage zur Vermittlung des Verkehrs zwischen zwei Ufern mittels flacher Schiffsfahrzeuge. Freifahrende F. werden durch Stangen, Ruder Segel oder Dampfmaschinen (Dampf-F.) bewegt. Seil- oder Ketten-F. benutzen von Ufer zu Ufer gespannte Seile oder Ketten, an denen entlang sich das Fahrzeug bewegt. Bei den fliegenden F. ist ein am Fahrzeug befestigtes Seil stromaufwärts verankert, und die Bewegung geschieht durch Schiefstellen des Fahrzeuges gegen die Stromrichtung; besteht das Schiff aus einer auf Booten ruhenden Plattform, so heißt es fliegende Brücke. Unter schwebender F. versteht man eine Plattform, welche mittels Drahtseilen an Rädern hängt, die auf einer Brücke von Ufer zu Ufer rollen.“

Dieser ausführliche Text zeigt bereits, dass vor ca. 100 Jahren die Fähre noch ein wesentliches Element zur Querung eines Gewässers war. Die Kosten für eine Brücke wurden, gerade für kleinere Gemeinden, noch nicht aufgebracht. In diesem Beitrag werden frei fahrende Fahren (Flöße), Seilfären und fliegende Fahren (Gierfären) behandelt.

Aus der Vorzeit sind wenige Funde von Fahren überliefert, einer stammt aus Tündern bei Hameln (Abb. 4). Dazu schreibt Ellmers: „Mit dem Gebrauch der Wagen kamen die Fahren, da brauchbare Furten selten und deshalb oft mit großen Umwegen verbunden waren“ (Ellmers 1987, 25 und Ellmers 1991). Die in Abb. 4 dargestellte Fähre besteht aus Einbäumen, die durch Balken miteinander verbunden sind und aus einer hölzernen Plattform, die aus Bohlen besteht, die mit Stricken an die Einbäume angebunden sind.



Abb. 4: Mittelalterliche Fähre

Eine Literaturrecherche an Fulda und Werra über bekannte Fährten ergab die Angaben in Tab. 4. Aus dem Mittelalter sind Angaben für die Fulda in Hann. Münden, Bonaforth und Spiekershausen überliefert. Inwieweit diese Fährten Flussfährten oder Seilfährten waren, ist nicht bekannt. Die ersten Seilfährten sind aus Hedemünden (1791) und Wahnfried (1844) bekannt (Abb. 5 und Abb. 6). Beide Fährten wurden erst im ausgehenden 19. Jahrhundert durch Betonbrücken (?) abgelöst. Beide Fährten scheinen den Strömungsdruck noch nicht zu nutzen, die Querbewegung wird durch ein kräftiges Ziehen des Fährmannes an dem Seil erreicht, wobei in Abb. 5 sogar der Fährmann nicht nur die Fähre quer bewegt, sondern auch das Gewicht der Fähre zu halten scheint. Dies mag aber an der ungenauen zeichnerischen Darstellung liegen.

Ort	Gewässer	Fähre	Hölzerne Brücke
Hann. Münden	Fulda	Obere Fuldafähre: Seit dem 12. Jhd. am Floßplatz, an der Kasseler Straße. Untere Fuldafähre: an der alten Laurentius Kapelle, am heutigen Weserpfad ¹⁾	Nicht bekannt, Stahlbrücke 1880, ¹⁾
Bonaforth	Fulda		Nicht bekannt, heute Steg über Wehranlage
Spiekershausen	Fulda	1356 Vergabe des Fährrechtes durch Herzog Ernst d. J. an die St. Petri Kirche zu Landwehrhagen ¹⁾	Nicht bekannt
Kassel	Fulda	Nicht bekannt	Erste Erwähnung 1336, Bogensteinbrücke 1509/1512 ²⁾
Melsungen	Fulda	Nicht bekannt	Nicht bekannt, Bogensteinbrücke 1595/96
Rotenburg	Fulda	Nicht bekannt	Nicht bekannt, "Alte Fuldabrücke" heute Steinpfeiler mit Stahlaufbau
Mecklar	Fulda	"Eine Fähre – das von der Gemeinde Mecklar zu unterhaltende Gemeindeschiff" ¹⁰⁾	Hölzerner Steg "In Ortslagenkarte von 1773" ¹⁰⁾
Friedlos	Fulda	"Eine gemeindeeigene Fähre diente.." ¹¹⁾	Hölzerner Steg über die Fulda ab 1804 ¹⁰⁾
Bad Hersfeld	Fulda	Nicht bekannt	"früh gebaute Brücken", Bogensteinbrücke auf Merianstich 1593-1650 ³⁾
Fulda	Fulda	Nicht bekannt	Nicht bekannt, Bogensteinbrücken Kohlhausbrücke, 10-böig: 1765 unter Fürstbischoff Heinrich von Bibra erbaut. Johannisbrücke: "eine der schönsten Fuldabrücken" ⁴⁾
Hann. Münden	Werra	Nicht bekannt	Vor 1280. Nach dendrochronologischen Untersuchungen ¹⁾ . Bogensteinbrücke im 13. Jhd. ⁴⁾ , Erwähnung in einer Urkunde von 1329 ¹⁾
Hedemünden	Werra	Abb. Von 1791 von Andreas Range ¹⁾ aus ¹⁾	Nicht bekannt, Betonbrücke(?) 1894 ¹⁾
Witzenhausen	Werra	Nicht bekannt	Nicht bekannt, Bogensteinbrücke 1608, "wurde 1930 und 1950 völlig überformt" ⁵⁾
Werleshausen	Werra	1896 Einrichtung einer Fähre ⁸⁾	Nicht bekannt Betonbrücke(?) 1880
Lindenwerra	Werra	Nicht bekannt	Nicht bekannt "Ehemalige Brücke Lindenwerra ?" ⁶⁾
Bad Sooden-Allendorf	Werra	Nicht bekannt	Nicht bekannt Dreiteilige Bogenbrücke Merian 1655 ⁵⁾
Eschwege	Werra	Nicht bekannt	1401 Nennung einer Brücke (?) ⁹⁾ Bogensteinbrücke: innere (3 Bögen) 1538, äußere (Zwei Bögen) 1557 ⁹⁾
Wahnfried	Werra	1844 neue Floßfähre ¹⁾	Nicht bekannt, Betonbrücke(?) 1886

Anmerkungen: ¹⁾ (Wegner 1994); ²⁾ (Holtmeyer, Band IV, 1923); ³⁾ (Neuhaus 1927); ⁴⁾ (Cropp 1991); ⁵⁾ (Großmann u.a. 1991); ⁶⁾ www.oberberg-forcheim.de/Flusslisten/Werra ⁷⁾ (Bintzer 1989); ⁸⁾ (Lückert 1990), ⁹⁾ Mitteilung des Stadtarchivs Eschwege, 10) (Kurz, o.J. a, S. 2), ¹¹⁾ (Kurz o. J. b S. 7)

Tab. 4: Die an Fulda und Werra recherchierten Fährten und hölzernen Brücken

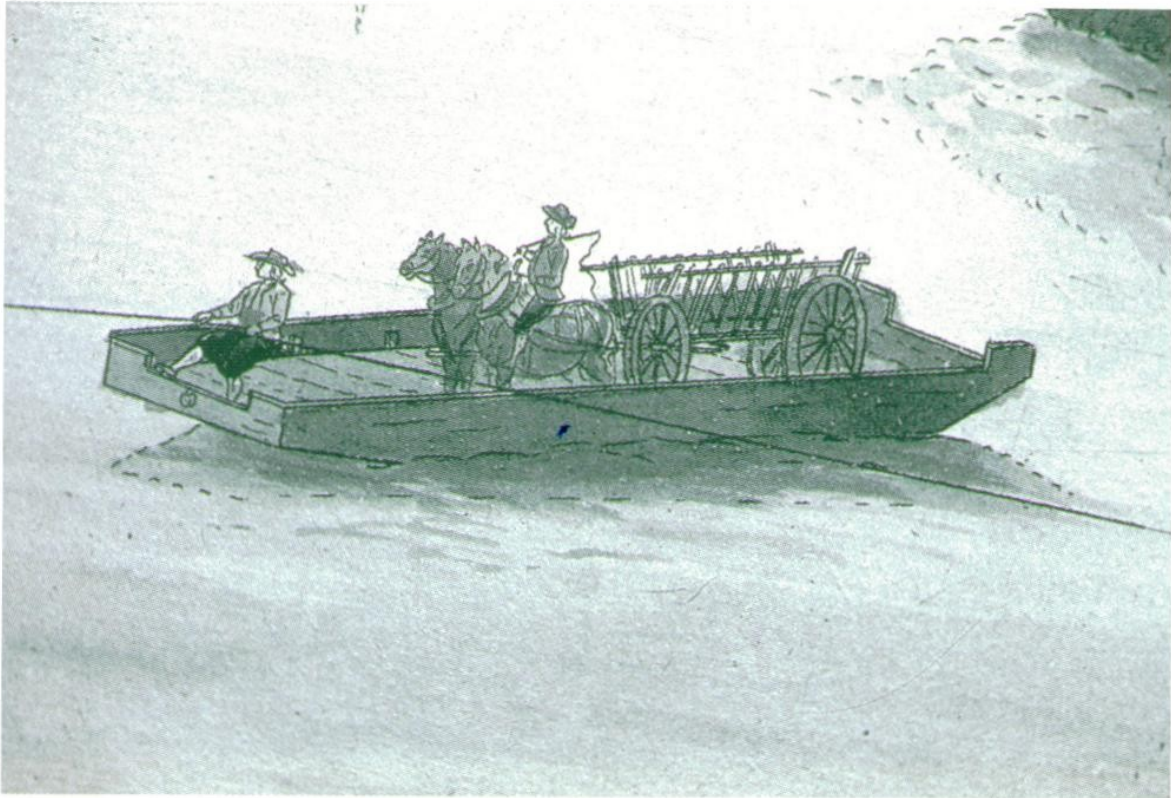


Abb. 5: Seilfähre in Hedemünden 1791 (Wegner 1994, 13)



Abb. 6: Seilfähre in Wahnfried 1886 (Lückert 1990, 226)

Fliegende Fähre (Gierfähre)

„Gieren“ kommt vom Niederländischen und heißt schräg. Mit diesem Schrägstellen wird erreicht, dass die Strömungskraft des Wassers die Fähre vorandrückt. In Abb. 7 ist das System einschließlich der angreifenden Kräfte dargestellt. Quer über den Fluss wird ein Seil gespannt, wie bei den Seilfähren. Bei schiffbaren Flüssen wird das Seil links und rechts an einem Mast befestigt, so dass Schiffe queren können, ohne dass das Seil gelegt werden muss.

An diesem Seil wird ein Pendelseil befestigt, an dem die Fähre hängt. Durch Staken und Steuern wird die Fähre schräg in den Strom gestellt, so dass eine Vortriebswirkung entsteht. Gierfähren sind heute noch in Betrieb, in der Regel ist jedoch das Pendelseil durch zwei Seile ersetzt worden. Je nach Bedarf kann ein Seil angezogen werden, oder es kann lose gegeben werden, so dass die Schrägstellung im Strom auf sehr viel einfacherer Weise erreicht werden kann. Wann solche Gierfähren erstmalig aufgetreten sind, ist nicht sicher feststellbar. Bei Feldhaus (1910) wird zitiert „Schiffsfähre, meist fliegende Brücke genannt. Unter Karl VI. von Frankreich (1388, 1422) gab es bei Commynes eine fliegende Brücke“. Neuzeitliche Gierfähren gab es in der Fulda oberhalb und unterhalb des Wehres in Münden. In Abb. 8 ist die Gierfähre oberhalb des Wehres mit Blick auf Münden (in Fließrichtung) dargestellt. Es handelt sich um ein Stammbuchkupfer von Ernst Riepenhausen aus der Zeit 1812 bis 1816. Das zwischen den Masten gespannte Hochseil verweist auf die Fuldaschiffahrt. Ungewöhnlich an der Darstellung sind Lage und Spannung des Hochseils. Das Hochseil hängt durch und die Fähre befindet sich flussaufwärts des Hochseils. Auch das zusätzliche Seil zum Ziehen der Fähre ist ungewöhnlich, vielleicht war die Strömung oberhalb des Wehres zu gering.

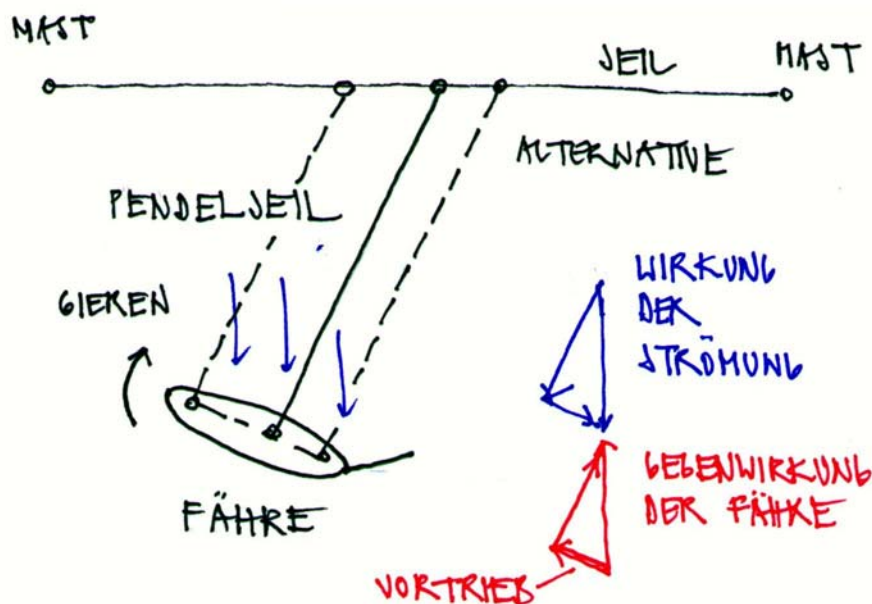


Abb. 7: System der Gierfähre einschließlich der angreifenden Kräfte

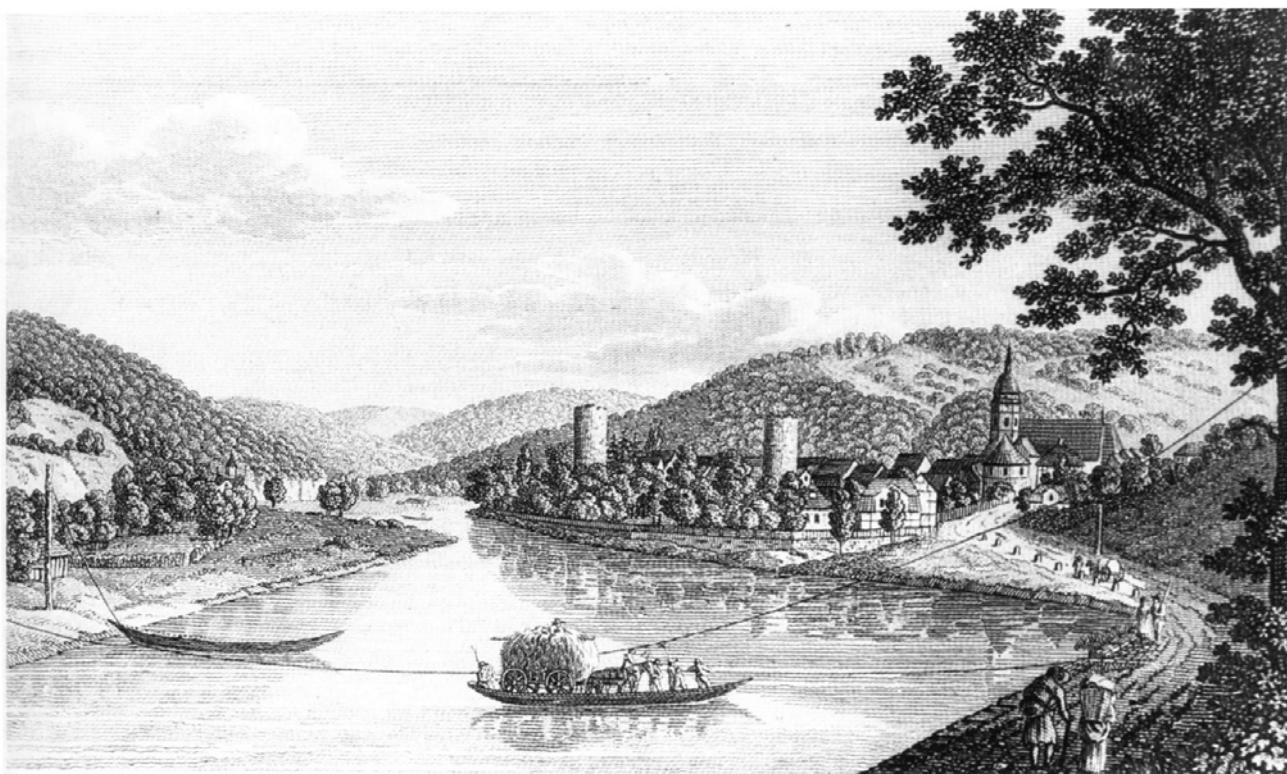


Abb. 8: Obere Fuldafähre in Münden um 1815 (Wegner 1994, 17)

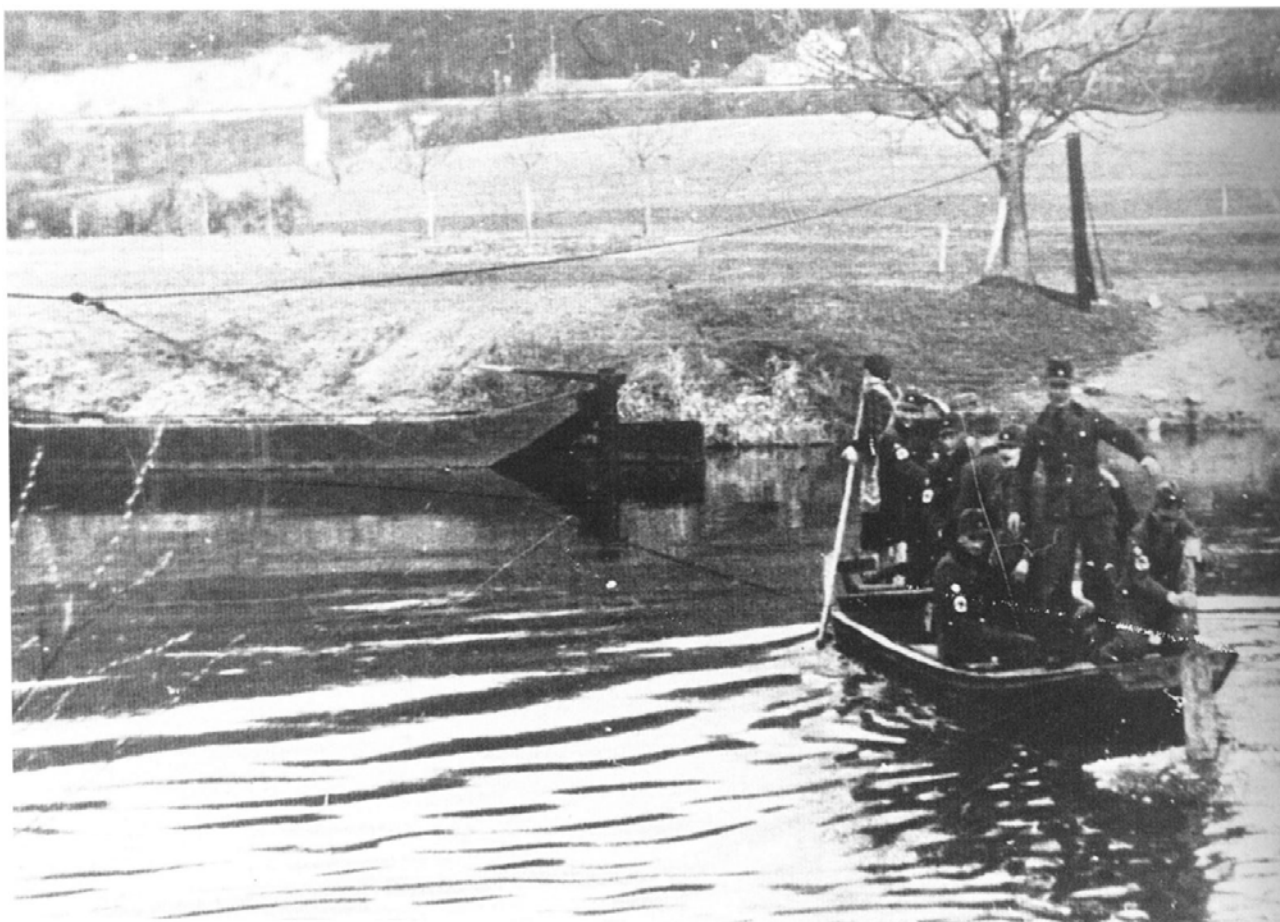


Abb. 9: Personenfähre zwischen Ermschwerd und Freudental 1937 (Lückert 1990, 230)

Bisher wurden nur Fähren erwähnt, die größer waren und Fahrzeuge über den Fluss gesetzt haben. Es gab jedoch auch eine Fülle von Personenfähren. Meistens wurden sie gerudert oder gestakt. Bei Lückert (1990) ist das Foto einer Personenfähre zwischen Ermschwerd und Freudental aus dem Jahre 1937 überliefert (Abb. 9). Bemerkenswert ist, dass diese Personenfähre als Gierfähre betrieben wurde, Hoch- und Pendelseil sind gut erkennbar. Betrieben wird sie von einer Fährfrau (vorne mit Stake).

An kleineren Flüssen, wie der Werra und Fulda, haben Gierfähren nicht überlebt, jedoch an mittleren Flüssen, wie der Weser und der Mosel. Insgesamt soll es in Deutschland über 50 Stück geben, dabei allein an der Weser 22 Stück. Eine Zusammenstellung der vorhandenen modernen Gierfähren an der hessischen Oberweser gibt Tabelle 5. In Abb. 10 ist die Fähre in Veckerhagen wiedergegeben. Deutlich sind die beiden Pendelseile zu erkennen, an der die Gierfähre hängt. Unten münden sie auf Trommeln, die elektrisch angetrieben werden. Vorne ist eine der beiden Klappen zum Auf- und Abfahren gut zu erkennen. Die Fähre ist von Hemeln nach Veckerhagen unterwegs, sie kommt auf den Betrachter zu, der Bug ist in die Strömung gedreht, die Fließrichtung der Weser ist von rechts nach links.

An großen Strömen war das Spannen eines langen Seiles von Mast zu Mast nicht möglich. Hier verankerte man das Pendelseil an der Flusssohle und führte es über kleine Boote oder unter Wasser an einer Reihe von Schwimmern hängend zu der Fähre (Lueger 1884, Band IV, 51).

Name der Fähre	Weser-km	Baujahr Werft	Eigentümer Reederei/Pächter	Tonnage (Mg)	Länge (m) Breite (m) Tiefe (m)	Passagiere	PKW
Wahmbeck 1)	?	1957 1937 (?) Arminius Werft, Bodenwerder	Gemeinde Bodenfelde ?	15	? ? ?	45	?
Lippoldsberg 1)	31,5	1981 Schiffswerft Bodenwerder, Oberweser	Land Hessen Gemeinde Lippoldsberg	16	? ? ?	45	3
Oedelsheim 1)	?	1997 Schiffswerft Barthel, Derben/Elbe	Gemeinde Oberweser	5 - 7	23/16 4 ?	45	2
Veckerhagen 1)	?	2000 Dock-Werft, Brandenburg-Plaue	Land Hessen Pächter: Reinhard Bolte	16	24,20/17 2) 7,30/6,50 2) 0,51/0,65 2)	45	6

Anmerkungen:

- 1) Aus faehrmann@binnenfaehren.de
- 2) Angaben des Pächters Reinhard Bolte

Tab. 5: Moderne Gierfähre an der hessischen Oberweser



Abb. 10: Die Fähre in Veckerhagen (Foto: Tönsmann 2005)

4. SCHIFFSBRÜCKEN

Die beiden wohl bekanntesten Schiffsbrücken in Deutschland waren die Schiffsbrücken in Mainz und Koblenz, sie waren sehr viel leistungsfähiger als die Fähren. Das Problem der Schiffsbrücken am Rhein begann mit der Motorschifffahrt. Während man früher hingegenommen hatte, dass ein Brückenteil mühsam mit Haspeln und Seilen heraus geschwommen wurde, um die Passage der Schiffe zu ermöglichen, genügte das in den Zeiten der Dampfschifffahrt nicht mehr. In Koblenz wurde daraufhin das Brückenteil, das man herausfahren musste, mit einem Dampfmaschinenantrieb versehen, so dass dies schnell geschehen konnte. Neben diesen stationären Schiffsbrücken auf großen Strömen gab es noch die Schiffsbrücken, die zu militärischen Zwecken kurzzeitig errichtet wurden. In Nordhessen sind insgesamt fünf Schiffsbrückenschläge bekannt (Abb. 11). Zwei im Rahmen des 7-jährigen Krieges um 1760: In Wahnfried durch die Preußen und in Hedemünden durch die Franzosen (Lückert 1990, 229 und Wagner 1994, 14). Weiterhin sind Fotos von einem Brückenschlag der Wehrmacht um 1940 in Hedemünden überliefert. Von den beiden Schiffsbrücken um 1760 gibt es keine Zeichnungen oder Gemälde. Abb. 12 zeigt die Pontonbrücke bei Hedemünden, die 1939 oder 1940 errichtet wurde (Lückert 1990, 237). Im linken Teil des Bildes sieht man eine kleine Seilfähre, die als Personenfähre genutzt wurde. Im Hintergrund ist ein Zeltlager der Hitlerjugend zu sehen, das vermutlich Ursache für diesen Brückenschlag war.



Abb. 11: Lage der früheren Schiffsbrücken in Nordhessen



Abb. 12: Bau der Pontonschiffsbrücke der Wehrmacht ca. 1939/1940 bei Hedemünden

Länger in Gebrauch, nach 1767 bis ca. 1800, war eine Schiffsbrücke in Kassel. Im Stadtplan von 1781 ist an Stelle der heutigen Drahtbrücke die Schiffsbrücke dargestellt (Abb. 13). Auf der linken Seite der Fulda befinden sich die Gärten der Orangerie, auf der rechten Seite der Fulda liegen Maulbeerplantagen, Obstgärten und ein kleiner Hafen mit umgebendem Park. Schräg gegenüber ist ebenfalls ein kleiner Hafen in der kleinen Fulda. Der Zugang zur Schiffsbrücke erfolgte von der Bellevuestraße über einer doppelte Serpentine und die Auebrücke (die früher auch Schiffsbrücke gewesen sein soll). Drei bildliche Darstellungen sind uns von dieser Schiffsbrücke überliefert, die älteste (Abb. 14) stammt von Johann Heinrich Münz aus dem Jahre 1780 (Brunner 1913, Tafel 16, 232). Es handelt sich um kleine Pontons, die Schiffsbrücke dürfte im Wesentlichen für Reiter und Fußgänger gewesen sein. Sie wurde evtl. nur im Sommer gebraucht und war vielleicht Nachfolger einer Personenfähre (Holtmeyer 1923, 776 + 777). Es handelte sich um eine Pontonbrücke der hessischen Pioniere, die dem Militär eine schnelle Querung der Fulda ermöglichte (mündliche Mitteilung von Herrn Wegner, Stadtmuseum Kassel).

Die nächste Abbildung ist ein Aquarell von Kobold aus dem Jahre 1793 (Abb. 15), die vor allem durch eine Lithografie von A. Specht (Abb. 16) im Jahre 1850, als die Schiffsbrücke schon nicht mehr bestand, bekannt geworden ist. Man sieht im Hintergrund das landgräfliche Schloss und man sieht die Schiffsbrücke mit ihren 12 Pontons. Auf der Lithografie von A. Specht sieht man deutlicher die zwei Säulen, die den Beginn der Schiffsbrücke bilden und zwei Taue, die evtl. Zugseile für eine Klappbrücke gewesen sein können. Eine Klappbrücke hätte auch die Passage der Fuldaschiffe ermöglicht. Im Vordergrund ist ein solcher Fuldabock zu sehen (Die Originale der Abb. 13 und 15 wurden freundlicherweise von Herrn Klaube, Stadtarchiv Kassel, zur Verfügung gestellt. Abb. 14 ist Brunner 1913, Tafel 16, 232 und Abb. 16 dem Umschlag von Brunner 1913 entnommen).

5. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Kunde über Furten, Fähren und Schiffsbrücken in Nordhessen in der Vorgeschichte sind äußerst gering. Archäologische Funde sind meines Wissens nicht bekannt. Erst in der karolingischen Zeit setzten schriftliche Zeugnisse ein, die Belege für die infrastrukturelle Entwicklung Nordhessens geben. Ganz anders ist die Situation westlich des Limes, dort liegen uns archäologische, schriftliche und bildliche Quellen vor. Hier sei nur an die Igeler Säule mit der dort dargestellten Treidelschiffahrt oder an das Gedicht von Ausonius erinnert. Man nimmt an, dass über den Limes hinweg ein reger Austausch von Handelsgüter und Ideen erfolgte.

Soweit man es jetzt beurteilen kann, wurden erst im Mittelalter Brücken gebaut, auch die Plankenboote, die die Einbäume ersetzten, kamen erst im Mittelalter auf und befestigte Straßen, die es im Rheingebiet seit den Römern gab, wurden erst in der Neuzeit in Nordhessen gebaut.

In der Literatur wird häufig eine Reihenfolge von der Furt zur Fähre, von der Fähre zur hölzernen Brücke, von der hölzernen Brücke zur Steinbogenbrücke beschrieben. Diese mögliche zeitliche und konstruktive Entwicklungslinie war in Nordhessen nicht erkennbar. Die Quermöglichkeiten Furt und Fähre existierten bis in die Neuzeit nebeneinander. Die Aufeinanderfolge von hölzernen Brücken und Steinbogenbrücken ist eher wahrscheinlich, weil die hölzernen Brücken bei Hochwasser durch Eisgang und den hohen Strömungsdruck oft zerstört wurden und deshalb folgerichtig eine hochwertigere haltbarere



Abb. 15: Schiffsbrücke 1793, Aquarell von Kobold



Abb. 16: Lithographie von Specht 1850, Ausschnitt, nach dem Aquarell von Kobold

Brücke ins Auge gefasst wurde. Diese Folge konnte jedoch aus der Literatur für Nordhessen nicht bestätigt werden. Insgesamt muss man sagen, dass zu diesem Thema keine Zeugnisse aus der Vorgeschichte existieren und auch die Kenntnisse aus dem Mittelalter sehr lückenhaft sind. Ob dies nun eine Forschungslücke ist, oder ob keine ausreichenden Belege vorhanden sind, lässt sich abschließend nicht sagen.

Literaturverzeichnis

- Brockhaus, 1910: Brockhaus' Kleines Konversations=Lexikon. Fünfte, vollständig neubearbeitete Auflage in zwei Bänden. Leipzig: F. A. Brockhaus.
- Brunner, Hugo, 1978: Geschichte der Residenzstadt Cassel. Reprint der Ausgabe von 1913. Frankfurt am Main: Verlag Wolfgang Weidlich.
- Deissner, Karoline, 2002: Unterwegs auf dem Fluss – Binnenschifffahrt in Rheinland-Pfalz. Mainz: Minister für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Rheinbau in Rheinland-Pfalz.
- Demandt, Karl E., 1980: Geschichte des Landes Hessen. Kassel: Johannes Stauda Verlag.
- Eckoldt, Martin, 1980: Schifffahrt auf kleinen Flüssen Mitteleuropas in Römerzeit und Mittelalter. Schriften des Deutschen Schifffahrtsmuseums, Band 14.
- Ellmers, Detlev, 1987: Frühe Schifffahrt auf Ober- und Mittelweser. Neue Forschungsergebnisse der Schiffsarchäologie. Aus: Bachmann, Jutta und Helmut Hartmann: Schifffahrt-Handel-Häfen. Beiträge zur Geschichte der Schifffahrt auf Weser und Mittellandkanal. Minden: Bruns Verlag. S. 17 – 50.
- Elmers, D. 1991: Fähre. In Reallexikon der Germanischen Alterumskunde. 2. völlig neubearbeitete und stark erweiterte Auflage. Berlin und New York: Walter de Gruyter.
- Feldhaus, Franz Maria Feldhaus, 1970: Die Technik – Ein Lexikon der Vorzeit, der Geschichtlichen Zeit und der Naturvölker. Unveränderte Sonderausgabe. München: Heinz Moos Verlag.
- Holtmeyer, A., 1923: Die Bau- und Kunstdenkmäler im Regierungsbezirk Cassel, Band IV, Kreis Cassel-Stadt. Marburg: N. G. Elwertsche Verlagsbuchhandlung.
- Kurz, Hans-Otto, 1999: Mecklarer Fuldabrücken – Über Furt, Fähre, Steg und Holzbrücke zur steinernen Brücke. Mein Heimatland. Monatliche Beilage zur Hersfelder Zeitung. Jahrgang 1999, Nr. 22, Band 38. Bad Hersfeld: Hoehl-Druck.
- Kurz, Hans-Otto, 2003: Friedloser Fuldabrücken. Furt, Fähre/Gemeindeschiff, Steg, Holzbrücke, Steinbrücke – Schifffahrt und Eisenbahn im Fuldatal. Mein Heimatland. Monatliche Beilage zur Hersfelder Zeitung. Jahrgang 2003, Nr. 12, Band 42. Bad Hersfeld: Hoehl-Druck.
- Löbe, Karl, 1969: Das Weserbuch, 2. Auflage. Hameln: Verlag CW Niemeyer.

- Lückert, Manfred, 1990: Die Werra. Historische Fotografien und Berichte. Landschaft und Leben am Fluß zwischen Thüringer Wald und Hann. Münden. Bad Sooden-Allendorf: Eigenverlag
- Lueger, Otto, 1884: Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften. 6 Bände. Stuttgart und Leipzig: Deutsche Verlags-Anstalt.
- Metz, Harald, 1999: Historische Ansichten aus alten Städten. Eschwege: Keitz + Fischer Druck GmbH.
- Neuhaus, Wilhelm, 1927: Geschichte von Hersfeld. Hersfeld: Hans Ott Verlag.
- Stockhausen, Joachim von, 2003: Hann. Münden und die Schifffahrt auf Werra, Fulda und Weser. Göttingen: Verlag Die Werkstatt.
- Trögl, Hans, 1995: Fossa Carolina: Die Geschichte eines Schifffahrtsweges vom Rhein zur Donau. Aus: Frank Tönsmann (Hrsg.): Zur Geschichte der Wasserstraßen, insbesondere in Nordhessen. Kasseler Wasserbau-Mitteilung, Heft 4/1995, Herkules Verlag Kassel. Seite 47 bis 66.
- Troitzsch, Ulrich und Wolfhard Weber, 1982: Die Technik – von den Anfängen bis zur Gegenwart. Braunschweig: Georg Westermann Verlag.
- Wegner, Rudolf, 1994. Furten, Fähren, Brückenschläge im Raum Hann. Münden. Zur Geschichte und Technik der Flussübergänge über Werra, Fulda und Weser. Sydekum-Schriften zur Geschichte der Stadt Münden. Herausgegeben vom Heimat- und Geschichtsverein Sydekum e.V. Hann. Münden: Eigenverlag.

AUF FESTEM WEGE ÜBER DIE FULDA

Zur Geschichte des Brückenbaues in Kassel

von

Albrecht Hoffmann

Prof. A. Hoffmann, Vogelsbergstr. 20, D-35043 Marburg
Tel.: +49 6421/42664; E-mail: Prof.Hoffmann@gmx.net
Homepage: <http://www.wasserarchiv.de>

ZUSAMMENFASSUNG

Die Geschichte der Fuldabrücken in Kassel (HOLTMAYER 1923; DANZIGER 1964) steht in enger Verbindung mit dem technischen Fortschritt, der in früher Neuzeit im Brückenbau einsetzt, wie auch mit der Entwicklung Kassels, von einer Fürstenresidenz zu einer regionalen Industriemetropole. Im späten Mittelalter genügt den Bürgern zur Überquerung der Fulda eine einfache Straßenbrücke, die auf hölzernen Jochen ruht. Sie wird später durch massive Bauweisen ersetzt. Weitere über die Fulda führende Brücken gibt es in Kassel zunächst nicht, wohl aber Fähren und Schiffsbrücken, behelfsmäßige Überwege, die bei drohender Hochwassergefahr entfernt werden müssen. Der erste feste Fußgängersteg über die Fulda ist eine Hängebrücke, die 1870 errichtet wird.

Summary

The history of the bridges at the Fulda river in Kassel (Holtmeyer 1923;Danziger 1964) is presented and closely connected with the technical progress, which started in the modern history in bridge construction as well as with the development of Kassel from a royal residence to a major industrial city. In the late Middle Ages crossing the Fulda on a light wooden bridge satisfied the citizens. Later on – especially between 1350 and 1512 - this first construction was replaced by more solid structures. For many years no more bridges were built, when ferries, floating bridges and makeshift crossings, which had to be removed before floods were preferred. The first footbridge over the Fulda river is a suspension bridge, which was erected 1870.

1. STRASSENBRÜCKEN ÜBER DIE FULDA

Die erste feste Fuldabrücke, die im späten Mittelalter die Kasseler Altstadt mit der Unterneustadt verbindet, ist eine einfache Holzkonstruktion. Sie wird 1346 bei einem Hochwasser zerstört und vier Jahre später durch eine neue Holzbrücke ersetzt, die auf vier gemauerten Zwischenpfeilern ruht. 1505 verursacht ein erneutes Hochwasser großen Schaden, so dass ein gänzlich neues Brückenbauwerk errichtet werden muss. 1509 wird bei abgesenktem Fuldawasserspiegel mit der Gründung der Brückenpfeiler in offener Baugrube begonnen. 1512 ist das aus vier gemauerten Rotsandsteinbögen bestehende Brückenbauwerk fertig gestellt (HERMSDORFF 1971; FLACK 1999). Im Laufe der Zeit entsteht eine Reihe von Brückenaufbauten, in denen Kaufläden und öffentliche Einrichtungen untergebracht sind (Abb. 1 unten).

Da die Pfeilerfundamente zu flach gegründet sind, treten in der Folgezeit Setzungen auf, die das Bauwerk gefährden. 1775 wird versucht, dem durch Beseitigung einiger Aufbauten, darunter das Brückentor und zwei kleine Brückenhäuser, zu begegnen, ohne allerdings Erfolg zu haben (HERMSDORFF 1988). Daraufhin wird 1788 rund 50 m weiter flussab mit dem Bau einer neuen Rotsandsteinbrücke begonnen, die rund 80 m lang und 12 m breit ist. Die Brückenpfeiler werden dieses Mal ausreichend tief und sicher auf Pfahlrosten gegründet. Auch wird ihre Zahl von ursprünglich drei auf nur noch zwei verringert, so dass keiner der Pfeiler mehr den starken Strömungen in Flussmitte ausgesetzt ist. Der Neubau erhält zu Ehren des regierenden hessischen Landgrafen Wilhelm IX. (1743-1821, seit 1803 Kurfürst Wilhelm I.) den Namen Wilhelmsbrücke (HERMSDORFF 1964).

Geistiger Schöpfer der Wilhelmsbrücke ist der landgräfliche Baumeister Johann Andreas Engelhardt (1745-1813), der damals unter Oberaufsicht von Simon Louis Du Ry (1726-1799) auch die Bauarbeiten leitet (ELLWARDT 2000). Mit der repräsentativen Gestaltung der Umgebung der beiden Brückenhäupter ist der Hofarchitekt Heinrich Christoph Jussow (1754-1825) befasst (JUSSOW 1999, S. 296). Als die Arbeiten 1793 weitgehend abgeschlossen sind, kann die unmittelbar vorm Einsturz stehende alte Fuldabrücke außer Dienst gestellt und abgerissen werden (Tab. 1). Die Konstruktion der Wilhelmsbrücke erscheint im Vergleich zum Vorgängerbau schlanker (Abb. 2). Sie ist Ausdruck neuer wissenschaftlicher Bemessungsmethoden, die damals unter Einfluss französischer Bauingenieure zunehmend das Bauwesen bestimmen (STRAUB 1964, S. 179 ff.). Davon zeugt auch das Handbuch der Brückenbaukunde (Abb. 3), das der Kasseler Bauingenieur Christian Potente (1794-1863) auf der Grundlage eigener langjähriger Erfahrungen und unter Mitarbeit zweier jüngerer Kollegen – Ludwig Bücking (1813-1900) und Georg Rudolph (1813-1897) - ein halbes Jahrhundert später veröffentlicht (HOFFMANN 2005, S. 231).

Vor 1336	Einfache Holzkonstruktion über die Fulda
1342	erhebliche Brückenschäden durch Hochwasser
1346	neue Holzbrücke auf vier gemauerten Zwischenpfeilern
1411	umfangreiche Sanierungsarbeiten
1505	Erhebliche Brückenschäden durch Hochwasser
1509-12	Neubau aus massivem Bogenmauerwerk auf drei Zwischenpfeilern
1552	großes Hochwasser ohne nennenswerte Brückenschäden
16. Jh.	Brückenaufbauten
17./18. Jh.	Setzungen an den Zwischenpfeilern des Brückebauwerks
1775	Abriss eines Teils der Aufbauten zur Entlastung der Brückenpfeiler
1785	Weiterer Verfall des Brückenbauwerks
1788-94	Bau einer neuen Fuldabrücke (Wilhelmsbrücke) 50 m weiter flussab
1793	Abriss der alten Fuldabrücke
1908	Bau einer Stahlbrücke (Hafenbrücke über die Fulda, u. a. auch als Voraussetzung für anstehenden Neubau der Fuldabrücke)
1909-10	Abriss der gemauerten Fuldabrücke und Bau einer Brücke in Beton
1945	Sprengung der Fuldabrücke durch die Wehrmacht
1946-48	Wiederaufbau der Fuldabrücke in Verbundbauweise
1979-81	Ausbau und grundlegende Sanierung der Brücke

Tab. 1: Chronologie zur Geschichte der Fuldabrücke (Wilhelmsbrücke) in Kassel

Diese Maßnahmen sind Teil eines städtebaulichen Entwicklungskonzeptes, das der damalige Kasseler Stadtbaurat Paul Höpfner (1857-1929) verfolgt und neben einer zeitgemäßen innerstädtischen Verkehrserschließung auch einen nachhaltigen Schutz für den überschwemmungsgefährdeten Bereich der Kasseler Unterneustadt vorsieht. Ein wesentlicher Aspekt ist dabei, dass neben dem Bau eines absenkbaren Walzenwehres in

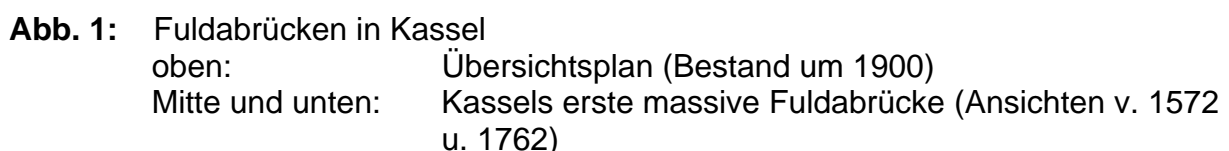




Abb. 2: Die Fulda- oder Wilhelmsbrücke (1893-1909)
 oben: Darstellung um 1800
 unten: Fotografie um 1900

Praktisches Handbuch
der
Brückenbaukunde
in ihrem ganzen Umfange,
besonders der
geraden und verschobenen Brückenbögen,
sowie
Darstellung des Steinschnitts, Tragfähigkeit der Materialien,
welche von der Natur gebildet oder künstlich erzeugt sind,
nebst
den sonst zu beobachtenden Gleichgewichtsverhältnissen;
vorzüglich
für Baumeister, Ingenieure des Straßen- und Brückenbaues, Steinmetzen und
Maurer, sowie zum Unterrichte für höhere Gewerbe- und Handwerkschulen.
Von
Ch. Potente,
Kurfürstlich Hessischem Provinzial-Wasserbaumeister.
Mit neunzehn Tafeln Abbildungen.
Kassel.
Verlag der J. Luchardt'schen Buchhandlung.
1844.

Abb. 3: Titelblatt des Brückenfachbuches (1844)
von Christian Potente (1794-1863)

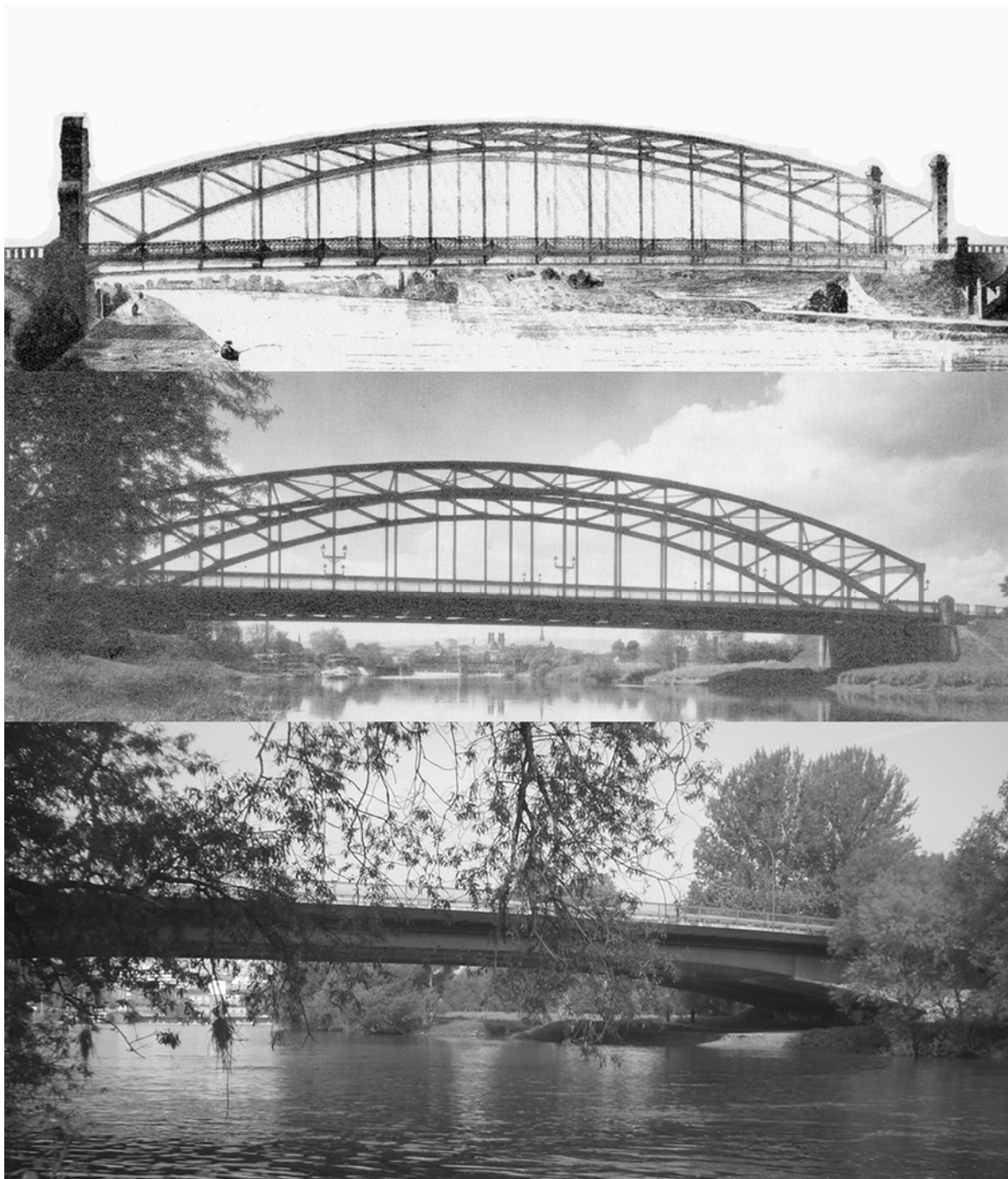


Abb. 4: Die Hafenbrücke in Kassel
 oben: Brückenansicht nach Entwurf (1907)
 Mitte: 1. Hafenbrücke (1908-1957)
 unten: 2. Hafenbrücke (seit 1957)

der Fulda die alte Wilhelmsbrücke mit ihren drei Bögen durch einen pfeilerlosen einzigen Brückenbogen ersetzt werden soll. Für diesen Neubau sowie für die Hafenbrücke findet 1906 ein Ideenwettbewerb statt (LANDSBERG 1907). Den Auftrag zum Bau der Hafenbrücke erhält schließlich der Stahlbauunternehmer Louis Eilers (1844-1917) in Hannover, der gemeinsam mit dem Kasseler Architekten Johann Roth (1861-1911) den Plan unterbreitet hat, die Fulda mit einer bogenförmigen Fachwerkkonstruktion aus Stahl ohne Zwischenpfeiler zu überspannen (Abb. 4 oben). Nach ihrer Fertigstellung in 1908 erfüllt die Brücke ein halbes Jahrhundert lang ihren Zweck und überdauert unbeschadet den 2. Weltkrieg (BRAAS 1986). Als die Brücke in den letzten Kriegstagen von deutschen Truppen gesprengt werden soll, weiß dies ein Anlieger, der Wäschereibesitzer Konrad Jacob (1895-1849), durch beherztes Eingreifen zu verhindern (FREDRICH 1980). Erst 1957 wird sie durch einen Neubau ersetzt (Abb. 4 unten).

Trotz des Ideenwettbewerbs findet sich zunächst noch keine Lösung für den Nachfolgebau der Wilhelmsbrücke, der die Kasseler Stadtväter vorbehaltlos zustimmen könnten. Es ist schwierig, neben den hohen Anforderungen, die eine pfeilerlose Brückenkonstruktion stellt, auch den städtebaulichen Belangen Rechnung tragen zu wollen. Die Entscheidung fällt schließlich im Frühjahr 1909 durch die Kasseler Stadtverordneten zugunsten einer flachen bogenförmigen Betonkonstruktion von rund 60 m Länge und 12 m Breite, die sich harmonisch in das bestehende historische Stadtbild einfügen lässt (Abb. 5). Der entsprechende Bauentwurf stammt von Ludwig Schage (1874-1931), einem norwegischen Bauingenieur, der bei der Stadt Kassel angestellt ist.

Während der Verkehr nach Abriss der alten Wilhelmsbrücke über die zuvor fertig gestellte Hafenbrücke geleitet wird, entsteht 1909/10 mit einem Kostenaufwand von 625 000 Reichsmark das neue Brückenbauwerk (HERMSDORFF 1985). Doch nur wenige Jahrzehnte später geht es in den Wirren 2. Weltkrieges unter. Zunächst wird es im Sommer 1944 durch feindliche Fliegerbomben schwer in Mitleidenschaft gezogen, kann aber trotz der Schäden zunächst weiterhin benutzt werden, bis es dann schließlich wenige Wochen vor Kriegsende am 1. April 1945 von deutschen Truppen gesprengt wird (FLACK 1999).

Nach dem Kriege wird die Brücke in gleicher Form, allerdings mit einer um 50% breiteren Fahrbahn und in einer neuartigen Verbundbauweise aus Stahl und Stahlbeton wieder aufgebaut. Bereits am 1. November 1948 kann die Brücke in Betrieb genommen werden (MENGEL 1988). Nach einer grundlegenden Erneuerung in den Jahren 1979/81, die mit einer Verbreiterung der Fahrbahn einhergeht, bildet sie auch noch weiterhin die innerstädtische Hauptverkehrsader über die Fulda (Abb. 6 unten). Daneben besteht außer der Hafenbrücke, die auf Grund ihrer verminderten Tragfähigkeit zur Zeit nicht mehr in vollem Umfang zur Entlastung des innerstädtischen Verkehr beitragen kann, als dritte städtische Straßenbrücke über die Fulda noch die Damaschkebrücke. Sie ist bereits vor dem 1. Weltkrieg im Gespräch gewesen, wegen der lange Zeit ungeklärten Kostenträgerschaft aber erst in den Jahren 1961/62 errichtet worden. Sie ist benannt nach dem Bodenreformer Adolf Damaschke (1865-1935).

2. DIE DRAHTBRÜCKE UND IHRE VORLÄUFER

Lange Zeit lassen sich Brückenbauwerke nur entweder in Holz oder in Mauerwerk errichten. Ein grundlegender Wandel tritt erst in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts ein, als erstmals in England mit Erfolg hochwertiges Gusseisen zum Brückenbau verwendet wird (HONG 1994, S. 39). Eisenbrücken entstehen wenig später auch auf dem europäi-

schen Festland (BERNHARD 1986). Kassels erste gusseiserne Brücke ist die vom kurfürstlichen Oberbaumeister Johann Conrad Bromeis (1788-1854) entworfene Teufelsbrücke, die 1826 im Schlosspark Wilhelmshöhe errichtet wird (BROMEIS 1988, S. 24). Allerdings bleibt sie ein Einzelfall, da zunächst keine weiteren Brückenbauten dieser Art in Kassel und im weiteren Umland entstehen. Zu den ersten größeren Eisenbrücken, die dann später folgen, gehört die 1863/65 von Henschel & Sohn bei Hersfeld errichtete Eisenbahnbrücke über die Fulda. Sie steht heute allerdings nicht mehr, nachdem sie 1925 durch einen Neubau ersetzt worden ist. Das Schwergewicht der Fertigung liegt bei Henschel & Sohn schon damals auf dem Gebiet des Lokomotivbaues, während der Eisen- bzw. Stahlbau im Vergleich dazu praktisch keine Rolle mehr spielt. So ist es auch nicht verwunderlich, dass dann später in 1908 der Bau der stählernen Hafenbrücke in Kassel nicht von Henschel ausgeführt wird.

Mit der Einführung des Baustoffes Eisen in den Brückenbau wird noch eine weitere technische Entwicklung begünstigt, und zwar der Bau von Hängebrücken aus schmiedeeisernen Kettengliedern bzw. zugfesten Drahtseilen. Einer der ersten, der sich mit dieser neuartigen Technik näher befasst, ist der Weilburger Bauingenieur Johann Ludwig Leidner (1756-1828). Um die Stadt Weilburg mit dem notwendigen Wasser versorgen zu können, muss er mehrere Rohrleitungen über die Lahn hinwegführen und errichtet dazu 1784/85 eine Kettenbrücke, d. h. eine Hängebrücke aus Eisenketten, mit einer Spannweite von 40 m (HOFFMANN 2005, S. 185). Diese Brücke, die bis 1934 bestanden hat, gehört gemeinsam mit einem bereits 1741 in der Nähe von Winch/Durham errichteten einfachen Kettensteg (WERNER 1973, S. 11) zu den ersten Eisenbrücken dieser Art überhaupt. Die erste größere Kettenbrücke baut 1796 der amerikanische Ingenieur James Finley (1782-1828) in Pensylvanien/USA (JURECKA 1979, S. 179). Ihr folgen nach der Jahrhundertwende weitere Anlagen, darunter auch die 1824 von Konrad Georg Kuppler (1792-1842) in Nürnberg errichtete Kettenbrücke über die Pegnitz (SLOTTA 1975, S. 412).

Ein weiterer deutscher Ingenieur, der sich damals mit Kettenbrücken befasst, ist der junge Ingenieur Gottfried Bandhauer (1791-1837). Von dessen Plan, bei Nienburg/Anhalt eine Kettenbrücke über die Saale zu bauen, erfährt Anfang 1824 auch Goethe im rund 100 km entfernten Weimar, der sich daraufhin durch den Hofbaudirektor Clemens Coudray (1775-1845) über die neue Technik unterrichten lässt. Wenige Monate nach ihrer Fertigstellung stürzt die Nienburger Brücke – während eines Festes unter der Last einer begeisterten Menschenmenge in Schwingungen geraten - ein und reißt 44 Personen in den Tod (SIEBERT 1900). Goethe erfährt davon und versucht in einer Gesprächsrunde mit Coudray und weiteren Gästen, die Ursache des Unglückes näher zu ergründen (HOFFMANN 2000).

Auf Grund mangelnder Erfahrungen bergen Hängebrücken damals Risiken in sich, wie weitere Unfälle zeigen. So bricht 1820 eine von Samuel Brown (1776-1852) bei Berwick/Schottland über den Teed gebaute Hängebrücke zusammen. Eine andere in Paris über die Seine führende Hängebrücke muss noch vor der Fertigstellung wieder abgetragen werden, nachdem sich einer der Pylone gesetzt hat. Allerdings können solche Schadensfälle den Siegeszug der neuen Technik nicht aufhalten, sondern tragen zur Erforschung der Ursachen und zu konstruktiven Verbesserungen bei. 1837 baut der Ingenieur Georg Wendelstadt (1790-1860) in Hameln die erste Kettenbrücke des Wesergebietes (Abb. 7 oben). Zuvor allerdings wird das in Frage kommende Eisenmaterial einer eingehenden Prüfung unterzogen. Diese Aufgabe übernimmt der Kasseler Unternehmer Carl Anton Henschel (1780-1861), der 1834 in einer Reihe von Experimenten das Elastizitäts-

und Festigkeitsverhalten des Eisens näher untersucht. Ihm schaut dabei eine Kommission aus namhaften Fachleuten zu, die eigens zu diesem Zweck nach Kassel angereist sind [LOTZE 1999]. Dass Material erweist sich als einwandfrei, so dass die Brücke nach ihrem Bau ohne größere Schäden lange Zeit steht. Sie wird in den letzten Tagen des 2. Weltkrieges gesprengt (MEYER-HERMANN 1970). Zwei Jahrzehnte nach Bau der Hamelner Kettenbrücke entsteht eine weitere Kettenbrücke an der Porta Westfalica (DROSTE 1982).

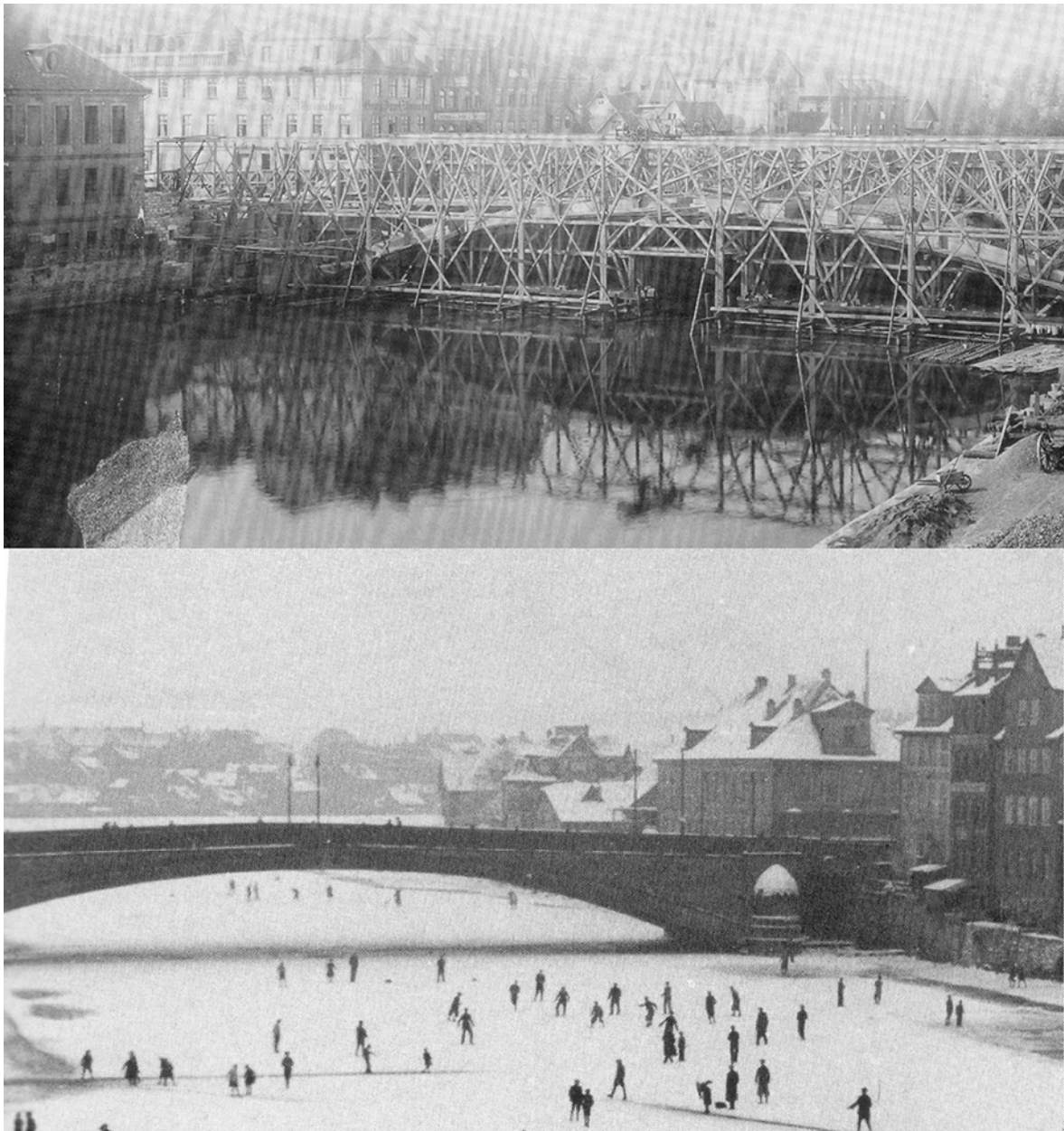


Abb. 5: Die Fuldabrücke aus Beton (1910-1945)
oben: im Bauzustand (1910)
unten: mit vereister Fulda im Winter 1928/29



Abb. 6: Die Fuldabrücke vor und nach dem 2. Weltkrieg
 oben: vor den Bombardierungen
 unten: nach dem Wiederaufbau

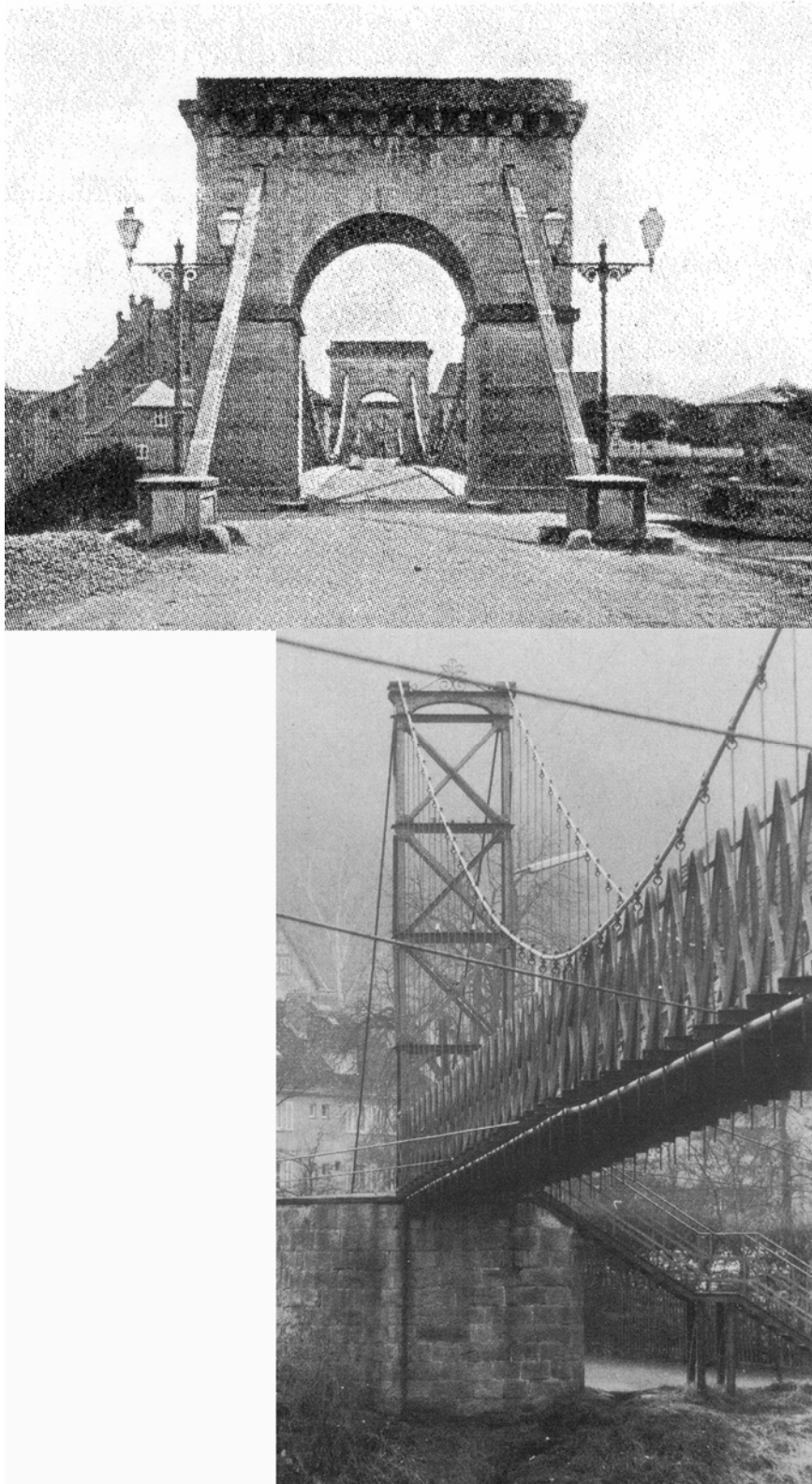


Abb. 7: Ketten- und Kabelbrücken im Wesergebiet
 oben: Kettenbrücke in Hameln (1837-1945)
 unten: Kabelbrücke in Hann. Münden (seit 1898)

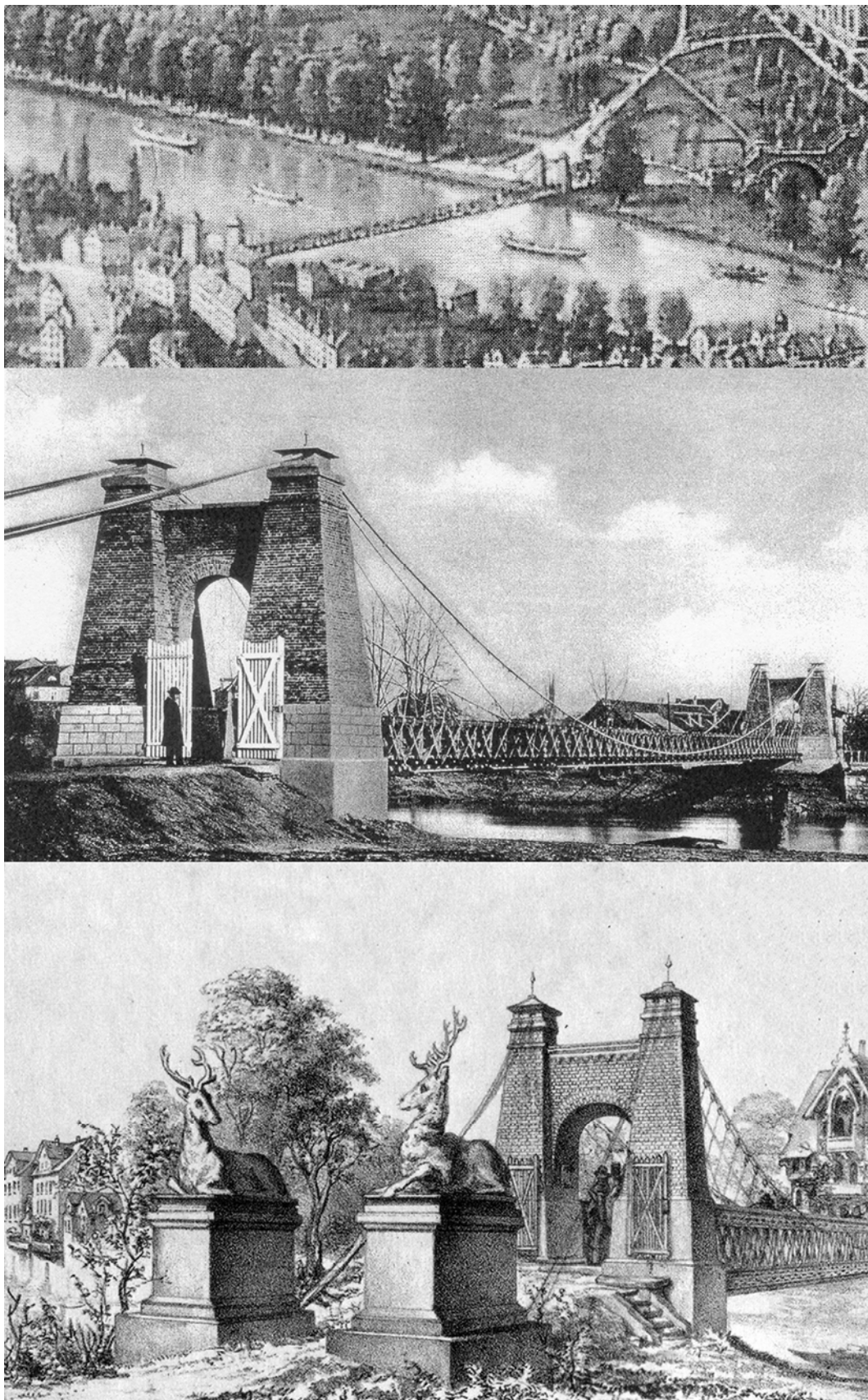


Abb. 8: Die Drahtbrücke in älterer Zeit (oben)
 Mitte: Brücke mit Wärterhäuschen (um 1880)
 unten: Tierplastiken am Brückenhaupt (um 1880)

Eine technische Weiterentwicklung und Alternative zum Kettentragwerk ist die Drahtkabelbrücke, wie sie erstmals 1816 in den USA und wenig später auch in Europa, und zwar 1823 von Henri Dufour (1787-1875) und Marc Seguin (1786-1875) in Genf, konstruiert wird (WAGNER 1987). Einen Meilenstein bildet die 1834 von Joseph Chaley (1795-1861) in Fribourg errichtete Seilbrücke über die Soane. Es dauert aber noch dreieinhalb Jahrzehnte, bis diese in der Schweiz bewährte Bauweise auch in nördlicheren Regionen Verbreitung findet (Tab. 2). Ein erstes Beispiel ist die so genannte Drahtbrücke (Kurzbezeichnung für Drahtkabelbrücke) in Kassel, die als Fußsteg über die Fulda führt. Ihr folgen bis zum Jahrhundertende weitere Seil- oder Kabelbrücken (Abb. 7 unten), u. a. über die Fulda bei Hann. Münden (WEGNER 1994, S. 54 ff.) und über die Lahn bei Oberbiel, folgen (SLOTTA 1975, S. 410 f.).

Jahr der Inbetriebnahme	Brückenbauwerk (mit Namen des Erbauers)	Brückenlänge (und Anzahl Der Felder)
1785	Kettenbrücke über die Lahn in Weilburg (Leidner)	40 m (1)
1823	Drahtseilsteg in Genf (Dufour/Seguin)	82 m (1)
1824	Kettensteg über die Pegnitz in Nürnberg (Kuppler)	(1)
1824	Kettenbrücke bei Schloss Strassnitz/Mähren (Schnirch)	(1)
1824	Seilbrücke über die Rhône bei Tournon (Seguin)	178 m (2)
1825	Kettenbrücke über die Donau in Wien (Schnirch)	71 m (1)
1825	Kettenbrücke über die Saale in Nienburg/Anhalt (Bandhauer)	(1)
1826	Kettenbrücke über die Seine in Paris (Navier)	150 m (1)
1827	Kettenbrücke in Malapane/Oberschlesien	30 m (1)
1828	Kettensteg über den Donaukanal in Wien (Schnirch)	95 m (1)
Entwurf einer Kettenbrücke über die Lenne in Finntrop (Röbling, 1828)		(1)
1829	Kettenbrücke über die Regnitz in Bamberg	64 m (1)
1834	Seilbrücke über die Soane in Fribourg (Chaley)	273 m (1)
1837	Kettenbrücke über die Garonne in Langon (Martin)	200 m (3)
1837	Kettenbrücke über die Weser bei Hameln (Wendelstadt)	274 m (3)
1839	Seilbrücke bei Roche-Bernard	198 m (1)
1840	Bandeisenbrücke über die Seine in Suresnes	131 m (3)
Johann Ludwig Leidner (1756-1828) C. L. M. Henri Navier (1785-1835) Guillaume-Henri Dufour (1787-1875) Georg Wendelstadt (1790-1860) Joseph Chaley (1795-1861)		Franz Friedrich Schnirch (1760- ?) Marc Seguin (1786-1875) Gottfried Bandhauer (1791-1837) Konrad Georg Kuppler (1792-1842) Joh. August Röbling (1806-1869)

Tab. 2: Erste größere eiserne Hängebrücken auf dem europäischen Festland

Den entscheidenden Anstoß zum Bau der Kasseler Drahtbrücke (Abb. 8), dem ein Entwurf des Henschelmitarbeiters und Ingenieur Eduard Rohde (1838-1895) zugrunde liegt, liefert der Gymnasialprofessor Georg Lindenkohl (1823-1888), der auf der Kassel gegenüberliegenden Fuldaseite eine Gartenvilla bewohnt (PIDERIT 1882). Anfang 1870 kann er in

einer Werbe- und Flugblattaktion eine Reihe von Interessenten für das Projekt gewinnen. Auf Betreiben Lindenkohls und weiterer Kasseler Persönlichkeiten, darunter auch der beiden angesehenen Unternehmer Oscar Henschel (1837-1894) und Conrad Engelhardt (1827-1894), kommt es bereits im April zur Gründung einer Aktiengesellschaft, die das Bauvorhaben finanzieren und abwickeln soll. Das notwendige Kapital in Höhe von 50 000 Reichsmark wird durch Verkauf von Anteilsscheinen aufgebracht.

Innerhalb nur eines Halbjahres werden die Stahlteile in der Henschelfabrik gefertigt und unter Rohdes Leitung vor Ort montiert. Die beiden Tragkabel der Hängebrücke führen über ein gemauertes Portal, das jeweils den Brückenabschluss bildet. Sie sind über Anker an ihren Enden mit insgesamt vier gemauerten Widerlagern verbunden, die in den Untergrund eingelassen sind. Nach erfolgreicher Probe, bei der eine Sandlast von etwa 4 kN/m² aufgebracht wird, kann die Brücke bereits am 1. November 1870 freigegeben werden. Für das Passieren der Brücke werden vom Brückenwärter jeweils 3 Pfennige erhoben (HERMSDORFF 1970). Sperre und Wärterhäuschen befinden sich auf der Fuldaseite, die gegenüber der Stadt liegt. Die monatlichen Einnahmen belaufen sich z. B. im Sommer 1884 im Mittel auf etwa 600 Mark, im Winter dagegen auf nur einem Drittel davon. Von den Jahresausgaben entfallen wenig mehr als 1000 Mark auf den Wärterlohn, der Rest sind Reparaturzahlungen und Aufwendungen beim Rückkauf von Anteilsscheinen (STAATSARCHIV MARBURG, Best. 175, Nr. 783). Das Brückengeld wird bis 1897 erhoben, dann sind die Investitionen für den Brückenbau abbezahlt. Auf Grund einer zwischen der Aktiengesellschaft und der Stadt Kassel bestehenden Vereinbarung geht die Anlage nun in städtischen Besitz über.

Verschiedentlich gelingt es Personengruppen beim Überschreiten, die leichte Brückenkonstruktion in Schwingungen zu versetzen. Anfang November 1884 nimmt der zuständige staatliche Wasserbauinspektor Franz Schattauer (1845-1915) eine eingehende Überprüfung vor und lässt daraufhin – sicherlich mit wenig Erfolg – baupolizeilich verfügen: 1.) Es dürfen gleichzeitig nicht mehr als 50 Menschen zu Zweien in Entfernungen von je 1,5 m hintereinander über die Brücke gehen; 2.) es darf auf der Brücke nicht im Tritt gegangen werden und 3.) es darf niemand im mittleren Teil der Brücke stehen bleiben (STAATSARCHIV MARBURG, Best. 175, Nr. 783). Ein Beanstandungspunkt ist wiederholt die überdeckte und damit nicht unmittelbar sichtbare Verankerung der Tragseile im Untergrund, Schattauer besteht darauf, dass die Stellen frei gegraben werden und auf Dauer zugänglich bleiben, um mögliche Schäden besser verfolgen zu können. Auch wird die Regelung getroffen, dass der Brückenkonstrukteur regelmäßig das Bauwerk überprüft. Für die Jahre 1887, 1889 und 1890 liegen entsprechende Prüfberichte vor (Abb. 9). Mit der Übergabe der Brücke 1897 an die Stadt Kassel übernimmt diese auch die regelmäßigen Überprüfungen.

In der Folgezeit werden häufig Arbeiten an der Brücke fällig. Auch müssen Reparaturen an den vom Kasseler Bildhauer Heinrich Brandt (1841-1914) geschaffenen Tierfiguren vorgenommen werden, die ursprünglich auf den Widerlagern sitzen und wiederholt mutwillig beschädigt werden, bis sie schließlich ganz entfernt werden (HERMSDORFF 1979). 1940 treten größere Schäden auf, die einen völligen Neubau der Brücke erfordern. Kaum drei Jahre später sind mitten im 2. Weltkrieg wieder umfangreiche Reparaturen notwendig, nachdem das durch Bombardierung der Ederstaumauer ausgelöste Hochwasser zu

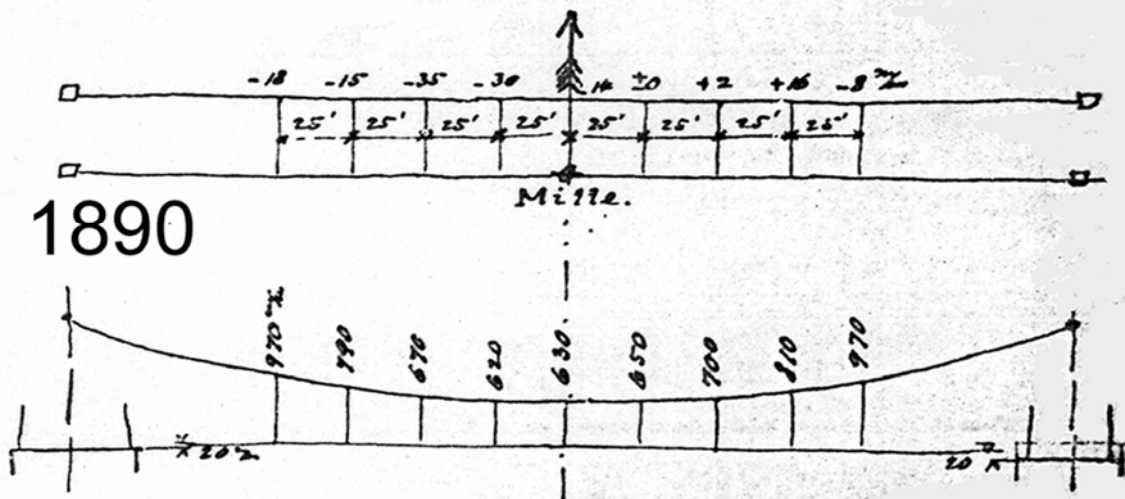
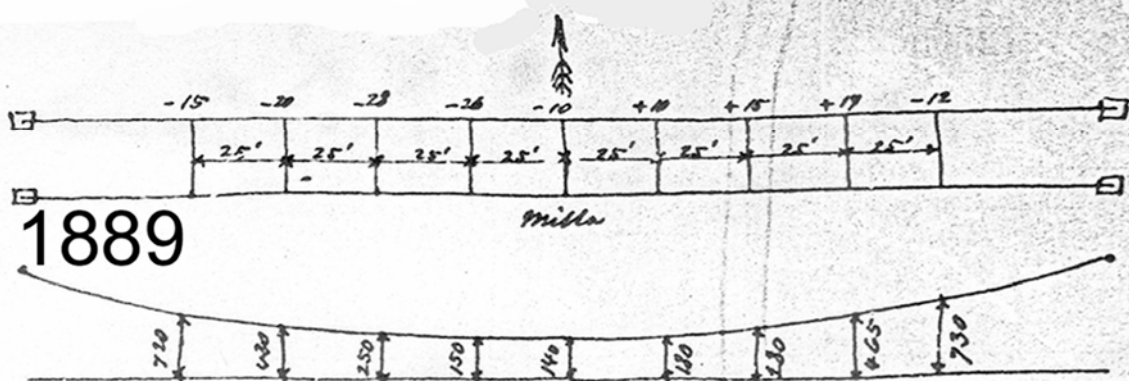


Abb. 9: Aufmaße der Drahtbrücke aus verschiedenen Jahren aus den Aufzeichnungen von Ing. Ed. Rohde (1838-1895)

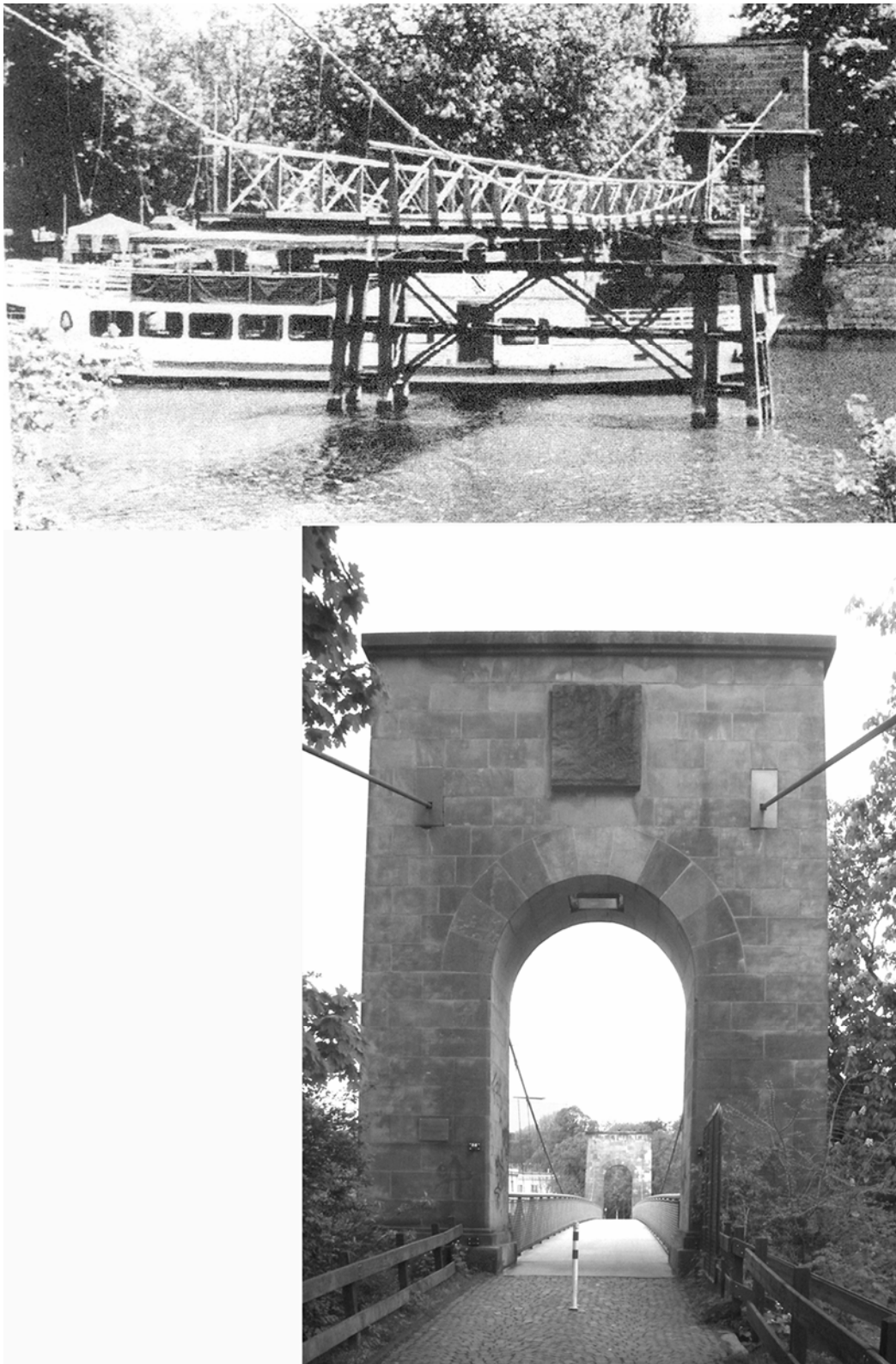


Abb. 10: Die Drahtbrücke in neuerer Zeit
 oben: Brücke mit Zwischenjoch (um 1960)
 unten: Blick durch das Ostportal auf das Westportal (2005)



Abb. 11: Die Drahtbrücke über die Fulda
oben: mit der Flussbadeanstalt (um 1890) im Vordergrund
unten: im heutigen Zustand (2005)

Schäden geführt hat. Kurz vor Kriegsende zerstören feindliche Bomber die Brücke nahezu vollständig. Lediglich die beiden Portale bleiben erhalten. Unmittelbar nach Kriegsende wird mit dem Wiederaufbau begonnen, so dass die Brücke bereits Anfang 1946 wieder benutzt werden kann. Damit keine größeren Schwingungen auftreten, wird 1955 sicherheitshalber ein Joch in Brückenmitte eingezogen und mit dem Bauwerk verbunden (Abb. 10 oben). 1961 wird die Brücke grundlegend überholt und mit einem dauerhafteren Holzbohlenbelag versehen. Als sich 1994 Schäden an den Haupttragseilen zeigen, wird eine vollständige Sanierung der Anlage notwendig. 1997 entsteht in nur drei Monaten aus vier großen vorgefertigten Monatageteilen eine neue Hängebrücke. Auf diese Weise werden die ursprünglich auf 1 Millionen € veranschlagten Kosten noch unterschritten (PRALL 1997). Die Arbeiten schreiten zügig voran, so dass die Brücke rechtzeitig zur Eröffnung der internationalen Kunstausstellung Documenta X fertig gestellt ist (Abb. 10 unten) und sich weiterhin als ein sehenswertes Beispiel Kasseler Ingenieurbaukunst präsentieren kann (Abb. 11). Auch in einer Zeit, in der ein durchgreifender Wandel im Brückenbau stattfindet und sich vielfältige Neuentwicklungen abzeichnen (HELD 2003), sollte der Blick für das Alte nicht ganz verloren gehen.

3. SCHRIFTTUM

- BERNHARD 1986** Bernhard, W.: Brücken aus Eisen und Stahl. – In (ders.): Brücken gestern und heute. Berlin (Ost) 1986. S. 43 ff.
- BRAAS 1986** Braas, F.-K.: Das militärische Ende 1945 in der Stadt Kassel und in ihrem Umfeld. Der Einmarsch der amerikanischen Truppen. – In: Jahrbuch Landkreis Kassel, 14 (1986), S. 129-135 (hier insbes. S. 135).
- BROMEIS 1988** Staatliche Kunstsammlungen Kassel (Hg.): Johann Conrad Bromeis, 1788-1855. Ein kurhessischer Architekt. Kassel 1988.
- DANZIGER 1962** Danziger, J.: Der Übergang über die Fulda bei Kassel in Vergangenheit und Gegenwart. Kassel 1962 (Masch. Manuskript, Stadtarchiv Kassel, Sig.: III Ed/14).
- DROSTE 1982** Droste, K.: Porta – eine Kettenbrücke für die Eisenhütte. – In (ders.): Von Ufer zu Ufer. Furten, Fähren, Brücken. Ein Beitrag zur Verkehrsgeschichte der Mittelweser-Region. Historische Schriftenreihe des Landkreises Nienburg/Weser, 8 (1992), S. 72-73.
- ELLWARDT 2000** Ellwardt, K.: Johann Andreas Engelhardt, ein landgräflicher Baumeister in Hessen-Kassel um 1800. – In: Zeitschrift des Vereins für hessische Geschichte und Landeskunde, Marburg, 105 (2000), S. 101-134
- FLACK 1999** Flack, I.: Fuldabrücken in Kassel. – In: Hessischer Gebirgsbote, Melsungen, 100 (1999), S. 147-149.
- FRIEDRICH 1980** Friedrich, W.: Die Hafenbrücke. – In (ders.): Kassel. Zerstörung und Wiederaufbau. Kassel 1980. S. 22.
- HELD 2003** Held, E. u. S. Kimmich: Brückenbau im Wandel der Zeit. – In: Straßen- und Tiefbau, Iserlohn, 57 (2003), S. 6-11.
- HERMSDORFF 1964** Hermsdoff, M.: [Die Wilhelmsbrücke] Ein Blick zurück (131). – In: Hess.-Nieders. Allg., Stadtausgabe Kassel v. 05.12.1964.
- HERMSDORFF 1970** Hermsdoff, M.: Für drei Pfennige über die Fulda. Die Drahtbrücke steht 100 Jahre. Ein Geschenk der Bürger an ihre Stadt. Ein Blick zurück (417). – In: Hess.-Nieders. Allg., Stadtausgabe Kassel v. 24.10.1970.

- HERMSDORFF 1971** Hermsdoff, M.: Reste einer alten Brücke. Eisbrecher in der Fulda vor 45 Jahren beseitigt. Haus vor Verfall bewahrt. Ein Blick zurück (443). – In: Hess.-Nieders. Allg., Stadtausgabe Kassel v. 08.05.1971.
- HERMSDORFF 1979** Hermsdoff, M.: Anschlag auf die Drahtbrücken-Hirsche. Ein Blick zurück (809). – In: Hess.-Nieders. Allg., Stadtausgabe Kassel v. 10.03.1979.
- HERMSDORFF 1985** Hermsdoff, M.: Fuldabrücke vor 75 Jahren freigegeben. Ein Blick zurück (1114). – In: Hess.-Nieders. Allg., Stadtausgabe Kassel v. 07.12.1985
- HERMSDORFF 1988** Hermsdoff, M.: Verkehrschaos an der alten Fuldabrücke. Ein Blick zurück (1216). – In: Hess.-Nieders. Allg., Stadtausgabe Kassel v. 09.01.1988.
- HOFFMANN 1999** Hoffmann, A.: Treffliche Chauseen, schwebende Brücken. – In: Zeitung für kommunale Wirtschaft (ZfK), München, 53 (1999), Nr. 12, S. 3.
- HOFFMANN 2005** Hoffmann, A.: Hessische Lebensbilder zur Kulturgeschichte des Wassers. Ein biografisches Handbuch 1350-1950. Kasseler Wasserbau-Mitteilungen, Heft 5. Kassel 2005.
- HOLTMAYER 1923** Holtmeyer, A.: Brücken. – In (ders.): Die Bau- und Kunstdenkmäler im Regierungsbezirk Cassel, Bd. VI (Kreis Cassel-Stadt), Text, 2. Teil. Marburg 1923. S. 765-783.
- HONG 1994** Hong, J.-K.: Die Folgen der industriellen Revolution für die Baukunst. Der Entwicklungsprozeß der neuen Bautypen zwischen Coalbrookdalebrücke 1779 und Eiffelturm 1889. Diss. Univ. Köln. Köln 1994.
- JURECKA 1979** Jurecka, C.: Die Entwicklung der Ketten- und der Kabelhängebrücken. – In (dies.): Brücken. Historische Entwicklung – Faszination der Technik. Wien u. München 1979. S. 179-185.
- JUSSOW 1999** Staatliche Museen Kassel (Hg.): Heinrich Christoph Jussow, 1754-1825. Ein hessischer Architekt des Klassizismus. Worms 1999.
- LANDSBERG 1907** Landsberg, T.: Wettbewerb zur Erlangung von Entwürfen und Angeboten für zwei feste Straßenbrücken über die Fulda in Kassel. – In: Zentralblatt der Bauverwaltung, Berlin, 27 (1907), S. 63-68, 74-79 u. 87-88.
- Lotze 1999** Lotze, S.: Forschen und Reisen niederhessischer Montanmänner im 19. Jahrhundert. – In: Zeitschrift des Vereins für hessische Geschichte und Landeskunde, Kassel, 104 (1999), S. 185-202 (hier insbes. S. 190).
- MENGEL 1988** Mengel, P.: Vor Volksfest noch Belastungsprobe. Vor 40 Jahren wurde die nach dem Kriege neugebaute Fuldabrücke eingeweiht. – In: Hess.-Nieders. Allg., Ausgabe Kassel v. 03.11.1988.
- MEYER-HERMANN 1970** Meyer-Hermann, E.: Leicht wie ein Gedanke. Erste große deutsche Kettenbrücke 1836/37 bei Hameln erbaut. – In: Die Weser, Bremen, 44 (1970), S. 48-49.
- PIDERIT 1882** Piderit, F. C. T.: Die Draht- oder Hängebrücke über die Fulda.- In (ders.): Geschichte der Haupt- und Residenzstadt Cassel. 2. erw. Aufl. Cassel 1882, S. 394-395.
- POTENTE 1844** Potente, C.: Praktisches Handbuch der Brückenbaukunde in ihrem ganzen Umfange ... Kassel 1844.
- PRALL 1997** Prall, P.: Die Drahtbrücke. Eine wechselvolle Geschichte, obwohl schon 127 Jahre alt, erst knapp 3 Monate jung. – In: Heimatbrief, Heimatverein Dorothea Viehmann, Kassel-Niederzwehren, 41 (1997), Nr. 3, S. 21-27.
- SIEBERT 1900** Siebert, H.: Die Nienburger Hängebrücke und ihr Einsturz am 6. Dezember 1825. Beiträge zur Anhaltischen Geschichte, 4. Heftchen, Köthen/Anhalt 1900.

- | | |
|--------------------|--|
| SLOTTA 1975 | Slotta, R.: Technische Denkmäler in der Bundesrepublik Deutschland [Bd. 1]. Herausgegeben vom Bergbau-Museum Bochen. Bochum 1975. |
| STRAUB 1964 | Straub, H.: Die Geschichte der Bauingenieurkunst. Ein Überblick von der Antike bis in die Neuzeit. 2., neubearb. Aufl., Basel u. Stuttgart 1964 |
| WAGNER 1987 | Wagner, R.: Die ersten Drahtkabelbrücken. Beispiele konstruktiver Ingenieur-tätigkeit in der Entwicklung des Bauingenieurs zum eigenständigen Berufsstand. Düsseldorf 1987. |
| WEGNER 1994 | Wegner, R.: Furten, Fähren, Brückenschläge im Raum Hann. Münden. Zur Geschichte und Technik der Fluß-Übergänge über Werra, Fulda und Weser. Sydekum, Schriften zur Geschichte der Stadt Münden. Hannoversch Münden 1994. |
| WERNER 1973 | Werner, E.: Die ersten Ketten- und Drahtseilbrücken. Technikgeschichte in Einzeldarstellungen, Bd. 28. Düsseldorf 1973. |

Nachweis der Abbildungen:

Abb. 3 ist eine Wiedergabe des Titelblattes des betreffenden Buchexemplars, das sich in der Universitätsbibliothek Marburg befindet (Sign.: XII C 151 bb) ; Abb. 7 oben stammt aus MEYER-HERMANN 1970, Abb. 7 unten aus SLOTTA 1975; die Vorlagen zu den übrigen Abbildungen wurden freundlicherweise vom Archiv der Stadt Kassel zur Verfügung gestellt, dessen Leiter, Herrn Frank-Roland Klaube, ein aufrichtiger Dank gilt.

Zur Geschichte des Stahlbrückenbaus

von

Frieder Thiele

Universitätsprofessor i. R. Dr.-Ing. Frieder Thiele
Am Hange 1a, 34130 Kassel
Tel.: +49 561 67507, Fax: +49 561 67571
E-Mail: thiele@prof-thiele.de
<http://www.prof-thiele.de>

Zusammenfassung

Die Geschichte des Stahlbrückenbaus wird anhand ausgewählter Beispiele gezeigt und in ihrer Anbindung an die Entwicklung von Fertigung und rechnerischer Analyse erläutert.

Abstract

The history of engineering of steel bridges is illustrated by discussing specific examples, and related to the development of manufacturing and of mathematical modelling.

Der Variantenreichtum des Stahlbrückenbaus soll durch die beiden unterschiedlichen Brücken nach Abbildung 1 veranschaulicht, seine Baugeschichte anhand der Beispiele nach Abbildung 2 beschrieben werden. Die gezeigten Brücken aus England und aus China sind als zeitliche Eckpfeiler ausgewählt, um die 225-jährige technische Entwicklung von Stahlbrücken zu veranschaulichen. Maßgebliche Daten aller gezeigten Brücken sind am Schluß des Textes angegeben.

Die Brücke in Coalbrookdale gilt als Ahnherrin aller Stahlbrücken. Eine private Initiative aus der expandierenden Stahlindustrie ließ sie bauen, um Schwertransporten mit Pferd und Wagen die Fähr über den Severn-Fluß zu ersparen. Die Brücke in Tianjin entstammt öffentlicher Planung und soll den innerstädtischen Verkehr erleichtern. Zubringerstraßen zur fertigen Brücke müssen noch gebaut, betroffene Wohngebiete noch umgesiedelt werden. Während die ersten Stahlbrücken als Sinnbild technischen Fortschritts öffentlich beachtet wurden, gehört ihr Bau heute zum technischen Alltag und der Entschluß zum Brückenbau fällt leichter, da selbstverständlich dem Bauvorhaben Erfolg unterstellt wird.

Beide Brücken besitzen den Stabbogen als hauptsächliches Tragelement. Die Ingenieure von Coalbrookdale setzten damit die Tradition im Bau steinerner Brücken fort, ihre Nachfahren wählten den Bogen in Tianjin aufgrund wirtschaftlicher Optimierung im rechnergestützten Planungsprozeß. Die Bemessung der Bauteile und die Ausbildung von Konstruktionsdetails stützten sich früher auf Erfahrungswerte sowie das „statische Gefühl“ begabter Ingenieure. Heute können ausgereifte Verfahren zur rechnerischen Analyse des Tragverhaltens sowie Arbeitsergebnisse vieler Forschergenerationen genutzt werden.



Abb.1: Stählerner Steg an Wohnhaus in Kassel (eigenes Foto) und Hängebrücke Golden Gate in San Francisco (Foto M.C.Tang)



Abb.2: Eiserne Brücke in Coalbrookdale, England (Graf) Stahlbrücke in Tianjin, China (Foto M.C.Tang, 2005)

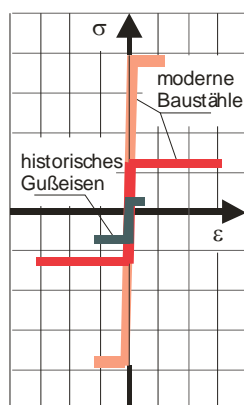


Abb.3: Spannungsdehnungsdiagramm für Werkstoffe sowie Details an den Brücken Coalbrookdale (Foto H. P. Ekardt) und Tianjin (eigenes Foto)

Daß die Ingenieure von Coalbrookdale sich an den Steinbrückenbau anlehnten und Verbindungstechniken dem Holzbau entnahmen, ist gut begründbar aus den mechanischen Eigenschaften des Gußeisens, mit dem sie die Brücke bauten. Wie Stein und Holz besaß dieses Gußeisen gute Druckfestigkeit, aber geringe und nicht gewährleistete Festigkeit gegenüber Zugbeanspruchung. Das Diagramm aus Abbildung 3 zeigt vereinfachend den Vergleich historischen Gußeisens mit modernen Baustählen: Die Festigkeiten sind deutlich gesteigert und ausgeprägte plastische Verformbarkeit vor dem Versagen ermöglicht der sprichwörtlichen „Schlauheit des Materials“, örtliche Überbeanspruchungen abzubauen und benachbarte Tragreserven zu aktivieren. Diese günstigen Eigenschaften werden bei der Herstellung zuverlässig erreicht und dem Nutzer garantiert.



Abb.4: Domkuppel in Florenz, entworfen von Filippo Brunelleschi, geweiht 1436 und Kettenhängebrücke bei Bristol, (Leonhardt)



Abb. 5: Brücke über die Weichsel bei Dirschau (Ramm)

Fortschritte in der Stahlerstellung gegenüber Coalbrookdale- Zeiten ermöglichen heute großformatige Halbzeuge und sind mitverantwortlich für die Leistungsfähigkeit moderner Stahlbrücken mit großen Spannweiten und zum Beispiel für die Tatsache, daß die Tianjin-Brücke in einem sekundären Tragsystem Verkehrslasten vom Ort ihrer Entstehung auf der Fahrbahn zu den beiden Bögen hin mittels schlanker Biegeträger über eine Spannweite abträgt, die größer ist als die Stützweite der Coalbrookdale- Brücke

Die Bedeutung des Tragelements Bogen für die Baugeschichte ist mit dem Hinweis auf Steingewölbe alter Brücken nicht erschöpfend gewürdigt. Stellvertretend erinnert der Dom in Florenz nach Abbildung 4 an die Tradition herausragender Kuppelbauten im Mittelalter und in der Antike. Da auch das Hängeseil als umgekehrter Bogen - im Rechenmodell nur

mit einem Vorzeichenwechsel gekennzeichnet - zur technischen Erfahrung gehört, wurden Hängebrücken frühzeitig und deutlich vor Balkenbrücken gebaut. Man mußte nur die fertigungsbedingte Kleinheit der Bauteile überwinden, was mit der Kette aus geschmiedeten Gliedern gelang (Abb. 4, rechts).

Die Balkenbrücke hielt erst Einzug in die Baugeschichte, nachdem die theoretischen Grundlagen der Balkenberechnung entwickelt und von Navier 1826 publiziert waren. Während der Kraftfluß im Bogen am verkleinerten Modell nachgebildet werden konnte – alte Baumeister sollen diese Fertigkeit beherrscht haben -, blieben diese Bemühungen am Biegebalken erfolglos. Nach heutigen Kenntnissen unterscheiden sich die Regeln für die Übertragung von Modellergebnissen auf die Naturgröße: Beim Bogen sind die Ähnlichkeiten linear, beim Biegebalken nicht. Nur die Theorie erschließt das Verständnis der Balkenwirkung in Bestätigung ihres sprichwörtlichen Nutzens für die Praxis.

Als Beispiel einer frühen Balkenbrücke zeigt Abbildung 5 die Weichselbrücke bei Dirschau, aus deren Planungsphase theoretische Untersuchungen überliefert sind. So wurden die Vorteile eines über mehrere Felder durchlaufenden Balkens gegenüber dem Einfeldträger rechnerisch belegt. Biegeverformungen wurden errechnet und durch Messungen an der fertigen Brücke bestätigt. Gedanklich konsequent wurde das Rechenmodell des monolithischen Navier- Balkens in die Bauausführung umgesetzt über eine homogenisierende Vielgliedrigkeit der kastenförmigen Balkenröhre. Die Bemessung der beteiligten Stäbe konnte die Balkentheorie allerdings nicht leisten und bedurfte der Ingenieurkunst des Planers.

Die Weiterentwicklung statischer Untersuchungsmethoden läßt sich anhand von Brückenbauwerken verfolgen. Fachwerkbrücken (Abb. 11) traten in den Vordergrund, nachdem graphische Verfahren (Abb. 7) zur Schnittgrößenermittlung aufbereitet waren. Als ästhetisch befriedigend wurden Fachwerkbrücken empfunden, die konsequent ein übersichtliches Rechenmodell erkennen ließen (Abb. 6).



Abb. 6: Zwei Fachwerkbrücken (Leonhardt): Kanalbrücke bei Dortmund und Rheinbrücke bei Neuwied

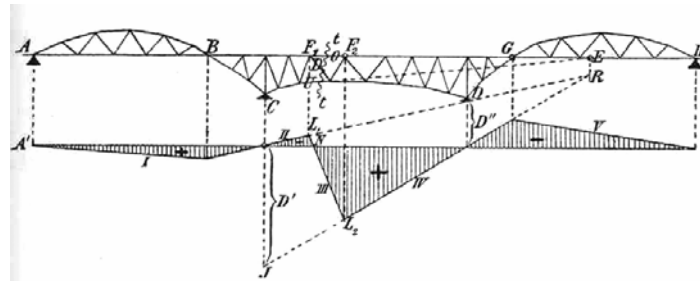


Abb. 7: Grafisch ermittelte Einflußlinie für den Stab einer Fachwerkbrücke (Beispiel nach Müller- Breslau)

Seit dem Bau zahlreicher Schrägseilbrücken in Deutschland (Abb. 8) dominiert diese Brückenform auch weltweit. Ihr Vorzug ist die wirtschaftlich günstige Montage, weil Baubehelfe entfallen können bei abgestimmter Errichtung von Pylon, Brückenträger und Seilen. Die Seile und der wie bei Hängebrücken schlanke Brückenträger müssen über Modellversuche im Windkanal gegen die Gefahr winderregter Schwingungen gesichert werden.



Abb. 8: (von links:) Montageprinzip für Schrägseilbrücken;
Schrägseilbrücken in Düsseldorf- Flehe und Hamburg- Köhlbrand (Leonhard);
Modellierung des Pylons der Köhlbrand- Brücke für Windkanaluntersuchungen

Die Baukosten von Stahlbrücken werden stark vom Zusammenfügen einzeln gefertigter Teile beeinflusst. Gebräuchliche Verbindungsmittel sind in Abbildung 9 nach ihrer zeitlichen Einsatzreife gezeigt: Das im 19. Jahrhundert vorherrschende Niet verlor seine Dominanz, als um 1930 geschweißte Brücken entstanden mit glatten und für effektiven Korrosionsschutz geeigneten Oberflächen. Der Aufwand zur Gütesicherung von Schweißarbeiten förderte den abgestimmten Einsatz hochfest vorgespannter HV- Schrauben: Schweißen in der Werkstatt, Schrauben auf der Baustelle. Für den kombinierten Einsatz von Stahl und Beton in Verbundbrücken ist der Kopfbolzendübel das geeignete Verbindungsmittel.



Abb. 9: Verbindungstechniken im Brückenbau nach ihrer zeitlichen Entwicklung
 Von links: Nieten, Schweißen, HV Schrauben, Kopfbolzendübel.
 (Gezeigt sind Monteure beim Spannen von HV- Schrauben am Stoß nach Bild 3)

Fortschritte der Brückenbautechnik stützen sich auf den Erfindungsreichtum der Ingenieure, die Vertiefung ingenieurwissenschaftlicher Grundlagen, die Bereitstellung anwendungsfreundlicher Untersuchungsmethoden und verbesserte Werkstoffqualität. Oft entstehen weiterführende Erkenntnisse aus Schadensfällen. Tacoma- und Tay- Brücke sind bekannte Beispiele. Auch die Fuldabrücke bei Kassel- Bergshausen (Abb. 10) lieferte Beiträge:

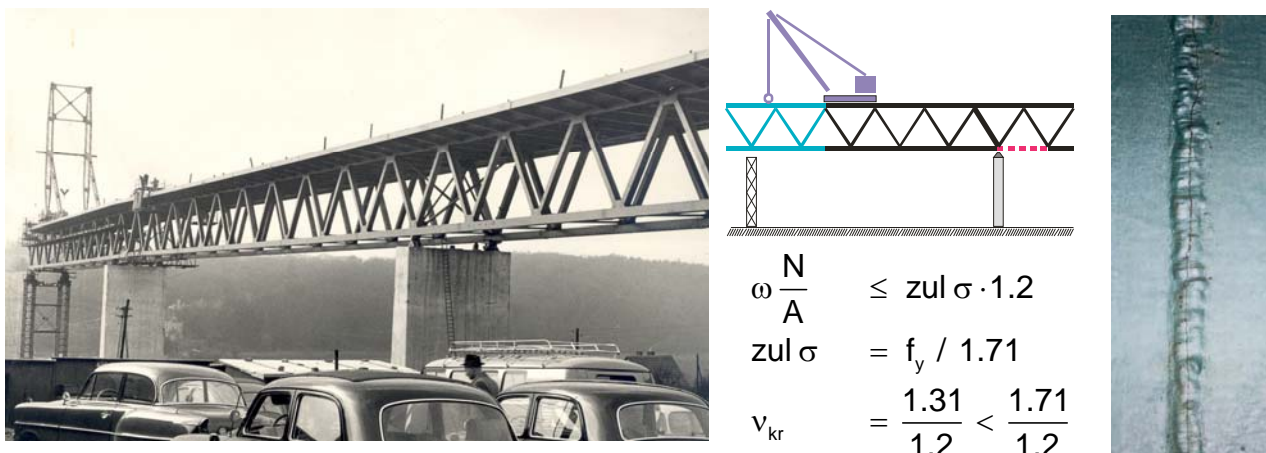


Abb. 10: (von links:) Fuldabrücke Bergshausen im Bauzustand;
 Erläuterung eines Schadensfalles (Foto H. Ebel)
 Schweißnahtreiß an einem 1998 ausgebauten Bauteil (eigenes Foto)

Beim Bau der ersten Brückenhälfte fiel die Spitze eines vorgebauten Kragarms etwa 1 m tief auf den Kopf des bereitstehenden Hilfspfeilers, weil nach geänderter Montagefolge ein rückwärtiger Druckstab versagte. Die Ingenieure der Baufirma hatten zwar die um 10% ungünstigere Beanspruchung im Druckstab erkannt, deren Auswirkung aber unterschätzt - verführt durch zwei Normvorgaben. Zum einen war der geforderte Knicknachweis so aufbereitet, daß die nachgewiesene Sicherheit v_{kr} mißverständlich und nur dem theoretisch versierten Statiker erkennbar war. Zum anderen wurde generell eine Überschreitung rech-

nerisch zulässiger Werte um 20% akzeptiert, wenn die Belastung „*bei kurzzeitigen außergewöhnlichen Bauzuständen (zB Montage, Umbau) auftritt*“. An der Bergshausener Brücke hatte die Laststeigerung im Druckstab dessen rechnerische Knicksicherheit v_{kr} vollständig verbraucht: $1.31 / 1.2 / 1.1 = 0.99 < 1$.

Beide Auffälligkeiten der Normung sind inzwischen behoben.

Bei Eisenbahnbrücken und in der Fördertechnik bemessen die Stahlbauer schon seit langer Zeit geschweißte Bauteile gegen Werkstoffermüdung infolge häufig wechselnder Belastungen. Vergleichbare Maßnahmen waren bei der Straßenbrücke Bergshausen nicht vorgeschrieben. An solche Vorschriften hat sich der heutige LKW- Verkehr nicht gehalten und hat an der Brücke Bergshausen wie bei vielen anderen Brücken großen Sanierungsbedarf an gerissenen Schweißnähten verursacht (Abb. 10).

Im Generationswechsel der Brückenbauer gehen berufliche Fertigkeiten und Erfahrungen häufig verloren. Die Vielzahl unterschiedlicher Einzelteile an der in Abbildung 11 gezeigten Brücke demonstriert die Notwendigkeit detaillierter Planung. Um diese Anforderungen zu bewältigen und Baudetails gedanklich zu beherrschen, waren Darstellungs- und Zeichentechniken weit entwickelt. Vielen aktiven Ingenieuren sind diese Methoden nicht mehr geläufig. Auch hierzu ein nordhessisches Beispiel: Im Verbandsfeld einer jüngst umgebauten Fußgängerbrücke (Abb. 9) sollten nach Ausführungsplanung die vier Stangen in Sacklöcher an den Eckstücken und am gemeinsamen Mittelstück über rechts- links- Gewinde eingeschraubt und individuell gespannt werden. Daß hierfür mindestens die zuletzt im Verbandsfeld eingebaute Stange die Eigenschaften eines biegeschlaffen Fadens haben muß, war dem Sachbearbeiter des Planungsbüros nicht bewußt geworden. Da er sich dem Problem verweigerte, mußte eine Lösung von anderer Seite gefunden werden: In maschinenbaulicher Feintechnik wurde der Mittelknoten in halber Blechdicke durchtrennt und erst nach Einlegen der Gewindestäbe vor Ort wieder zusammengesetzt.

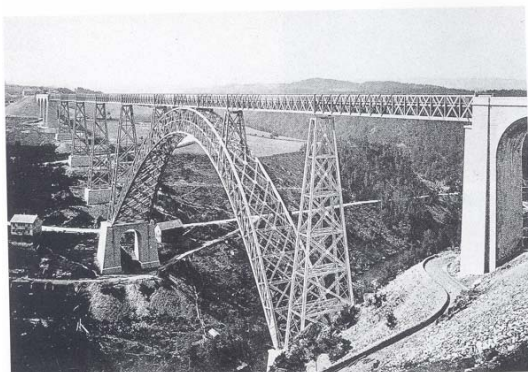


Abb. 11: Brücke bei Garabit in Südfrankreich (Picon) und
Detailansicht einer Fußgängerbrücke (eigenes Foto)

Zunehmende Beherrschung statischer Analyseverfahren gibt dem heutigen Brückenplaner die Souveränität, das optische Erscheinungsbild zu betonen und gegenüber statischer Zweckmäßigkeit zu bevorzugen. Bei Coalbrookdale konnten ästhetische Ansprüche nur innerhalb technischer Vorgaben umgesetzt werden. Bei der Brücke in Tianjin erfahren die schräg gestellten Bogenebenen (Abb. 12) höhere Beanspruchungen als bei vertikaler Ausrichtung und die unterschiedliche Höhe der Bögen widerspricht ihrer gleichartigen statischen Funktion. Schrägstellung und unterschiedliche Bauhöhe erhöhen jedoch den opti-

schen Reiz als Blickfang im innerstädtischen Erscheinungsbild und knüpfen zudem an die Tradition chinesischer Symbolik von Sonne und Mond an.

Im Unterschied zur Tianjin- Brücke ist die Schrägstellung der Fehmarnsund- Bögen statisch zweckmäßig. Die Gemeinsamkeit von Eisenbahn- und Straßenverkehr auf der Brücke verursacht zunächst unterschiedliche Belastung der beiden Bögen. Die Querver-schnallung der einander zugeneigten Bögen in Brückenmitte gleicht den Unterschied weitgehend aus und erlaubt gleiche Bemessung der Bögen. (Im Bild geben die dick ausgezogenen Pfeile die Kräfte die Lastabtragung in der Bogenebene an.)

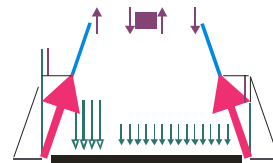
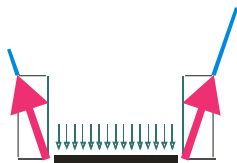


Abb.12: Brücke in Tianjin (wie Abb. 2) und am Fehmarnsund (Leonhard) sowie Prinzipskizzen über Krafteinwirkung auf die schrägen Bogenebenen

Einschätzungen über die Zukunft des Stahlbrückenbaus sind in Abbildung 13 versucht. Der gezeigte Entwurf einer Fußgängerbrücke symbolisiert, daß mindestens die mittelbare Zukunft weiterhin durch überraschende Optik in der Umsetzung ästhetischer Ansprüche geprägt sein dürfte. Der an Pylonen aus Stahlbeton aufgehängte Brückenträger aus Stahl weist stellvertretend auf die erwartete Fortsetzung der mit Verbundbrücken begonnenen Kombination unterschiedlicher Baustoffe hin.

Eine allgemeine Steigerung der Leistungsfähigkeit stählerner Brücken wird anhand einer vermuteten Entwicklung der Spannweite von Hängebrücken prognostiziert (Tang 2001).

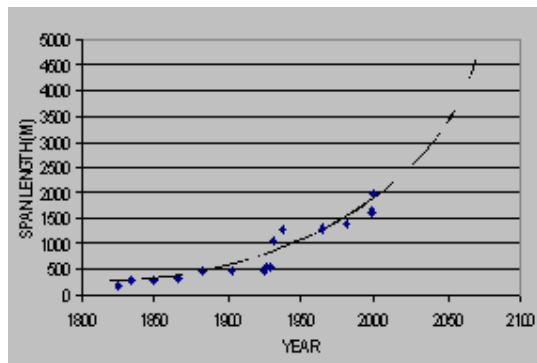


Abb.13: Spannweite stählerner Hängebrücken: Entwicklung und Prognose (Tang 2002); Entwurf einer Fußgängerbrücke (Fotomontage M. C. Tang, 2005)

Schrifttum

Graf, B.: Brücken, die die Welt verbinden. München 2002

Leonhardt, F.: Brücken. Stuttgart 1982

Müller- Breslau, H.: Die graphische Statik der Baukonstruktionen. Leipzig. 1912

Picon, A.(Hrsg): l' art de l' ingénieur. Ausstellungskatalog. Centre Pompidou Paris 1997

Ramm, W. (Hrsg): Die Alte Weichselbrücke in Dirschau. TU Kaiserslautern 2004

Tang, M. C.: 36 Years of Bridges. New York, USA 2002 und

- Frontier of long span bridges. Beitrag zur Festschrift der Fachgebiete Massivbau und Stahlbau. Kassel 2002

Angaben zu den abgebildeten Brücken

(mit freundlicher Unterstützung des Autobahngeschichtlichen Baudaten- Informationssystems erstellt)

- Abb. 1 Stählerner Steg in Kassel, Spannweite 3.2 m,
erbaut 1997, entworfen von Eberhard Fiebig
- Golden Gate Hängebrücke bei San Francisco, Spannweite im Hauptfeld 1280 m,
eröffnet 1937, entworfen von Josef B. Strauss
- Abb. 2 Eiserne Brücke bei Coalbrookdale in England, Spannweite 31 m,
erbaut 1776 - 1779, entworfen von Thomas F. Pritchard
- Stahlbrücke bei Tianjin in China, Spannweite 106 m im Hauptfeld,
erbaut 2004 – 2005, entworfen von Man Chung Tang
- Abb. 4 Kettenhängebrücke Clifton bei Bristol, Spannweite im Hauptfeld 214 m
erbaut 1830 - 1864, entworfen von Isambard K. Brunel
- Abb. 5 Balkenbrücke über die Weichsel bei Dirschau,
Gesamtlänge 837 m mit 6 Feldern,
erbaut 1851 – 1854, entworfen von Carl Lentze, berechnet von Rudolph Schinz
- Abb. 6 Kanalbrücke bei Dortmund, Spannweite 92 m
erbaut um 1975, zerstört 1945
- Rheinbrücke bei Neuwied, Gesamtlänge 457 m mit drei Feldern
erbaut 1935 von Firma Hein- Lehmann, zerstört 1945
- Abb. 8 Rheinbrücke Düsseldorf- Flehe, Spannweite 368 m
fertiggestellt 1986, erbaut von Firma GHH Oberhausen
- Köhlbrandbrücke in Hamburg, maximale Spannweite 325 m
fertiggestellt 1975, erbaut von Firma Thyssen Rheinstahl
- Abb.10 Autobahnbrücke Bergshausen über die Fulda bei Kassel, maximale Spannweite
142 m bei 7 Feldern, fertiggestellt 1961, erbaut von Firma Stahlbau Klönne
- Abb.11 Garabit – Viadukt in Südfrankreich, Spannweite 165 m im Hauptfeld
fertiggestellt 1884, entworfen von Gustave Eiffel
- Abb.12. Brücke am Fehmarnsund, Spannweite 248 m im Hauptfeld
fertiggestellt 1963, erbaut von Firma GHH Oberhausen
- Abb.13 Fußgängerbrücke bei Fozhan in China, maximale Spannweite 305 m
projektiert 2005, entworfen von Man Chung Tang

Zur Geschichte der Betonbrücken

von

Ekkehard Fehling und Torsten Leutbecher

Prof. Dr.-Ing. Ekkehard Fehling, Leiter
Fachgebiet Massivbau
Universität Kassel, Kurt-Wolters-Straße 3, 34125 Kassel
Tel.: +49 561 804 2608, Fax: +49 561 804 2803,
E-Mail: fehling@uni-kassel.de,
Homepage: <http://www.uni-kassel.de/fb14/massivbau/>

Dipl.-Ing. Torsten Leutbecher, Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Fachgebiet Massivbau
Universität Kassel, Kurt-Wolters-Straße 3, 34125 Kassel
Tel.: +49 561 804 2668, Fax: +49 561 804 2803,
E-Mail: leutbecher@uni-kassel.de

ZUSAMMENFASSUNG

Ausgehend von den Anfängen im Altertum wird die Entwicklungsgeschichte des Massivbrückenbaus von den Steinbrücken des Römischen Reichs über die ersten Eisenbetonbrücken bis hin zu neueren Anwendungen skizziert. Die Pioniere der Eisenbetonbauweise, wie Joseph Monier, François Hennebique oder Robert Maillart, und ihre wegweisenden Ideen und Konstruktionen werden vorgestellt. Weitere Abschnitte dieses Beitrags sind der Spannbetonbauweise und den nach dem zweiten Weltkrieg entwickelten Herstellverfahren von Stahlbetonbrücken, wie z. B. dem Freivorbau und dem Taktschiebverfahren, gewidmet. Abschließend werden Anwendung aus dem Bereich des Verbundbaus sowie neue Herausforderungen und Chancen, die aus der Entwicklung der ultrahochfesten Betone für den Betonbrückenbau erwachsen, an Beispielen veranschaulicht.

SUMMARY

On the basis of the beginnings in ancient times the history of development of solid bridge structures is outlined ranging from the stone bridges of the Roman Empire over the first reinforced concrete bridges up to current applications. The pioneers of reinforced concrete structures, like Joseph Monier, François Hennebique or Robert Maillart, and their groundbreaking ideas and constructions are presented. Further sections of this article are dedicated to prestressed concrete structures and the manufacturing procedures of reinforced concrete bridges, e. g. the cantilever method and the incremental launching method, developed after the Second World War. Finally, applications from the field of composite structures as well as new challenges and chances for concrete bridge structures, which arise from the development of Ultra High Performance Concrete, are illustrated by examples.

Einführung

Die Geschichte der Betonbrücken erscheint auf den ersten Blick sehr jung, begannen doch die Betonbrücken als Ingenieurbauwerke ihre Entwicklung erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, und damit etwa ein Jahrhundert nach den Stahlbrücken. Die Wurzeln der Betonbauweise reichen jedoch sehr weit zurück. Sie liegen in der Lehm- und Mauerwerksbauweise begründet. Von der Lehmbauweise übernahm der Betonbau die freie Formbarkeit und Fugenlosigkeit. Auch wurden im Lehm- und Mauerwerksbau durch Zugabe von natürlichen Faserstoffen bereits erste Bewehrungen realisiert. Die Bindemittel und Mörtel übernahm der Betonbau aus dem Mauerwerksbau.

Mauerwerk und unbewehrter Beton weisen beide nur eine sehr geringe Zugfestigkeit auf, daher eignen sie sich vor allem für Tragsysteme, in denen überwiegend Druckbeanspruchungen auftreten. Unter diesem Gesichtspunkt etablierte sich bereits sehr früh die klassische Form des halbkreisförmigen Bogens, wie das in Ur in Mesopotamien bei Ausgrabungen freigelegte Königsgrab aus dem 4. Jahrtausend v. Chr. belegt (Abb. 1).

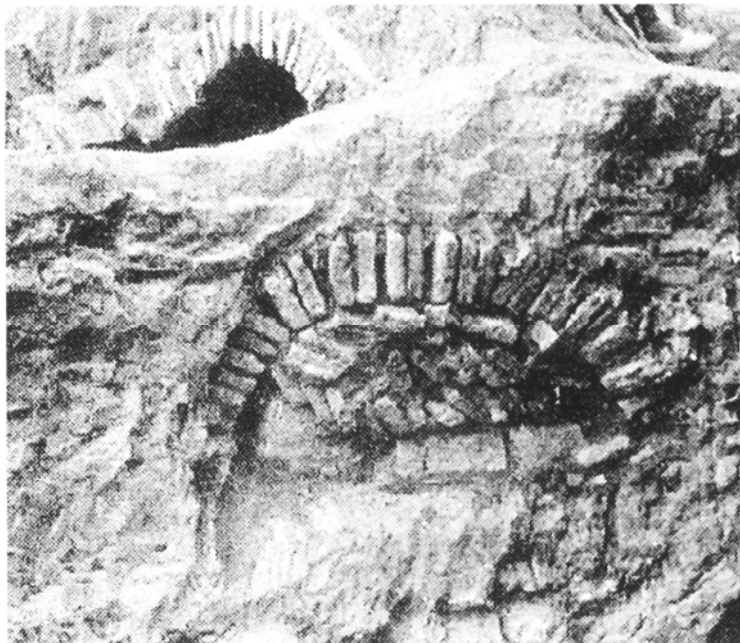


Abb.1: Halbkreisförmiger Torbogen mit Radialfugen in Ur, Mesopotamien, 4. Jahrtausend v. Chr.

Brückenbau im Römischen Reich

Die römische Baukunst ist durch zwei wesentliche Entwicklungen gekennzeichnet. Der halbkreisförmige Bogen als Tragsystem wurde von den Etruskern übernommen und weiterentwickelt. Zeugnisse hierfür sind unter anderem die 136 n. Chr. unter Hadrian erbaute Engelsbrücke (Abb. 2) und die 62 v. Chr. fertig gestellte Fabriciusbrücke (Abb. 3) zwischen dem linken Tiberufer und der Tiberinsel in Rom. Die beiden Bögen dieser Brücke sind jeweils 24,5 m weit gespannt. Die kleine Öffnung in der Mitte dient der Hochwasserentlastung. Die exakt behauenen Steinquader wurden ohne Mörtel versetzt. Um auch Zugkräfte über die Fuge übertragen zu können, wurden, wie bei der Cestiobrücke in Rom (Abb. 4), Eisenklammern als Bewehrung eingearbeitet.

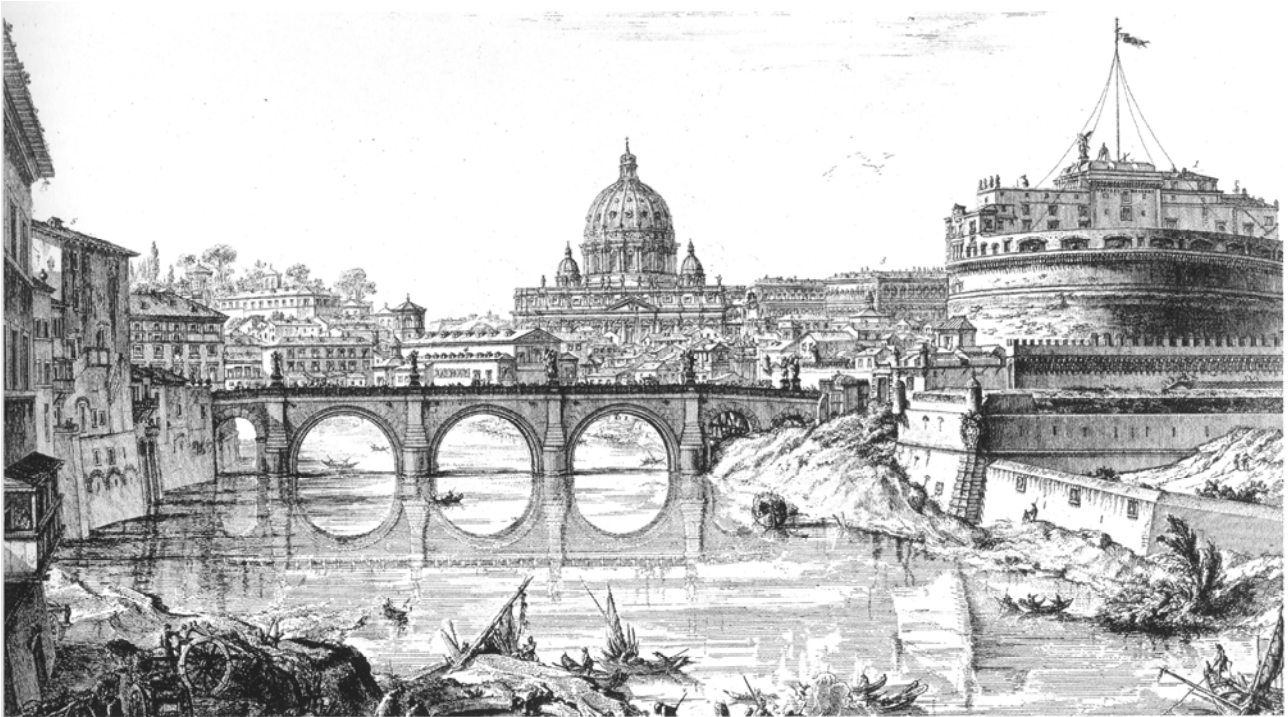


Abb. 2: Engelsbrücke, Rom, 136 n. Chr.



Abb. 3: Fabriciusbrücke, Rom, 62 v. Chr.

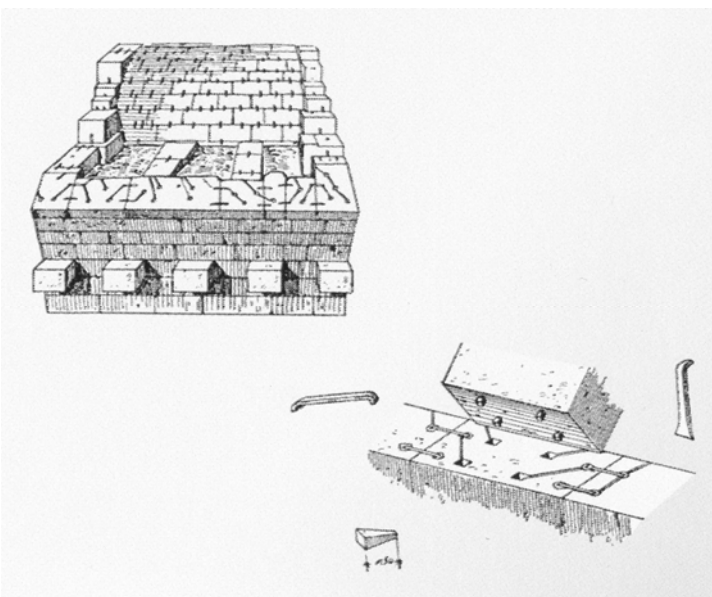


Abb. 4:
Durch Eisenklammern verbundene Steinquader der Cestiusbrücke, Rom

Zum anderen beeinflussten die Römer die weitere Entwicklung des Brückenbaus durch den Einsatz eines neuen Werkstoffs, des sogenannten „Opus Caementitium“ oder Römischen Betons. Der Römische Beton wurde in mehreren Lagen zwischen zwei Schalungswänden eingebracht. Die Schalung bestand entweder aus Holz oder aus gemauerten Wänden (Abb. 5, rechts). Als Zuschlag für ihren Beton verwendeten die Römer unter anderem Tuffsteine und Ziegelbrocken. Das Neuartige war jedoch die Zugabe von Puzzolanerde und Ziegelmehl. Auf diese Weise erhielten sie einen hydraulischen Mörtel.

Den Vorläufer der römischen Bauweise bildet das griechische „Emplekton“. Anders als die Römer verwendeten die Griechen für ihr Gussmauerwerk noch Kalkmörtel (Abb. 5, links).

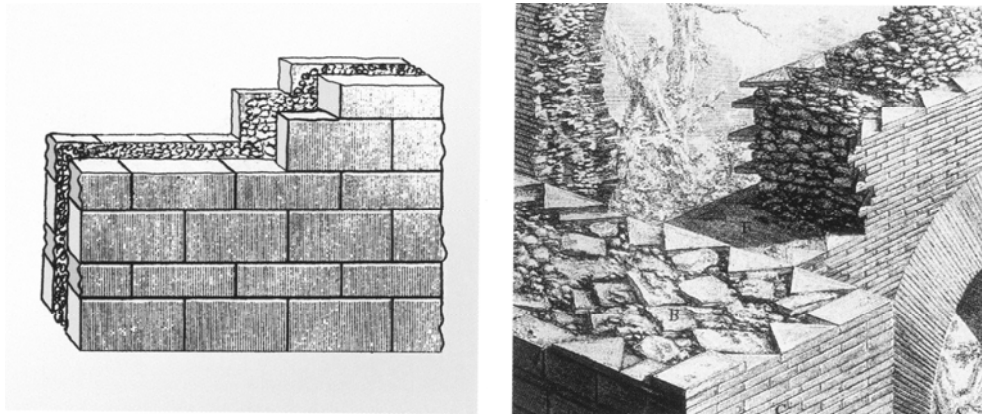


Abb. 5: Links: „Emplekton“, griechisches Gussmauerwerk, Süditalien, 200 v. Chr., rechts: „Opus Caementitium“, römisches Gussmauerwerk

Mit einer Länge von 275 m und einer Höhe von 49 m ist der unter Agrippa 19 v. Chr. fertig gestellte Pont du Gard bei Nîmes in Südfrankreich die größte noch erhaltene Steinbrücke (Abb. 6). Sie besitzt drei übereinander liegende Bogenreihen, die alle als klassische Halbkreisbögen ausgeführt sind. Die größte Bogenspannweite beträgt 24,5 m. Die erste Ebene diente dem Verkehr und wurde 1747 durch eine seitliche Straßenbrücke ergänzt. Die dritte Ebene diente der Wasserversorgung.

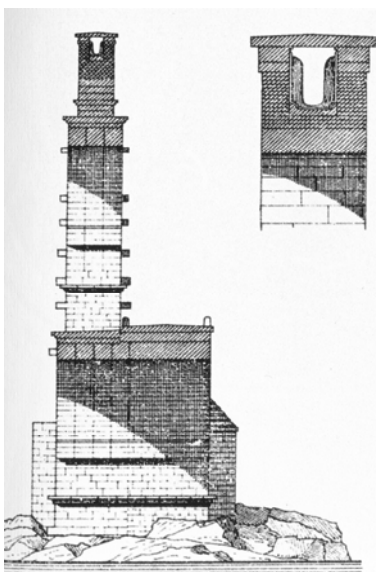


Abb. 6: Pont du Gard bei Nîmes, Südfrankreich, 19 v. Chr.

Anfänge der Baustatik

An der Bauweise der Massivbrücken änderte sich in den folgenden Jahrhunderten nur sehr wenig. Die inzwischen wieder aufgebaute Steinbrücke von Mostar aus dem Jahr 1566 (Abb. 7) erlangte vor allem durch ihre Zerstörung im jugoslawischen Bürgerkrieg traurige Berühmtheit. Sie besitzt bei einer Stützweite von 27,3 m einen Stich von 19 m. Konstruktion und Ausführung stützen sich auf die Erfahrungswerte der Baumeister früherer Zeiten.



Abb. 7: Brücke über die Neretva in Mostar, 1566

Die Mechanik, wie sie heute der Berechnung und Bemessung von Bauwerken zugrunde gelegt wird, entwickelte sich ab dem 16. Jahrhundert. Sie blieb jedoch noch für längere Zeit Teilgebiet der Mathematik und fand kaum Eingang in das praktische Baugeschehen. Ein Universalgenie, das sich auch mit praktischen Anwendungsmöglichkeiten der Mathematik im Bauwesen befasste, war Leonardo da Vinci. Er erkannte das Prinzip der Kräftezerlegung und wandte dieses Prinzip 1495 bei seinen Überlegungen zum Gewölbeschub an (Abb. 8, links). Von ihm stammt auch der Entwurf für eine Brücke über das Goldene Horn in Istanbul (1502-03, Abb. 8, rechts).

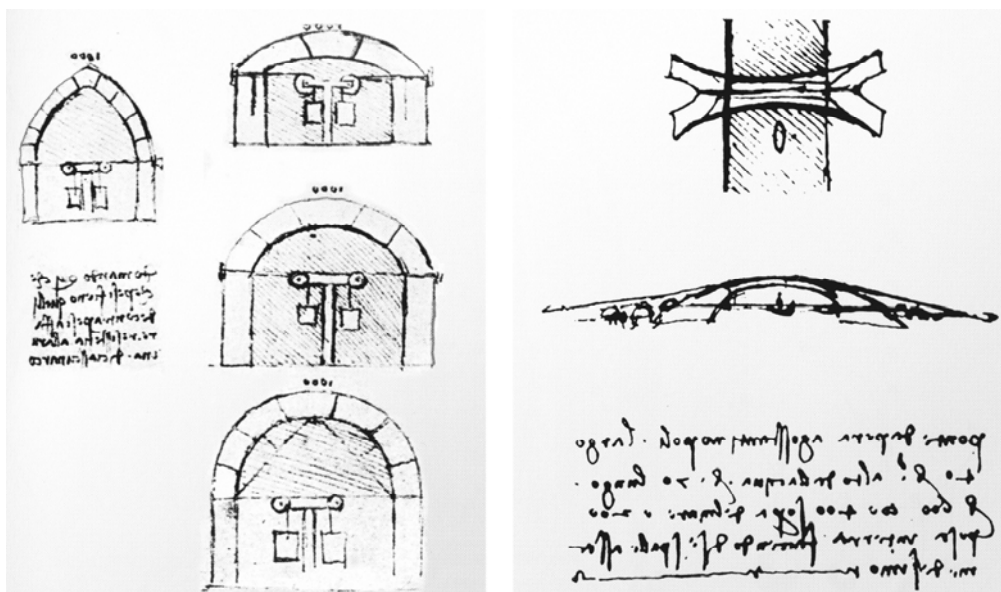


Abb. 8: Leonardo da Vinci: Entwurfskizzen

In der „Ecole des Ponts et chaussees“ in Paris wurden Mitte des 18. Jahrhunderts in Frankreich den künftigen „Ingenieuren“ nicht nur baupraktische Kenntnisse, sondern auch theoretische Kenntnisse auf dem Gebiet der Mathematik vermittelt. Als Reorganisator und Leiter dieser Schule war es Jean Rodolphe Perronet, der von 1768-1774 die Pont de Neuilly in Paris erbaute (Abb. 9). Gegenüber den frühen Steinbrücken mit Halbkreisbogen, weist die Brücke einen abgeflachten Korbbogen auf.

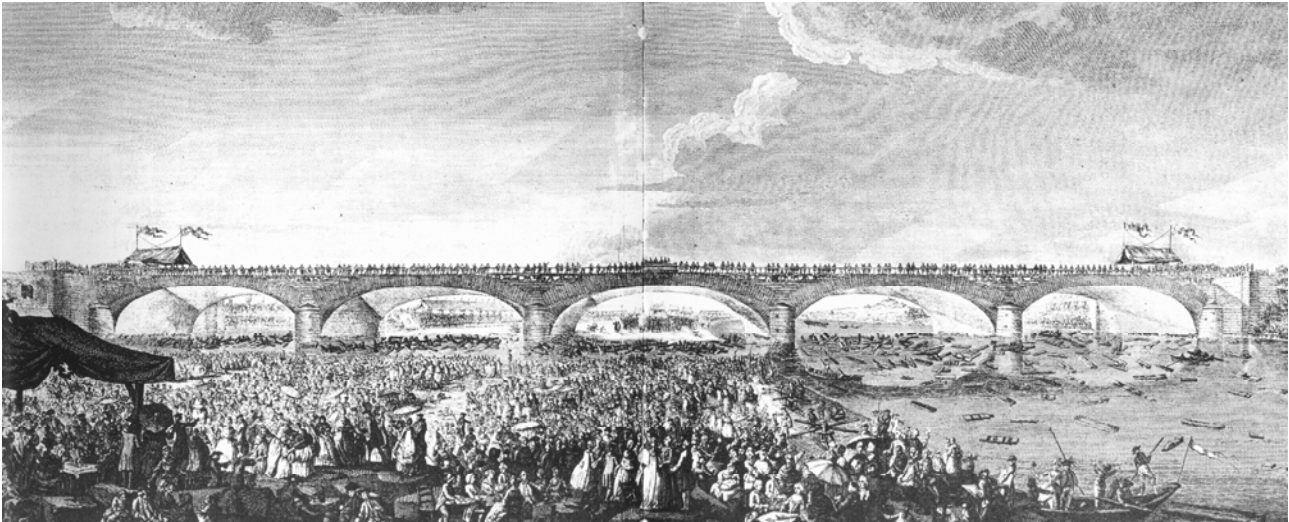


Abb. 9: Jean Rodolphe Perronet: Pont de Neuilly, Paris, 1768-74

Entstehung der Eisenbetonbauweise

Mit dem Aufkommen der kostengünstigeren Eisenbauweise Ende des 18. Jahrhunderts wurden die Brücken aus teurem Hausteinmauerwerk allmählich verdrängt. Erst die Entwicklung des Portlandzements, der in Verbindung mit geeigneten Sanden und Kiesen die Herstellung preiswerten Stampfbetons ermöglichte, verhalf dem Massivbrückenbau zu neuer Blüte. Neben der Problematik der zeitabhängigen Verformungen infolge Kriechens und Schwindens, die bei einigen Stampfbetonbrücken zu sehr großen Scheitelverformungen geführt hatte, besaß dieser neue druckfeste Werkstoff nur eine sehr begrenzte Zugfestigkeit. Dies legte den Gedanken nahe, den Beton durch den Einbau von Eiseneinlagen zu bewehren. Auf diese Weise entwickelte sich aus dem Beton- der Eisenbetonbau. Nun war es auch möglich, planmäßig biegebeanspruchte Tragwerkskonstruktionen auszuführen.

Einige Auszüge aus frühen Patenten von François Coignet, P. H. Jackson und Thaddeus Hyatt sind in Abb. 10 dargestellt. Coignet erkannte bereits 1855, dass die Längsstäbe bei Stützen verbügelt werden müssen, um ein Ausknicken der Bewehrung zu verhindern. Eine Querkraftbewehrung in Form von Schlaufen und aufgebogen Längsstäben war ebenfalls vorgesehen. Das Bewehrungssystem nach Hyatt erinnert sehr an eine Dübelleiste, wie sie heute zur Aufnahme von Querkraften eingesetzt wird. Auch die Idee, den Zugspannungen im Beton durch Vorspannung der Bewehrung entgegenzuwirken, entstand bereits sehr früh, Jackson erhielt 1886 ein entsprechendes Patent. Die praktische Umsetzung scheiterte jedoch, da bei den niedrigen Festigkeiten der damals zur Verfügung stehenden Stähle die Vorspannwirkung infolge der Langzeitverformungen des Betons schnell verloren gegangen wäre.

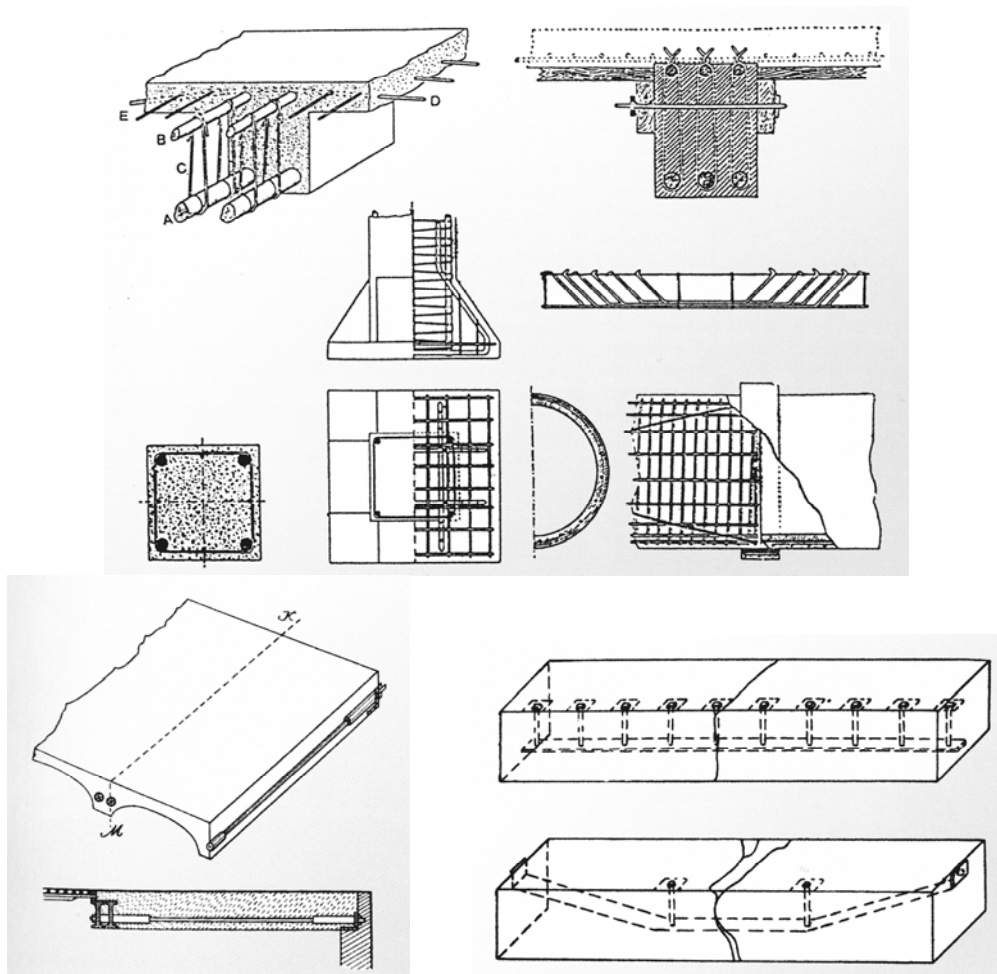


Abb. 10: Illustrationen aus Patenten von François Coignet (1855, oben), P. H. Jackson (1886, links) und Hyatt (rechts)

Ebenfalls als Pionier des Eisenbetonbaus gilt der Franzose Joseph Monier. Als Gärtner nutzte er den Beton für die Herstellung von Pflanzkübeln. Er verwendete Eisendrahtgitter, um seine Erzeugnisse haltbarer zu machen (Patent von 1867). Monier meldete darüber hinaus bis 1875 weitere Patente für Röhren, Behälter, Decken und Brücken an (Abb. 11).

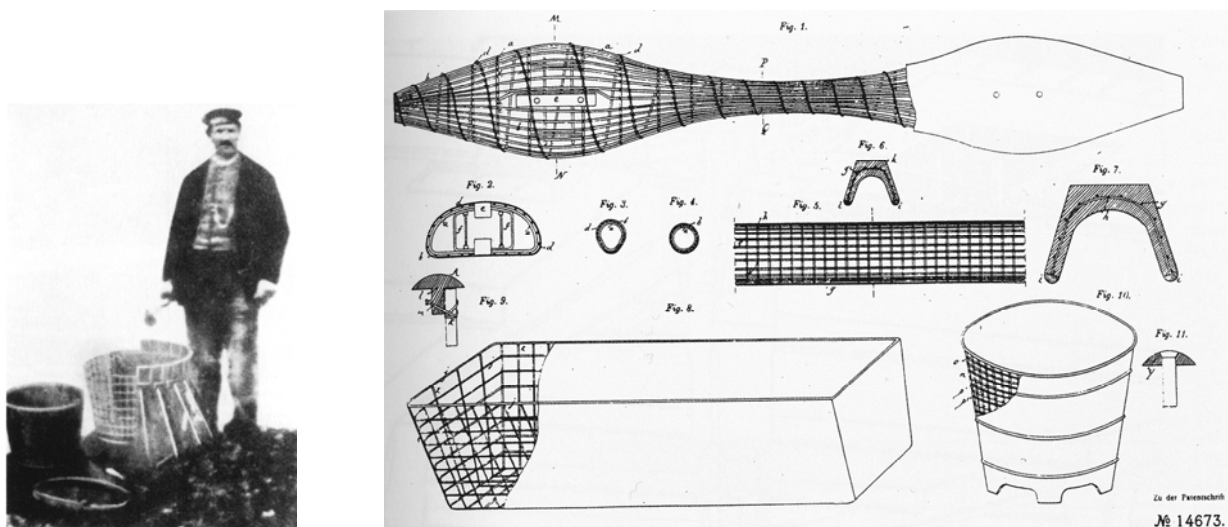


Abb. 11: Monier (links) und Auszug aus seinem deutschen Patent von 1881 (rechts)

Die erste Eisenbetonbrücke der Welt (Spannweite 16,5 m) errichtete Monier 1875 auf seinem Landsitz bei Chazelet (Abb. 12).

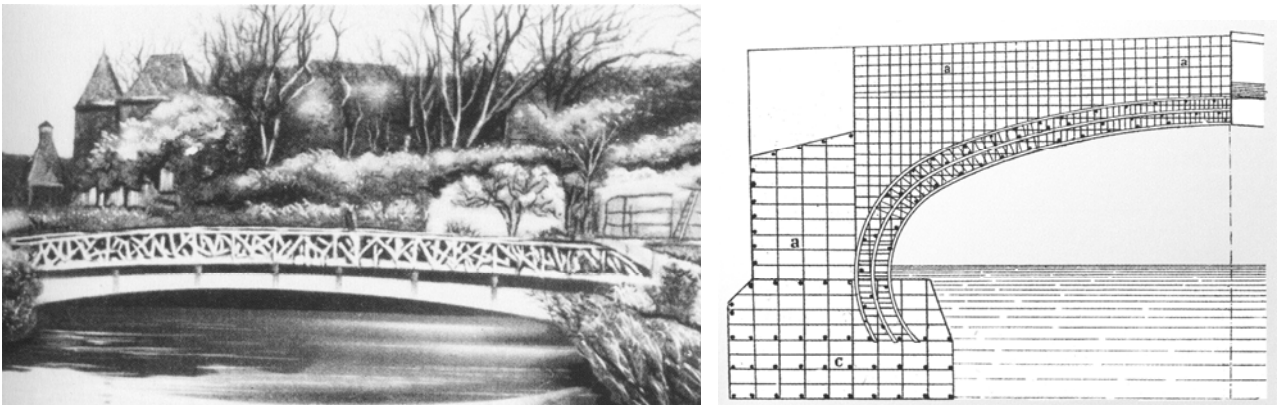


Abb. 12: Erste Eisenbetonbrücke der Welt auf Moniers Landsitz bei Chazelet, 16,5 m Spannweite, 1875 (links) und Illustration aus Moniers Zusatzpatent für Brücken, 1873 (rechts)

Auch die erste Eisenbetonbrücke der Schweiz in Wildegg wurde 1890 nach dem System Monier als massiver Bogen gebaut (Abb. 13). Mit einer Pfeilhöhe von 3,5 m bei einer Spannweite von 37,2 m ist der Bogen bereits sehr schlank.

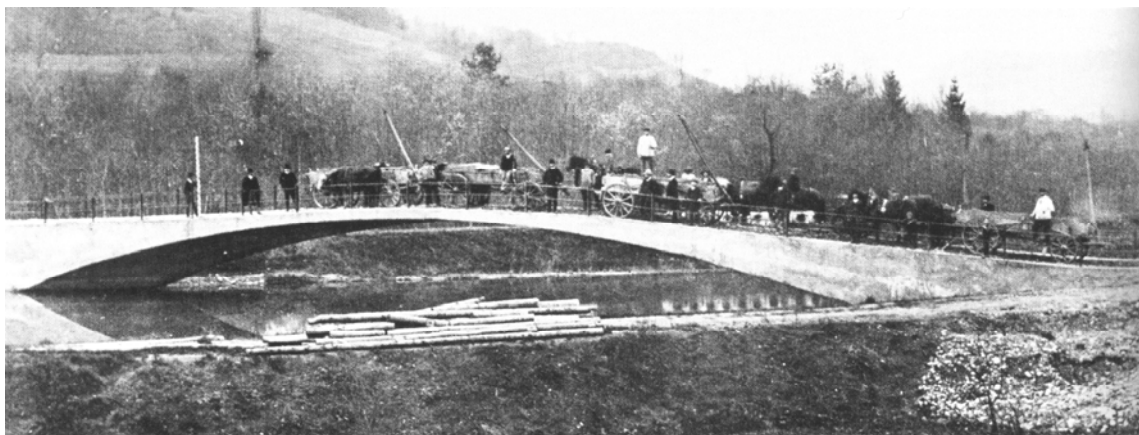


Abb. 13: Erste Eisenbetonbrücke der Schweiz, Wildegg, 1890

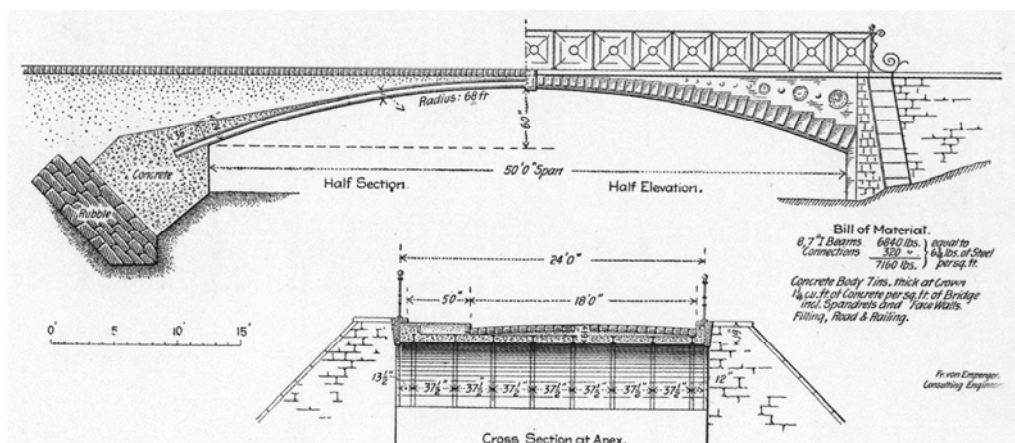


Abb. 14: Straßenbrücke nach dem System Melan

Ein Vorläufer der Verbundbrücken, bei denen Walz- oder Gitterträger mit Stampfbeton kombiniert wurden, geht auf Josef Melan zurück, der sich seine Bauweise als System Melan 1892 patentieren lies. In Abb. 14 sieht man die gekrümmten Stahlträger am unteren Rand des Bogens, die gleichzeitig als Schalungsträger dienten.

Trotz der durch den Einbau von Bewehrung geschaffenen Möglichkeit nun auch Zugkräfte übertragen zu können, blieb der überwiegend druckbeanspruchte Bogen auch bei den Eisenbetonbrücken zunächst das bewährte Tragsystem. Neue Anstöße kamen aus dem Bereich des Hochbaus. Hier führte der Steinmetz und Zimmermeister François Hennebique durch Auflösung der massiven Decken und Wände in dünne Platten und sich kreuzende Träger und Stützen die Skelettbauweise ein (Abb. 15).

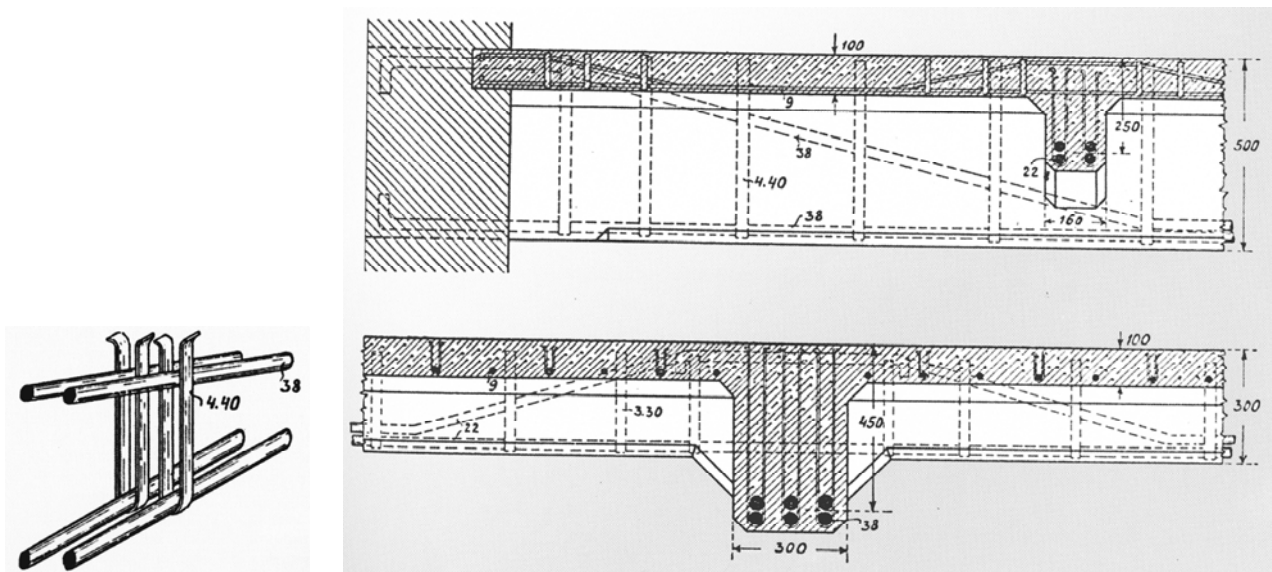


Abb. 15: Plattenbalken nach Hennebique

Auch im Brückenbau trat Hennebique für eine materialsparendere, leichtere Bauweise ein. Aus dem bisher massiven Bogen wird ein mehrzelliger Hohlkastenquerschnitt (Abb. 16).

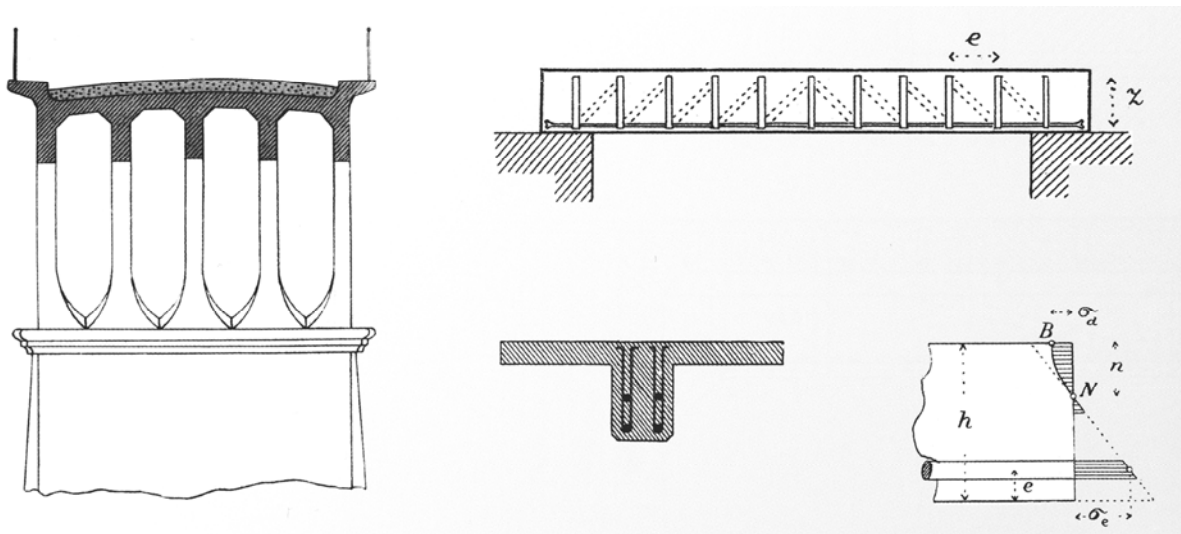


Abb. 16: Karl Wilhelm Ritter: Wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Bauweise Hennebique, 1899

Mit der Bauweise Hennebiques setzt sich 1899 Karl Wilhelm Ritter wissenschaftlich auseinander. In einer Veröffentlichung beschreibt er ein Fachwerkmodell zur Abtragung der Querkraft und korrigiert danach die Bemessungsansätze von Hennebique (Abb. 16).

Den mehrzelligen Hohlkasten mit Querwänden wendet Hennebique auch 1910 bis 1911 bei der Risorgimentobrücke in Rom an, die eine Spannweite von 100 m besitzt (Abb. 17).



Abb. 17: Hennebique: Risorgimentobrücke, Rom, 1910-11

Als ein Pionier des Massivbrückenbaus gilt der Schweizer Robert Maillart. Auch er verwendete 1901 für seine erste Eisenbetonbrücke, die Innbrücke Zuoz (Abb. 18), den Bogen mit mehrzelligem Hohlkastenquerschnitt.



Abb. 18: Maillart: Innbrücke bei Zuoz, 1901

In seinem Patent von 1902 (Abb. 19) beschreibt Maillart den Hohlkasten als Bogenträger mit einer Gewölbeplatte und einer Fahrplatte, die durch Längswände zu einem starren Ganzen verbunden sind.

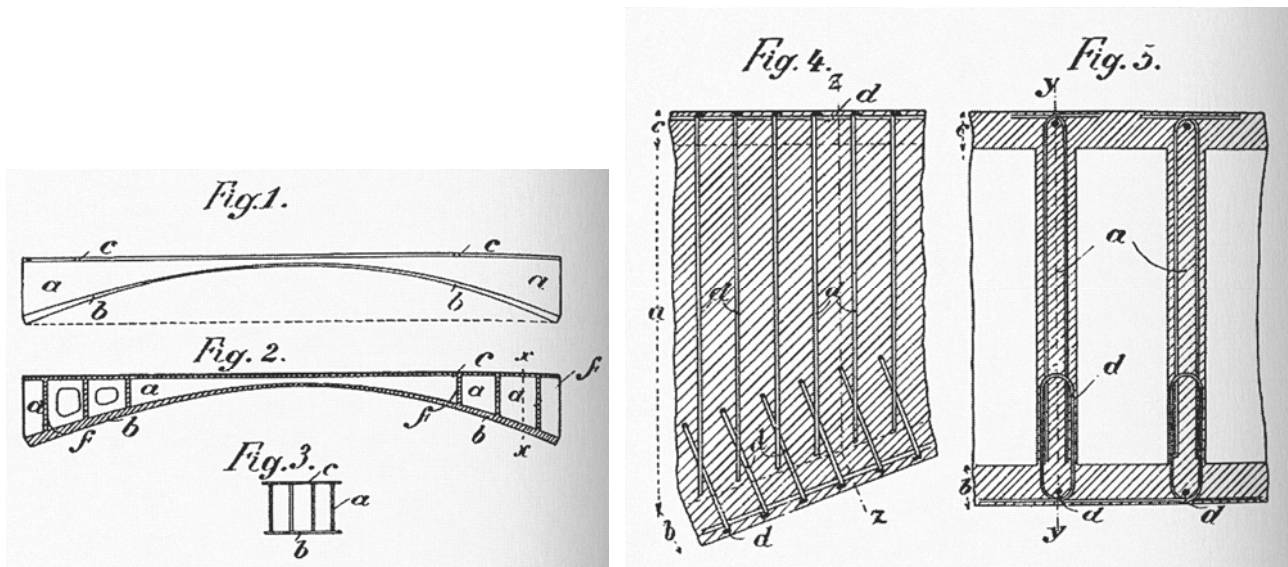


Abb. 19: Illustration zu Maillarts Patent aus dem Jahre 1902

Nach zwei Jahren wurden an der Zuozbrücke in der Nähe der Widerlager Schwindrisse in den Seitenwänden festgestellt. Beim Entwurf für die Tavanasa-Brücke (Abb. 20), die 1905 errichtet wurde, zog Maillart daraus die Konsequenzen. Er löste den Bogen im Bereich der Widerlager auf und verzichtete auf Längswände in den Bereichen, in denen an der Brücke in Zuoz die Risse aufgetreten waren. Außerdem ersetzte er den mehrzelligen Bogenträger durch einen einzelligen Hohlkastenquerschnitt.

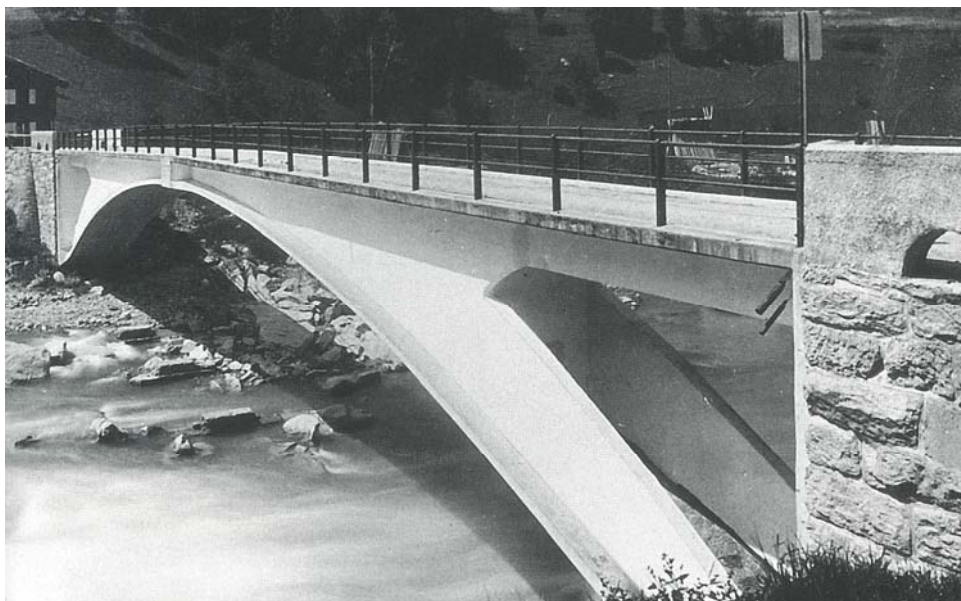


Abb. 20: Maillart: Rheinbrücke Tavanasa, 1905

Die Original-Konstruktionspläne der Tavanasa-Brücke zeigt Abb. 22.

Mit 90,04 m Stützweite ist die 1930 erbaute Salginatobelbrücke bei Schiers in der Schweiz (Abb. 23) die am weitesten gespannte Brücke Maillarts. Die Pfeilhöhe beträgt 13 m. Der Bogenquerschnitt ist wieder ein Hohlkasten. Die Seitenöffnungen sind sehr geräumig, und die Fahrbahn ist durch schlanke Zwischenstützen auf dem Bogen aufgeständert. Um Zwangspannungen zu reduzieren, wurde als statisches Grundsystem ein statisch bestimmter Dreigelenkbogen gewählt.

Auch wenn weiterhin der Bogen das bevorzugte Tragsystem der Eisenbetonbrücken blieb, entwickelten sich die anfänglich sehr massigen Konstruktionen zu immer leichteren und transparenteren Tragwerken. Dies kann anhand des Langwieser Viadukts (Abb. 24), welches 1912-14 von Eduard Züblin und Hermann Schürch errichtet wurde, und der Rheinbrücke Tamins von Christian Menn von 1963 (Abb. 25) veranschaulicht werden.

Tragwerksarten der Betonbrücken

Die Tragwerksarten der Betonbrücken lassen sich grundsätzlich in Konstruktionen mit überwiegender Druckbeanspruchung (Abb. 21 a und b) und Konstruktionen mit überwiegender Biegebeanspruchung einteilen (Abb. 21 c und d).

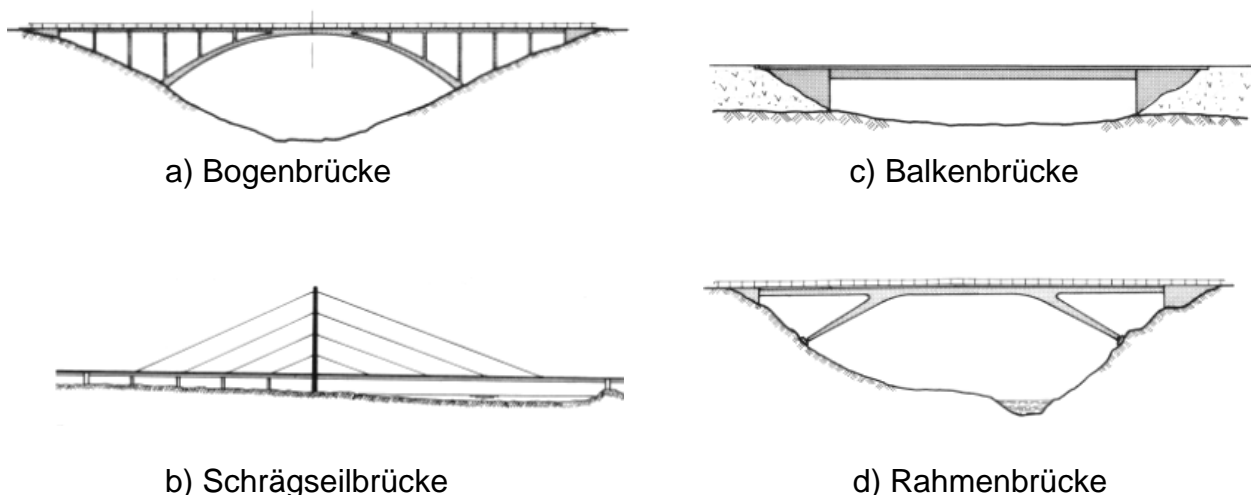


Abb. 21: Tragwerksarten der Betonbrücken

Zu den Tragwerken mit überwiegender Druckbeanspruchung zählen neben den bereits ausführlich behandelten Bogenbrücken die Schrägseilbrücken, bei denen der Pylon und der Brückenträger in Beton ausgeführt werden können.

Beispiele für diese Bauweise zeigt Abb. 27. Es sind die von dem bekannten Brückenbauer Christian Menn entworfene Ganterbrücke (1977-1980) und die Sunnibergbrücke (1996-1998) in der Schweiz. Die Achse der Sunnibergbrücke verläuft im Grundriss kreisförmig mit einem Radius von 503 m. Diese Brücke mit ihren harfenförmig angeordneten Schrägkabeln ist leicht als Schrägseilbrücke zu identifizieren. Bei der Ganterbrücke sind die Abspannungen in Betonscheiben versteckt. Dennoch ist auch hier der Lastfluss klar erkennbar.

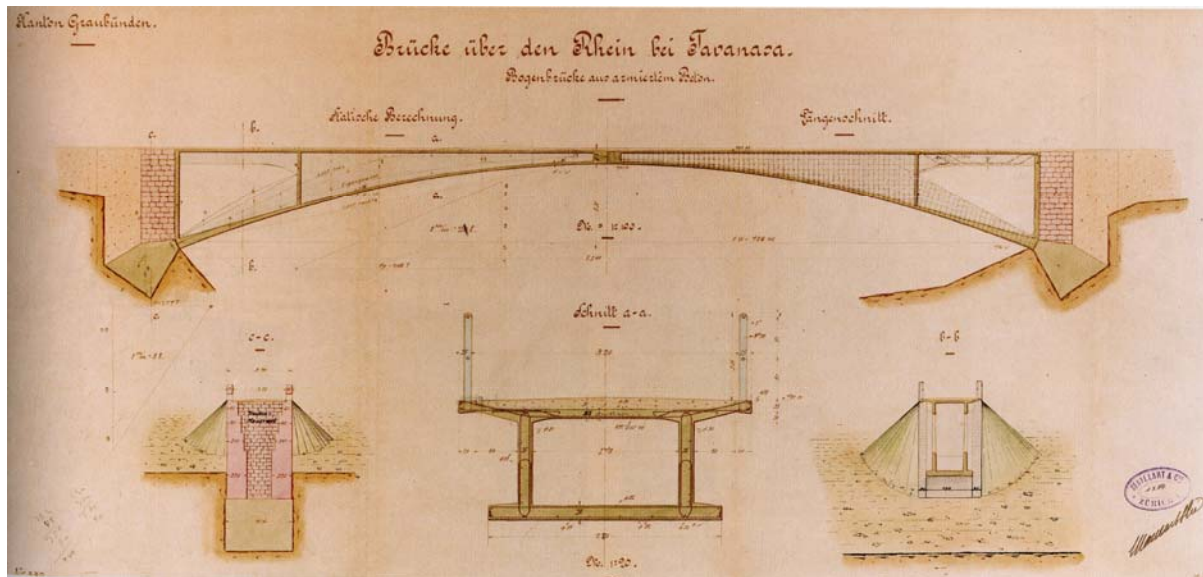


Abb. 22: Maillart: Originalzeichnungen der Rheinbrücke Tavanasa



Abb. 23: Maillart: Salginatobelbrücke, Schiers, 1929-30

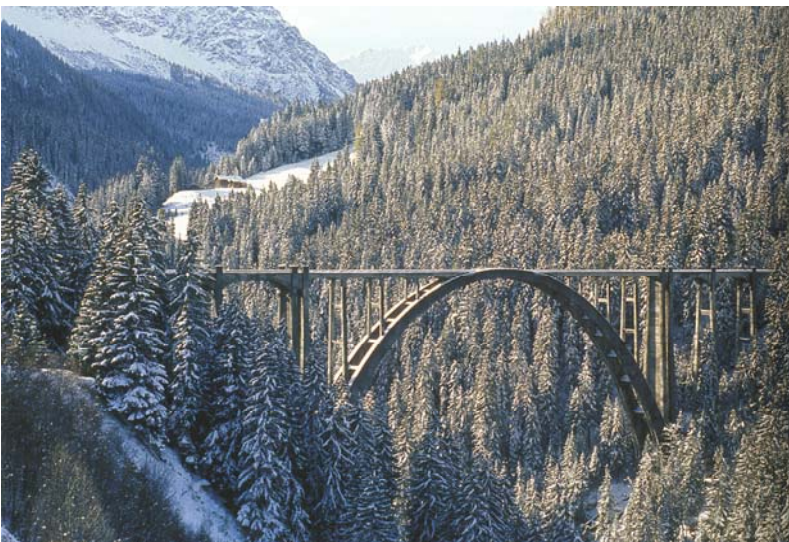


Abb. 24:
Eduard Züblin und Hermann Schürch: Langwieser Viadukt
1912-14



Abb. 25:
Christian Menn: Rheinbrücke
Tamins, 1963

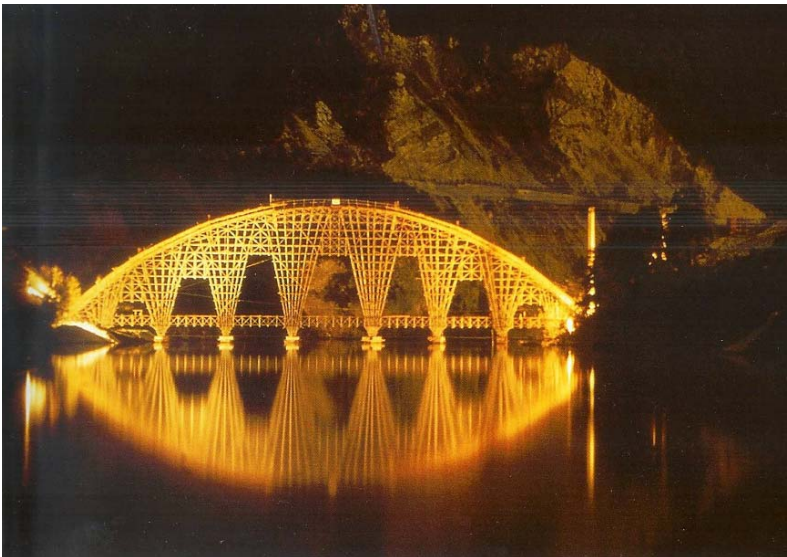


Abb. 26:
Lehrgerüst der Rheinbrücke
Tamins

Die Herstellung sämtlicher Bögen erfolgte auf Lehrgerüsten, die wie das Lehrgerüst für die Rheinbrücke Tamins (Abb. 26) selbst sehr häufig eindrucksvolle Konstruktionen waren.



Abb. 27: Christian Menn: Ganterbrücke, Eisten, 1977-80 (links) und Sunnibergbrücke, Klosters-Serneus, 1996-98 (rechts)

Spannbetonbau

Durch den Einsatz von Bewehrung war es möglich, auch überwiegend biegebeanspruchte Konstruktionen, nämlich Balken/Platten und Rahmen auszuführen. Mit dem Bau der Autobahnen in den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts entstand der Bedarf, zahlreiche Überführungsbauwerke zu errichten. Bei schlaff bewehrten Tragwerken sind jedoch die ausführbaren Stützweiten aufgrund der Rissbildung und des damit verbundenen Steifigkeitsverlustes limitiert.

Das Prinzip der Vorspannung war, wie oben erwähnt, bereits sehr früh erkannt worden. Die Ausführung scheiterte jedoch, da kein geeigneter Stahl mit ausreichend hoher elastischer Dehnbarkeit zur Verfügung stand. Dieses Problem war durch die Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Stahlerzeugnisse inzwischen gelöst, als der Franzose Eugene Freysinnet im April 1929 die Spannbetonbauweise in Deutschland patentieren ließ. Die erste voll vorgespannte Brücke mit Verbund in Deutschland ist die von ihm 1938 in Zusammenarbeit mit der Firma Wayss & Freytag errichtete Brücke bei Oelde in Westfalen (Abb. 28).



Abb. 28: Freysinnet mit Fa. Wayss & Freytag: Brücke Hesseler bei Oelde in Westfalen

Bereits von 1935-37 war die zehnfeldrige Bahnbrücke in Aue/Sachsen (Abb. 29) in Teilen (drei Felder) mit außerhalb des Betonquerschnitts angeordneten Spanngliedern (heute: externe Vorspannung) und einer teilweisen Vorspannung ausgeführt worden. Das von Franz Dischinger patentierte Verfahren sah zum Ausgleich der Spannkraftverluste infolge von Kriechen und Schwinden des Betons ein mehrmaliges Nachspannen vor, was bei verbundloser Vorspannung ohne Schwierigkeiten möglich ist. Um Konflikte mit dem Patent von Freysinnet zu vermeiden, wurde die Bauweise als unterspannter Eisenbetonträger und nicht als Spannbeton bezeichnet. 1995 musste die Brücke wegen baulicher Mängel abgebrochen und neu aufgebaut werden.

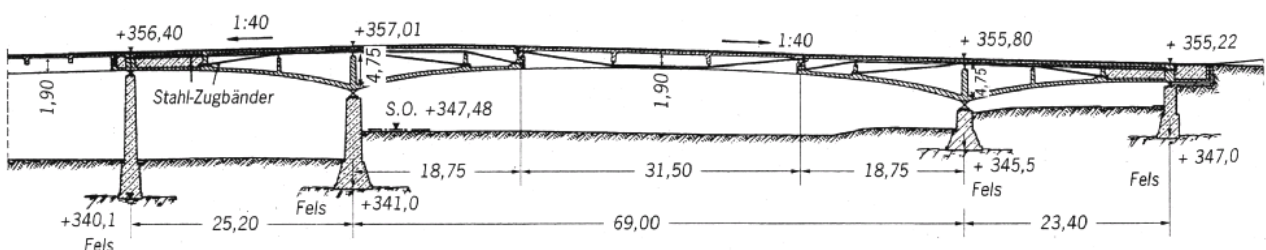


Abb. 29: Tragsystem der unterspannten Felder der Bahnbrücke in Aue/Sachsen

Bauverfahren

Die weitere Entwicklung im Betonbrückenbau war nach dem zweiten Weltkrieg vor allem durch neue Bauverfahren gekennzeichnet.

Eines dieser neuen Bauverfahren ist der *Freivorbau*, der bei einer Rheinbrücke erstmals 1952-53 angewendet wurde (Abb. 30, links). Beim Freivorbau wird der Brückenträger zunächst als Waagebalken hergestellt, indem zwei Kragträger ausgehend von den Brückenspfeilern abschnittsweise verlängert werden, bis schließlich in Feldmitte der Lückenschluss erfolgt. Auf diese Weise bleibt der Schiffsverkehr weitgehend unbeeinträchtigt.

Das Bauprinzip kann am Beispiel der Rheinbrücke Altenheim-Eschau in Abb. 30, rechts nachvollzogen werden. Die Hauptspannweite dieser dreifeldrigen Brücke in Mischbauweise beträgt 205 m, die der Nebenfelder 123 bzw. 133 m. Der Hohlkastenquerschnitt des Überbaus besitzt eine Breite von 14,75 m und eine Bauhöhe von 4,5 bzw. 8,6 m.



Abb. 30: Nibelungenbrücke Worms, 1953 (links) und Rheinbrücke Altenheim-Eschau, 2002 (rechts)

Bei der *Segmentbauweise* wird der Überbau aus separat vorgefertigten Elementen zusammengefügt (Abb. 31). Die Elemente können dabei auf der Baustelle oder in einem Fertigteilwerk hergestellt werden. Die Montage kann nach dem Prinzip des Freivorbaus oder auf Rüstung erfolgen.

Bei sehr langen, geraden Brücken, oder bei Brücken mit konstantem Krümmungsradius stellt das *Taktschiebeverfahren* die Regelbauweise dar, wie es bei der Ruhrtalbrücke Rumbeck 2000 angewendet wurde (Abb. 32). Beim Taktschiebeverfahren befindet sich der Betonierplatz hinter einem der beiden Widerlager. Dort wird jeweils ein Teilstück des Überbaus betoniert und nach dem Vorspannen in Richtung des gegenüberliegenden Widerlagers verschoben. Anschließend wird das nächste Teilstück anbetoniert. Am vordersten Teilstück ist ein stählerner Vorbauschubstempel befestigt, um die Beanspruchung des Kragarms bis zum Erreichen des nächsten Pfeilers zu reduzieren. Abb. 32 unten zeigt die Spanngliederführung im Inneren des Hohlkastens der Ruhrtalbrücke Rumbeck. Die Brücke ist in Längsrichtung ausschließlich extern vorgespannt und besitzt in Querrichtung ebenfalls eine verbundlose Vorspannung, die jedoch intern geführt ist.



Abb. 31:
Bang Na Expressway in Bangkok (2001)



Abb. 32:
Ruhrtalbrücke Rumbeck, 2000

Bei Bogenbrücken stellt das *Bogenklappverfahren* eine Alternative zur Herstellung auf Lehrgerüst dar. Dieses Verfahren findet insbesondere bei Brücken mit großen Spannweiten Anwendung. Der Bauablauf für die Argentobelbrücke, die 1984 mit einer Stützweite von 150 m errichtet wurde, ist in Abb. 33 dargestellt. Zunächst werden die beiden Bogenhälften mit Hilfe einer Kletterschalung in mehreren Betonierabschnitten hergestellt. Durch einen Zug-Druck-Stempel und gesichert durch Abspannseile können die beiden Bogenhälften während der Bauphase in die jeweils statisch günstigste Position verfahren werden, sodass die Biegebeanspruchung möglichst gering ist. Nach Fertigstellung der Bogenhälften erfolgt das Ablassen in die endgültige Lage und der Lückenschluss.

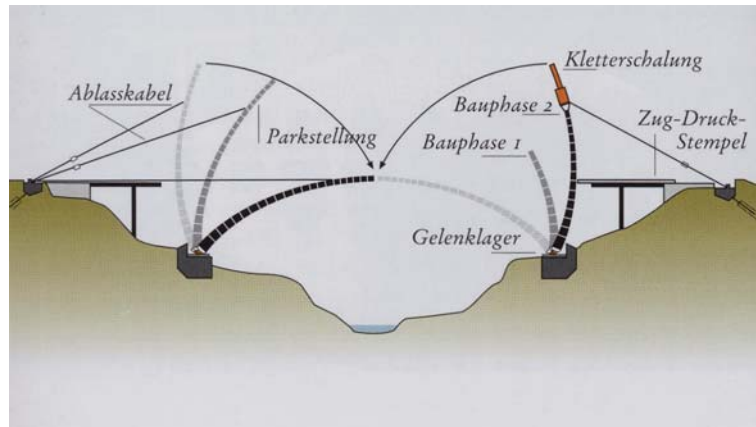


Abb. 33:
Argentobelbrücke, 1984

Verbundbau

Bei der Verbundbauweise werden Teile eines Tragsystems in Stahl und Teile in Beton bzw. Stahlbeton ausgeführt. Beim Brückenüberbau der Talbrücke Albrechtsgraben wurden, wie bei Überbauten für Verbundbrücken üblich, der Untergurt und die Seitenwände des Hohlkastens aus Stahl und die Fahrbahnplatte aus Stahlbeton hergestellt (Abb. 34).

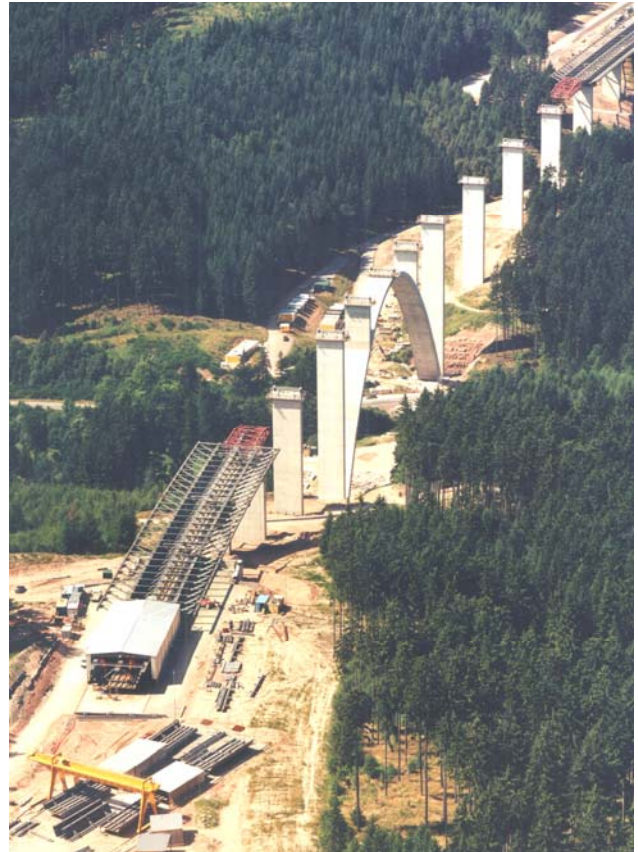


Abb. 34: Talbrücke Albrechtsgraben, 2002

Beim Karl-Heine-Bogen in Leipzig (Abb. 35) wurde der Bogenträger in Verbundbauweise ausgeführt. Hierzu wurde das Stahlrohr mit hochfestem Leichtbeton gefüllt.



Abb. 35: Karl-Heine-Bogen in Leipzig , 2000

Neuere Entwicklungen

Ausgehend von den normalfesten über die hochfesten Betone, für die in Deutschland inzwischen anerkannte Regeln der Technik existieren, stellen die ultrahochfesten Betone (UHPC) die neueste Entwicklungsstufe auf dem Gebiet der Betonbaustoffe dar. Diese zeichnen sich nicht nur durch eine sehr hohe Druckfestigkeit (ca. 150 bis 230 N/mm²) aus, sondern weisen auch hervorragende Dauerhaftigkeitseigenschaften auf. Fußgängerbrücken, wie die Seonyu Brücke in Seoul, Korea (Abb. 36) beweisen mit einer Spannweite von 120 m eindrucksvoll, welche leichte und filigrane Brückenkonstruktionen sich mit diesem neuen Werkstoff realisieren lassen.

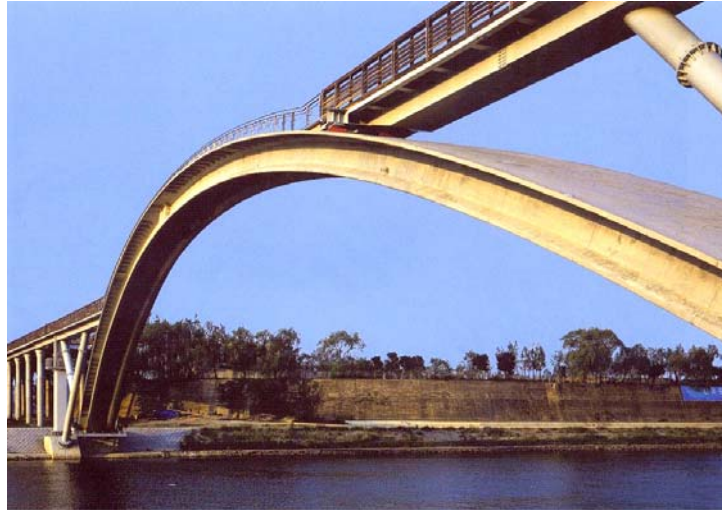


Abb. 36: Seonyu Brücke in Seoul, Korea, 2002

Auch in Deutschland wurden bereits mehrere kleinere Brücken aus UHPC ausgeführt. Die erste derartige Brücke in Deutschland befindet sich seit 2004 in Niestetal in der Nähe von Kassel und besitzt eine Stützweite von 12 m (Abb. 37). Sie wurde in Längsrichtung mit nachträglichem Verbund vorgespannt. In Querrichtung wird die Biegetragfähigkeit über die Stützweite von 3 m ausschließlich durch Stahlfasern sichergestellt.

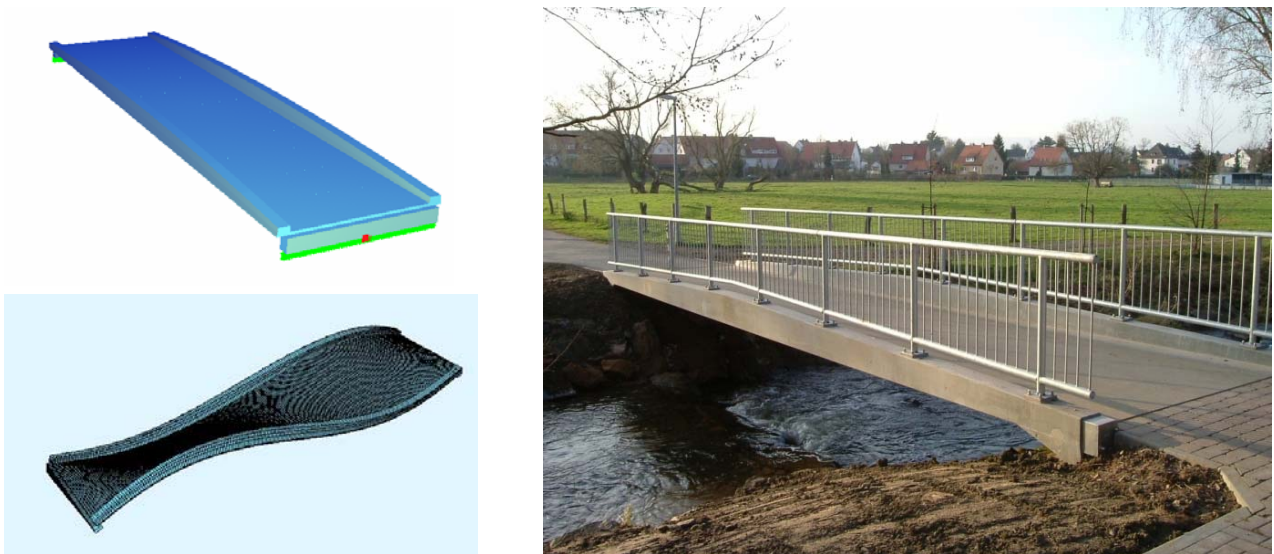


Abb. 37: Fuß- und Radwegbrücke aus UHPC über die Nieste, 2004, als FE-Modell (links) und nach der Fertigstellung (rechts)

Als weitere praktische Anwendung ultrahochfesten Betons in Deutschland wird 2006 die neue Gärtnerplatzbrücke über die Fulda als Hybridkonstruktion aus Stahl und UHPC errichtet werden. Abb. 38 zeigt den Längsschnitt des Entwurfs des Ingenieurbüros für Bauwesen IBB Fehling + Jungmann, Kassel.

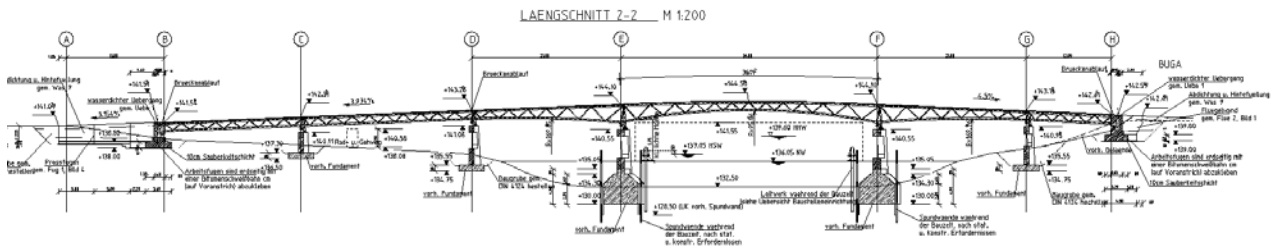


Abb. 38: Längsschnitt der geplanten Brücke in Kassel über die Fulda

Eine 3D-Animation des geplanten Brückenbauwerks ist in Abb. 39 dargestellt.



Abb. 39: 3D-Animation des geplanten Neubaus der Gärtnerplatzbrücke, Kassel, 2006

Die größte freie Stützweite der 6-feldrigen Brücke (Gesamtlänge 133,2 m) beträgt 36 m. Als Brückenlängsträger dient ein dreigurtiger Fachwerkträger mit variabler Bauhöhe. Die Obergurte bestehen aus UHPC-Fertigteilen mit Spannbettvorspannung, die nach der Montage des Gesamttragwerks durch eine interne Vorspannung ohne Verbund ergänzt wird. Der Untergurt und die Diagonalen werden als Stahlrohre ausgebildet und an den Obergurt über Kopfplattenverbindungen angeschlossen. Die Durchlaufwirkung wird durch Kopfplattenstöße auf der Baustelle hergestellt. Das Brückendeck besteht aus in Querrichtung vorgespannten, 5 m breiten, in Feldmitte 8 cm dicken Fertigteilplatten, die nach Herstellung des Dreigurtträgers aufgelegt und dann untereinander und mit den Obergurten schubfest verklebt werden (Abb. 40).

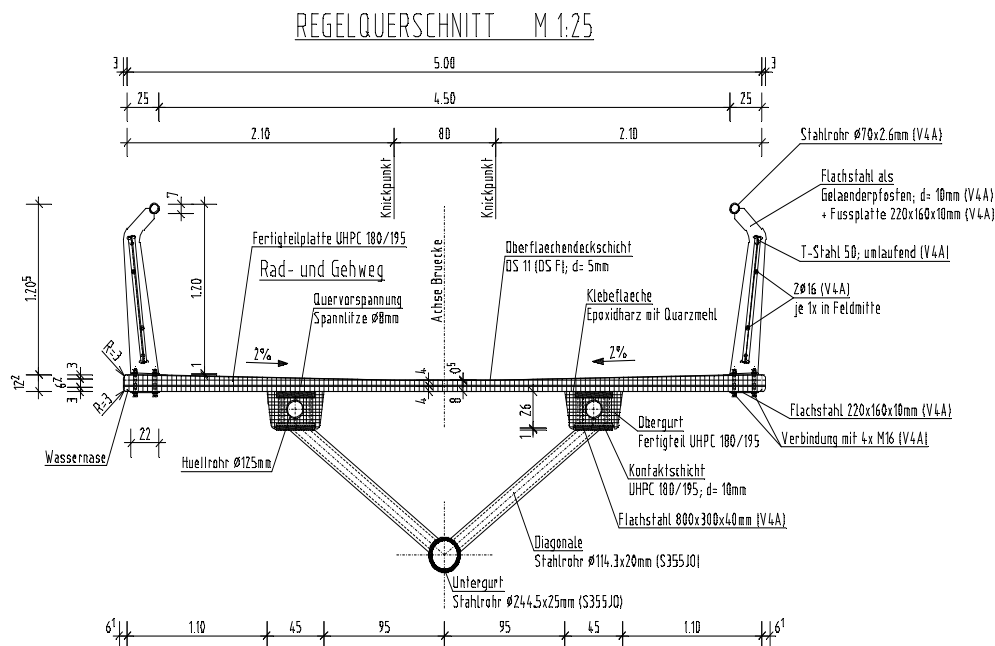


Abb. 40: Querschnitt der neuen Gärtnerplatzbrücke

Abbildungsnachweis

Abb. 1 bis 5, 6 (links), 8 bis 20, 22 bis 27 aus (Marti u.a. 2005)

Abb. 21 aus (Leonhardt 1979)

Abb. 28 und 30 (links) aus (Stiglat 2004)

Abb. 29 aus (Schleicher 1990)

Literatur

Leonhardt, Fritz, 1979: Vorlesungen über Massivbau, Teil 6 – Grundlagen des Massivbrückenbaues, berichtigter Nachdruck. Springer-Verlag Berlin/Heidelberg.

Marti, Peter; Monsch, Orlando und Schilling Birgit, 2005: Ingenieur-Betonbau. Gesellschaft für Ingenieurbaukunst, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.

Schleicher, C., 1990: Messtechnische Untersuchungen an der Bahnhofsbrücke Aue. Die Bautechnik 67 (1990), 149-154, Verlag Ernst und Sohn, Berlin.

Stiglat, Klaus, 2004: Entwicklungslinien der Betonbrücken – VSVi Seminar am 21. April 2004. Technikgeschichte für Ingenieure – Die Wurzeln des modernen Brückenbaus. 18-21, VSVI-Journal Wiesbaden.

Ingenieurbauwerke in Hessen

von

Werner Seim und Uwe Pfeiffer

Prof. Dr.-Ing. Werner Seim, Dipl.-Ing. Uwe Pfeiffer
Fachgebiet Bauwerkserhaltung und Holzbau
Universität Kassel, Kurt-Wolters-Str. 3, 34125 Kassel
Tel.: +49 561 804 2625, Fax: +49 561 804 7647
E-Mail: wseim@uni-kassel.de
E-Mail: uwepfeiffer@uni-kassel.de

ZUSAMMENFASSUNG

Vorgestellt wird eine Online-Präsentation zu Ingenieurbauwerken in Hessen. Erläutert werden die Kriterien für die Auswahl der Objekte, die Arbeitsweise bei der Bearbeitung der einzelnen Beiträge sowie die Gliederung und die Struktur der „Homepage“. Die Dokumentation ist noch unvollständig und befindet sich im Aufbau.

SUMMARY

An online-presentation of civil engineering constructions in Hesse is offered. Explained are the criteria for the selection of objects, the working method to deal with the contributions and the content and structure of the "homepage". The documentation is not complete; it is under development.

1 EINLEITUNG

1.1 Motivation und Zielsetzung

Die Entwicklung der Baukunst ist untrennbar mit technischen Innovationen und damit mit der Leistung von Bauingenieuren verknüpft. Aquädukte und Brücken der Römer, Gewölbe und Dachtragwerke aus dem Mittelalter und der Renaissance und frühe Eisenbetontragwerke, die Anfang des 20. Jahrhunderts entstanden, belegen dies genauso eindrucksvoll, wie imposante Türme und Hochhäuser oder filigrane, weitgespannte Stadiondächer.

Umso erstaunlicher ist es, dass in den klassischen Architektur- und Kunstführern technische Aspekte meist ausgeblendet und Ingenieurbauwerke - wenn überhaupt - so doch nur am Rande erwähnt werden. Kein Wunder, dass auch das Berufsbild des Bauingenieurs in der Öffentlichkeit nur sehr verschwommen wahrgenommen wird.

www.ingenieurbauwerke-hessen.de verfolgt zwei Ziele: zum einen sollen wichtige Zeugnisse der Ingenieurbaukunst - die sich auch in Hessen in großer Zahl finden - bekannt gemacht und erklärt werden. Zum anderen soll mit diesen Beispielen auch für den Beruf des Bauingenieurs geworben werden.

Initiiert wurde das Projekt von den „Haydauer Hochschulgesprächen 2001“. Die Anschubfinanzierung erfolgte dankenswerterweise durch den „Kasseler Hochschulbund e.V.“. Nicht verschwiegen werden soll an dieser Stelle, dass sich die Autoren vom beispielhaften „Ingenieurbauführer Baden-Württemberg“ inspirieren ließen (Schlaich u.a. 1999).

1.2 Auswahl der Objekte

Die Auswahl der Objekte erfolgt nach zwei Hauptkriterien:

Zum einen in Anlehnung an die Grundsätze der Denkmalpflege (Gesetz 1986), nach denen Kulturdenkmäler als Quellen und Zeugnisse menschlicher Geschichte und Entwicklung aufgefasst werden und somit der Zeugniswert eines Objekts maßgebend wird. In diesem Zusammenhang ist festzuhalten, dass die Denkmalgesetze der Länder neben künstlerischen und geschichtlichen ausdrücklich auch wissenschaftliche und technische Aspekte anführen, die ein schutzwürdiges Kulturdenkmal definieren.

Zum anderen werden Bauwerke dann ausgewählt, wenn Sie bereits mit der Fertigstellung erkennen lassen, dass es sich um ein herausragendes Ingenieurbauwerk handelt. Innovative Bauverfahren, Eleganz der Konstruktion aber auch Spannweite, Höhe oder Größe des Objektes sind Einzelkriterien, die ein Bauwerk für angehende und im Beruf stehende Bauingenieure aber auch für interessierte Laien zum beispielhaften Zeugnis aktueller Ingenieurbaukunst machen.

Grundsätzlich sollen alle Objekte, die vorgestellt werden frei zugänglich sein. Wo das nicht der Fall sein kann, werden Ansprechpartner genannt, die eine Besichtigung ermöglichen können.

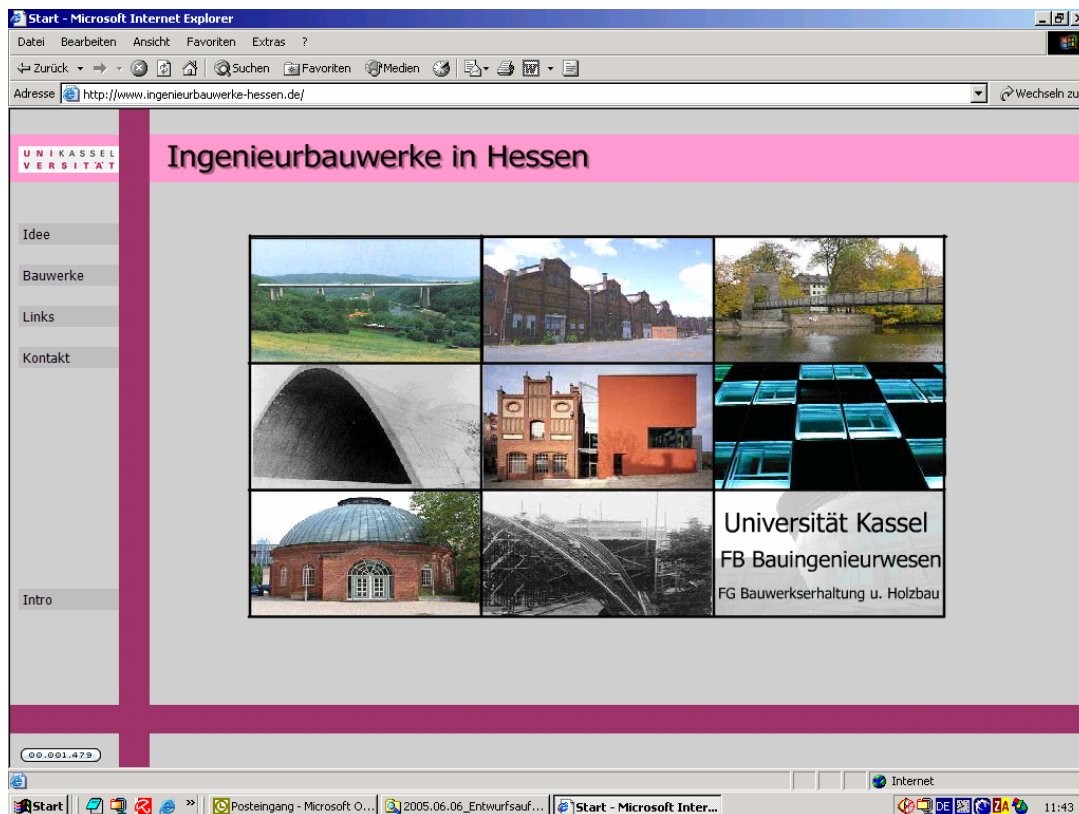


Abb. 1: „Eröffnungsbildschirm“ Ingenieurbauwerke Hessen

1.3 Arbeitsweise

Alle bisher dokumentierten Objekte wurden von Studierenden des Fachbereichs Bauingenieurwesen der Universität Kassel im Rahmen von Studien- oder Diplomarbeiten erfasst, umfassend dokumentiert und erläutert. Die für die Online-Präsentation bearbeitete Dokumentation stellt in allen Fällen nur eine Kurzfassung der umfassenden Ausarbeitungen der einzelnen Bearbeiter dar.

Abschließend erfolgte eine redaktionelle Überarbeitung der einzelnen Beiträge im Fachgebiet Bauwerkserhaltung und Holzbau der Universität Kassel, um – ohne die Individualität der einzelnen Beiträge zu verwischen – eine gewisse sprachliche und formale Einheitlichkeit sicherzustellen.

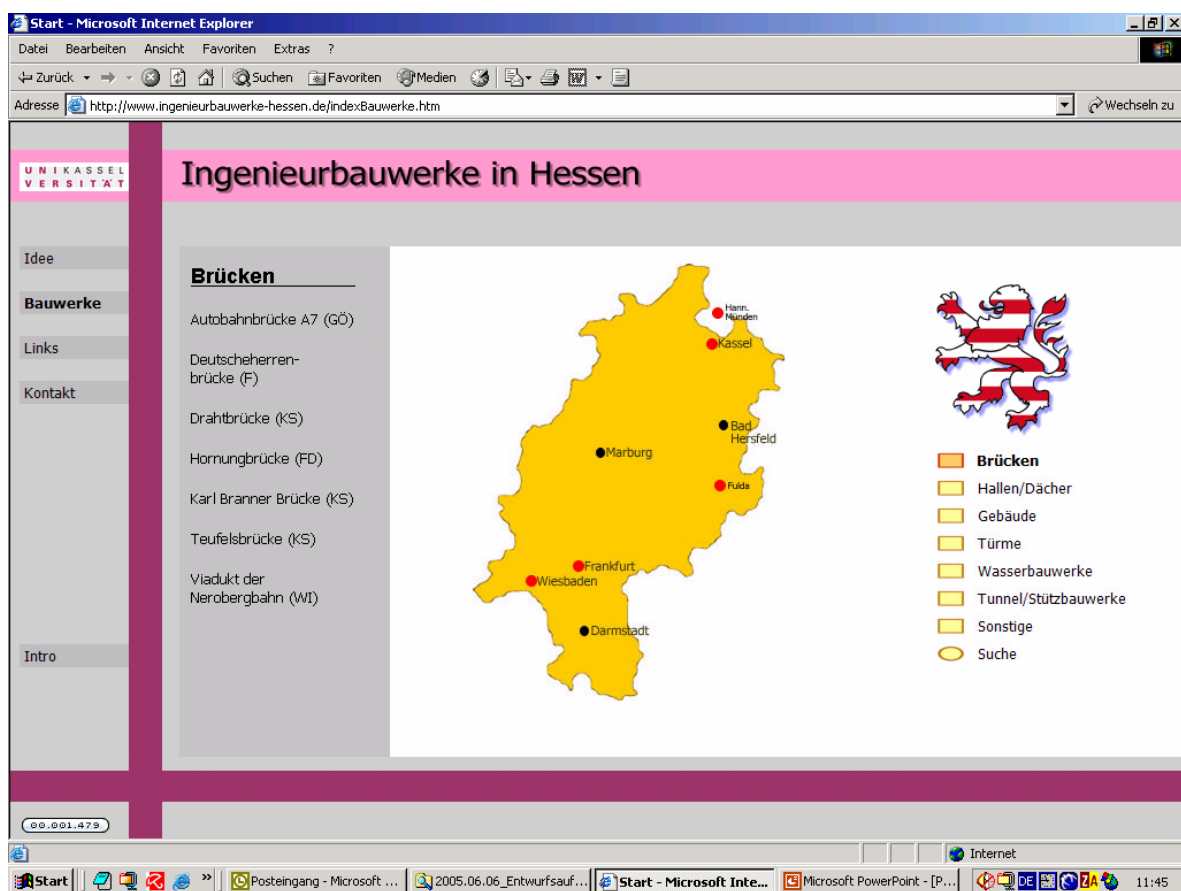


Abb. 2: Übersicht Brücken (Stand Oktober 2005)

2 GLIEDERUNG UND AUFBAU

2.1 Typologie

Der Zugang zu den Informationen über die einzelnen Objekte ist anhand der geographischen Lage interaktiv über eine Übersichtskarte von Hessen möglich. „Klickt“ man auf einen roten Punkt neben einer ausgewählten Stadt, so erhält man im linken Textfeld eine Übersicht über die recherchierten Bauwerke der Stadt sowie der näheren Umgebung.

Als Alternative kann der Benutzer seine Auswahl über den Bauwerkstyp treffen. Hier wurde folgende Gliederung definiert:

- Brücken
- Hallen/Dächer
- Gebäude
- Türme
- Wasserbauwerke
- Tunnel/Stützbauwerke
- Sonstige

Wählt man eine dieser Kategorien aus, so erhält man eine Auflistung entsprechender Objekte im linken Textfeld sowie eine bearbeitete Karte, in der nur noch diejenigen Orte rot markiert sind, die ein Objekt der entsprechenden Kategorie aufweisen.

2.2 Themen

Zu den einzelnen Bauwerken sind die wichtigsten Grunddaten sowie eine Anfahrtsbeschreibung abrufbar. Die Geschichte des Bauwerks und seine Funktion werden dokumentiert. Die Schwerpunkte der Baubeschreibung sind dann das Tragwerk und das Tragverhalten. Besonderheiten in Zusammenhang mit dem Bauablauf, der Nutzung und Instandsetzung oder bauphysikalische Gesichtspunkte werden erläutert. Dabei hängt es natürlich von der jeweiligen Kategorie und vom einzelnen Bauwerk ab, welche Besonderheiten im Vordergrund stehen.

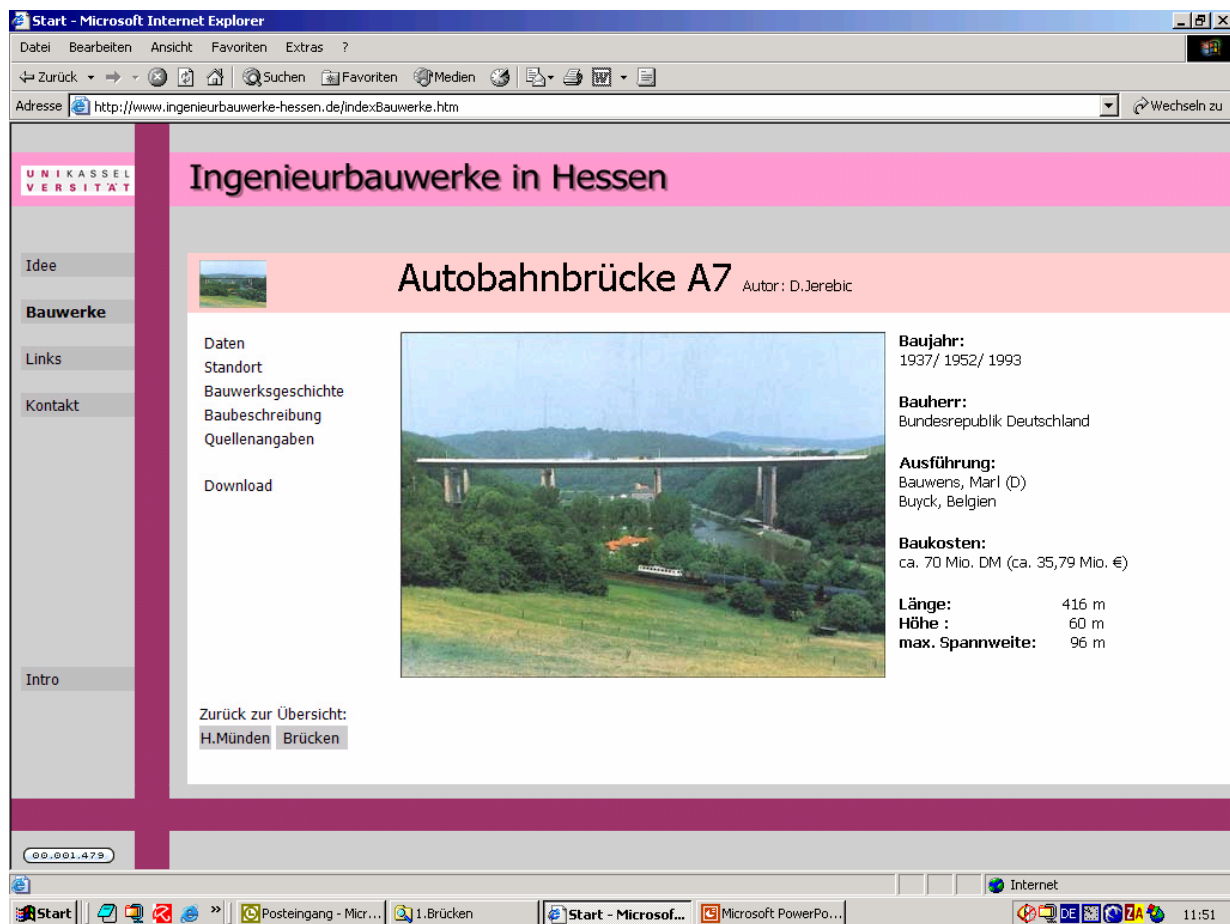


Abb. 3: Beispiel Autobahnbrücke über die Werra bei Hann. Münden

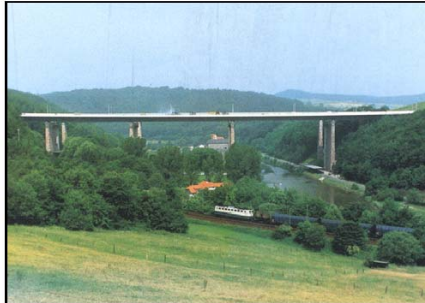
3 BEISPIEL

www.ingenieurbauwerke-hessen.de hält sich nicht strikt an die Landesgrenzen. Herausragende Objekte im grenznahen Bereich anderer Bundesländer werden ebenso berücksichtigt. So gehört die Autobahnbrücke, die im Zuge der A7 über die Werra errichtet wurde, genau genommen zum Gebiet des Landes Niedersachsen.

Abb. 4 zeigt am Beispiel dieser Stahlverbundbrücke, die zusammenfassende Dokumentation, die sich der Nutzer als pdf-Datei auf seinen Rechner kopieren und ausdrucken lassen kann.

Hann. Münden: Die Autobahnbrücke im Zuge der A7 über das Werratal bei Hannoversch Münden

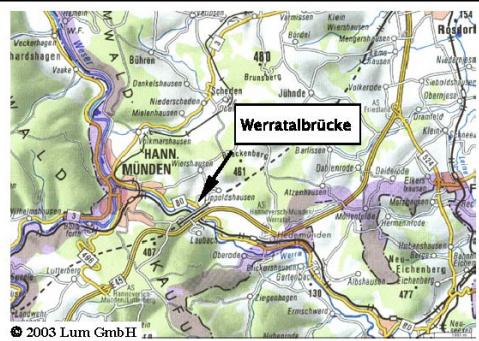
von Dagmar Jerebic



Baujahr:	1937/ 1952/ 1993
Bauherr:	Bundesrepublik Deutschland
Ausführung:	Bauwens, Marl (D) Buyck, Belgien
Baukosten:	ca. 70 Mio. DM (ca. 35,79 Mio. €)
Länge / Höhe:	416 / 60 m
max. Spannweite:	96 m

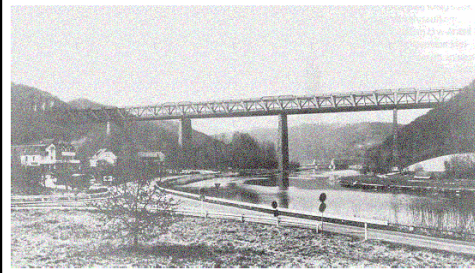
Standort

Die Werratalbrücke führt nördlich von Kassel bei Laubach (Landkreis Göttingen) über den Fluss Werra. Von der A7 gelangt man über die Abfahrt Hedemünden auf die Bundesstraße B 80, die direkt unter der Brücke entlang führt.



Bauwerksgeschichte

Die erste Autobahnbrücke über das Werratal an dieser Stelle wurde im Jahre 1937 im Zuge der Reichsautobahn Göttingen – Kassel fertiggestellt. Sie spannte, wie die heutige Brücke auch, über fünf Felder. Die beiden Stahlfachwerküberbauten lagen auf vier Brückenpfeilern auf. Die Pfeiler waren aus Stampfbeton mit Sandsteinen verkleidet. Zum Ende des zweiten Weltkrieges wurde die Brücke von der Wehrmacht gesprengt. Der Wiederaufbau erfolgte erst Anfang der 1950er Jahre. Die verbliebenen Unterbauten wurden ergänzt und konnten somit weitergenutzt werden. Zwei Pfeiler mussten komplett wieder aufgebaut werden. Für die Überbauten wählte man zum einen eine Stahlkonstruktion und zum anderen eine Stahlverbund- ...



www.ingenieurbauwerke-hessen.de

-1-

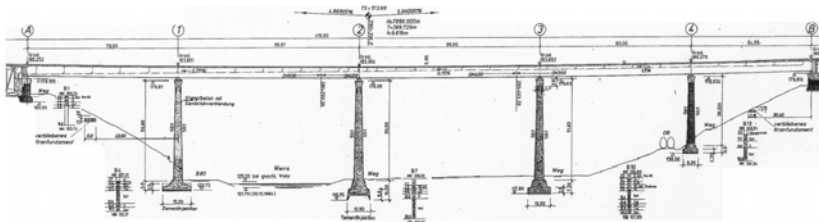
Abb. 4: Zusammenfassende Dokumentation der Autobahnbrücke über die Werra bei Hann. Münden (Teil 1)

...konstruktion, um Dauerhaftigkeit und Verformungsverhalten unterschiedlicher Systeme durch Langzeitmessungen zu vergleichen. Da die Überbauten Mitte der achtziger Jahre dem Verkehr nicht mehr gewachsen waren, wurden sie abgebrochen und durch Stahl-Beton-Verbundträger ersetzt. Die Pfeilerköpfe mussten hierfür verbreitert werden. Außerdem erhielt die Natursteinverkleidung im Zuge dieser Maßnahmen eine neue Ausfugung. Die so ertüchtigte Brücke konnte im Jahre 1993 in Betrieb genommen werden. Zeitgleich entstand neben der Brücke eine Eisenbahnbrücke im Verlauf der Neubaustrecke Hannover - Würzburg, die der Gestaltung der Autobahnbrücke angepasst wurde.



Baubeschreibung und Tragwerk

Die Fahrbahnplatte der Brücke besteht aus einer quer vorgespannten Spannbetonkonstruktion mit einer Güte C 35/ 45. Die größte Höhe der Rechteckpfeiler beträgt 50 m. Die Gesamtbreite zwischen den Geländern beträgt 35 m. Die Bauhöhe der Überbauten liegt bei ca. 5,80 m. Auf jedem der beiden Träger befinden sich drei Richtungsfahrstreifen und eine Standspur. Die Pfeiler und Widerlager bestehen aus Stampfbeton und sind mit einer Sandsteinverkleidung versehen.



Die Brücke ist flach gegründet. Der Überbau ist auf zwölf Topflägern in der Längsachse quer unverschieblich gelagert. Ein horizontal unverschiebliches Lager je Überbau befindet sich auf dem Widerlager. Alle anderen Lager sind längsverschieblich.

Abb. 5: Zusammenfassende Dokumentation der Autobahnbrücke über die Werra bei Hann. Münden (Teil 2)

Pfeilergestaltung

Das Bauwerk zeigt am nördlichen Widerlager Göttingen ein Relief auf, das während der Erstellung der ersten Brücke aus dem Sandstein herausgearbeitet wurde.

„Dem Arbeiter der Stim und dem Arbeiter der Faust“ entsprechen dem damaligen Zeitgeist.



Quellenangaben

Straßenkarte: DATAstreet Hessen

Bilder und Recherche: Straßenneubauamt Northeim und Niedersächsisches Landesverwaltungsamt / Landesvermessung

Abb. 6: Zusammenfassende Dokumentation der Autobahnbrücke über die Werra bei Hann. Münden

Literatur

- (Schlaich u.a. 1999) Schlaich J., Schüller M.; IngenieurbauFührer Baden-Württemberg, Bauwerk Verlag, Berlin, 1999
- (Gesetz 1986) Gesetz zum Schutze der Kulturdenkmäler (Denkmalschutzgesetz) Hessen in der Fassung vom 5. September 1986

Anhang

Publikationen zum Kasseler Technikgeschichtlichen Kolloquium

Alle Schriften sind zu beziehen bei der kassel university press GmbH, Diagonale 10, D-34127 Kassel. Homepage: www.upress.uni-kassel.de, E-Mail: geschaeftsfuehrung@upress.uni-kassel.de, Tel.: 0561/804-2159, Fax: 0561/804-3429 und dem Buchhandel.

Mit Ausnahme der Schrift von Hoffmann, Albrecht und Helmuth Schneider (Hrsg.) „Technik und Zauber historischer Wasserkünste in Kassel“. Diese ist zu beziehen über den Euregioverlag, Naumburger Straße 40, 34127 Kassel, Homepage: www.euregioverlag.de, E-Mail: info@euregioverlag.de, Tel. 0561/8615380 und Fax: 0561/8615370.



Albrecht Hoffmann:
Hessische Lebensbilder zur Kulturgeschichte des Wassers. Ein biographisches Handbuch 1350 – 1950.

April 2005

Kasseler Wasserbau-Mitteilungen Heft 5

Kassel university press GmbH.

ISBN-Nr.: 3-89958-127-X

400 Seiten, 165 s/w Abbildungen.

Preis: 18,00 €

Die Geschichte der Wasserwirtschaft und des Wasserbaus wird in der Regel am Beispiel von Entwicklungslinien in einzelnen Bereichen erzählt. So gibt es z. B. Bücher oder ausführliche Aufsätze über die Geschichte des Flussbaus, der Hydraulik, der Hydrologie, des Verkehrswasserbaus, der Wasserkraftnutzung, der Be- und Entwässerung, um nur einige zu nennen. Darin wird in der Regel an Hand einzelner Planungen und Projekte die technische Entwicklung aufgezeigt. Neben diesen oft von Ingenieuren verfassten Werken gibt es die technikgeschichtliche Literatur, in der Historiker die Wechselwirkungen zwischen Technik und menschliche Gesellschaft untersuchen.

Das Buch von Albrecht Hoffmann wählt einen anderen Ansatz. Im einleitenden Kapitel von 30 Seiten Umfang beschreibt er seine Vorgehensweise. Er bezieht sich auf Hessen in seinem heutigen Umfang, d.h. er schließt in seine Betrachtung das Kurfürstentum Hessen, das Fürstentum Waldeck, die Stadt Frankfurt und den größten Teil der früheren Großherzogtümer Hessen und Nassau mit ein. 250 Lebensbilder beschreiben Persönlichkeiten, die aus Hessen stammen oder dort längere Zeit gelebt haben und deren Tätigkeit zu wesentlichen Teilen mit dem einzigartigen Natur- und Lebenselement Wasser verknüpft ist.

Der Kreis der ausgewählten Persönlichkeiten umfasst Künstler, z. B. Maler und Bildhauer, aber auch Experten, die z. B. in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts in den großen Wasserversorgungs- und Abwasserprojekten als Planer und Bauleiter tätig waren. Wissenschaftler, die sich mit der theoretischen Durchdringung der "Wasserkunst" beschäftigten. Praktiker, deren Namen heute noch in den von ihnen gegründeten Firmen weiterleben und Wasser- und Gewässerforscher, die sich mit dem Wasserkreislauf, der Wasserqualität bis hin zu Gebieten wie der Wassertherapie und den Freibädern beschäftigten.

Die große Zeitspanne von 600 Jahren zeigt aber noch etwas anderes auf. In den Lebensbildern wird sehr deutlich, dass eine gute bautechnische Ausbildung lange nicht selbstverständlich war. Die Universitäten des Mittelalters und der frühen Neuzeit bildeten in der Regel für die allgemeine Verwaltung, für den Schuldienst und die Seelsorge aus. Die Baufachleute hatten selten eine akademische Ausbildung. Sie kamen aus dem Militär, Arbeiter und Handwerker spielten eine wichtige Rolle. An der Universität bot das Mathematikstudium einen Rahmen für den Erwerb hydraulischer Kenntnisse. Erst mit den höheren Gewerbeschulen in Kassel und Darmstadt und mit der Weiterentwicklung in Darmstadt zur Technischen Hochschule wurden im 19. Jahrhundert die Grundlagen des heutigen Bauingenieurwissens in Hessen gelegt.

So beschreibt das Buch exemplarisch am Beispiel hessischer Lebensbilder in großer Dichte eine Kulturgeschichte des Wassers.



Albrecht Hoffmann (Hg.):

Antike und mittelalterliche Wasserversorgung in Mitteleuropa

Kasseler Wasserbau-Mitteilung Heft 3:

Dezember 1995.

Herkules Verlag Kassel.

ISBN Nr. 3-930150-06-9

113 Seiten. 55 s/w Abbildungen, 9 Tabellen

Preis: 5,00 €

Während in der Vergangenheit die Bewunderung der Archäologen eher dem einzelnen Bauwerk galt, werden in der neueren Forschung die Funktionen der Anlagen sowie die politischen, sozialen und wirtschaftlichen Kontexte untersucht.

Die römische Wasserversorgung, deren räumliche Ausdehnung und Leistungsfähigkeit einen Höhepunkt der antiken Wasserversorgung darstellt, ist – gerade auch durch die Beiträge der Frontinus-Gesellschaft und des Leichtweiß-Instituts – gut bekannt. Ziel des Seminars „Wasser in der Geschichte“ an der Universität Gh Kassel im Jahr 1994 war es deshalb, einen besonderen Aspekt herauszuarbeiten. Es sollte untersucht werden, inwieweit ein Technologietransfer auf dem Gebiet der Wasserversorgung in Deutschland von der Antike in das Mittelalter erfolgte und welchen „fachfremden“ Einfluss der Bauherr ausübte. Dazu wurden die öffentliche Wasserversorgung der antiken Stadt Köln, die häusliche Wasserversorgung am Beispiel einer römischen Villa, die Wasserversorgung der mittelalterlichen Klöster in Hessen und Thüringen und die Wasserversorgung auf Höhenburgen im späten Mittelalter vorgestellt und in ihrer Funktion verglichen.

Als Ergebnis wurde festgehalten, dass die mittelalterlichen Ingenieure sehr oft technisch und ökonomisch angemessene Problemlösungen für die wasserwirtschaftliche Aufgabenstellung fanden. Bei den antiken Planungen dürfte der politische Wunsch nach Prunk- und Imponierbauten das Handeln des Ingenieurs stärker mitbestimmt haben.



Frank Tönsmann (Hg.):

Zur Geschichte der Wasserstraßen, insbesondere in Nordhessen

Kasseler Wasserbau-Mitteilung Heft 4

November 1995

Herkules Verlag Kassel

ISBN Nr. 3-930150-03-4

288 Seiten, 10 Farbabbildungen, 158 s/w

Abbildungen, 9 Tabellen

vergriffen

„Die Geschichte der Wasserstraßen, insbesondere in Nordhessen“ als Thema einer Kasseler Wasserbau-Mitteilung, scheint paradox. Gerade in den nordhessischen Wasserstraßen gibt es so gut wie keinen Güterverkehr mehr.

Doch die weitgehend erhaltene vorindustrielle Infrastruktur der Wasserstraßen macht die Entwicklung der Technik erlebbar und sie bildet die Grundlage für eine Entwicklungsperspektive.

Das Heft war Begleitheft zur Ausstellung „100 Jahre Hafen Kassel“ im Stadtmuseum Kassel im Winter 1995/1996. Der Inhalt vertieft die Thematik der Ausstellung.

In den Beiträgen wird grundlegend über mittelalterliche Schifffahrt am Beispiel der Fossa Carolina und über vorindustrielle Schifffahrt im Rheingebiet berichtet. Die weiteren Beiträge beschäftigen sich mit Aspekten der geschichtlichen Entwicklung der Schifffahrt auf Werra, Fulda und Weser.



Frank Tönsmann (Hg.):
Geschichte der Wasserkraftnutzung
Kasseler Wasserbau-Mitteilung Heft 7
September 1996
Herkules Verlag Kassel.
ISBN Nr. 3-930150-11-5
253 Seiten, 30 Farbbilder, 127 s/w Ab-
bildungen, 16 Tabellen
vergriffen

Wasserkraft ist im Kreise der regenerativen Energien (z. B. Biomasse, Photovoltaik, Windkraft) die bedeutendste mit den geringsten Stromgestehungskosten. Ihre zuverlässige und ausgereifte Technik ist Ergebnis eines zweitausend Jahre dauernden Entwicklungsprozesses, überwiegend in Europa.

In dieser Schrift wird einführend ein Überblick über die Wasserkraftnutzung in der Antike, dem Mittelalter und der frühen Neuzeit gegeben.

In den drei folgenden Teilen wird mit Hilfe einer Vielzahl von Beispielen die faszinierende technische Entwicklung im Bergbau, in der Wasserversorgung, in der Elektrizitätswirtschaft und in den städtischen Gewerbebetrieben aufgezeigt.

Ein weiterer Teil beschäftigt sich mit der Elektrifizierung der Region Nordhessen und beschreibt den Weg von der Einzelanlage zur Überlandversorgung. Abschließend wird ein Ausblick auf künftige Entwicklungen gegeben.



Albrecht Hoffmann/Helmuth Schneider
(Hrsg):
Technik und Zauber historischer Wasserkünste in Kassel
November 2000
Euregioverlag
ISBN Nr.: 3-933617-07-3
130 Seiten, 37 Farabbildungen, 30 s/w
Abbildungen
Preis: 10,00 €

In dem Buch sind die Beiträge des Kasseler Technikgeschichtlichen Kolloquiums 1999 dokumentiert:

Hoffmann, Albrecht: Der Neptun von Wilhelmshöhe,

Schneider, Helmuth: Vom Garten des Alkinoos zu den Kaskaden des Barockzeitalters,

Wimmer, Clemens Alexander: Die künstlerische Verwendung des Wassers in der Neuzeit,

Hoffmann, Albrecht: „Lebendig Wasser“ in der Voraue,

Modrow, Bernd: Die Wasserkünste des Parkes Wilhelmshöhe,

Martin, Petra Martina: Die Wasseranlagen im Schlosspark Wilhelmsthal.



Frank Tönsmann und Manfred Koch (Ed.)

River Flood Defence

Dreiteilige Kasseler Wasserbau-Mitteilung
in englischer Sprache Heft 9

September 2000

Herkules Verlag Kassel.

ISBN Nr. 3-930150-20-4

1418 Seiten. 15 Farbseiten, 631 s/w Abbildungen, 178 Tabellen

Preis: 75,00 €

Unter den Naturkatastrophen haben weltweit Überschwemmungen mit 32 % der Schadensereignisse, 31 % der ökonomischen Schäden und 55 % der Toten (1986 – 1995) eine herausragende Bedeutung. In dem dreiteiligen Buch „River Flood Defence“ werden die Entstehung, Auswirkung und Bekämpfung von Hochwasserereignissen von 130 internationalen Autoren beschrieben.

Das Buch enthält die Abschnitte Geschichte des Hochwasserschutzes, Hydrologische Daten und Niederschlag, Niederschlag-Abfluss-Modelle, Schadstoffe und Krankheitserreger im Hochwasser, Hochwasserrisiken, Neue Entwicklungen im Hochwasserschutz, Internationale Rhein-Maas-Aktivitäten (IRMA), Weltweite Projekte der Weltausstellung in Hannover (EXPO), Plakate und Berichte über die Tagung und Exkursion.

Es gibt eine Beschreibung des Standes der Forschung und Technik, gibt Hinweise für neue Entwicklungen und Forschungsbedarf und zeigt Beispiele aus Planung und Praxis. Besondere Schwerpunkte sind die Beiträge und Diskussionsergebnisse des Workshops „Schadstoffe und Krankheitserreger im Hochwasser“ und die Beschreibung und Bewertung der IRMA- und EXPO-Projekte.

River Flood Defence ist gleichermaßen geeignet für die Lehre und Forschung, aber auch für die wasserwirtschaftliche Praxis in Verwaltungen, Verbänden und Ingenieurbüros.

Der Abschnitt „History of Flood Defence“ enthält die Beiträge von:

Hoffmann, Albrecht: Floods and their Origin in the Medieval World of Thought. P. B-1 – B-9.

Wang, Zhao-Yin: History of Flood Defence in China – With Particular Reference to the Yellow River. P. B-11 – B-25.

Chowdhury, Jahir Uddin: Bangladesh, a State of Permanent Flood Risk. P. B-27 – B-36.

Schmidt, Martin: Flood and Flood Protection in Germany 850 – 1850. P. B-37 – 42.

Vischer, Daniel: Swiss Pioneers of Flood Protection. P. B-43 – 50.

Deutsch, Mathias; Karl-Heinz Pörtge und H.-G. Spanknebel: The Development of Flood Warning and Messaging Service in Thuringia. P. B-51 – 61.

Toensmann, Frank: About the History of Flood Defence. The Northern Hesse Example. P. B-63 – B-85.



Hoffmann, Albrecht (Hg.):

**Wasser zum Waschen und Baden – Die
sanitäre Bedeutung des Wassers im
Wandel der Zeit**

Kasseler Wasserbau-Forschungsbericht
und –Materialien Band 15

März 2002

Herkules Verlag Kassel

ISBN Nr. 3-930150-35-2

95 Seiten, 5 Farabbildungen, 45 s/w Ab-
bildungen.

Preis: 12,50 €

Im Laufe der Kulturgeschichte hat das Wasser in seiner vielfältigen Funktion als Mittel zur Reinigung und Säuberung sowie zur Körperpflege und zur Erhaltung der Gesundheit eine unterschiedliche Bewertung und Anwendung erfahren. Es gab Epochen in Europa, in denen das Wasser, wie in der Antike, eine tragende Rolle im urbanen Leben einnahm; es gab aber auch Zeiten, in denen es wegen vermeintlich gesundheitsschädigender Wirkungen aus dem städtischen Bereich verbannt und durch desinfizierende und deodorierende Maßnahmen ersetzt wurde. Ein grundlegender Wandel trat erst mit der Verbesserung der sanitären Verhältnisse in den Städten des ausgehenden 19. Jahrhunderts ein.

Diese Entwicklung wird in mehreren Beiträgen im vorliegenden Band näher dargestellt. Der erste Teil des Bandes bietet zunächst einen Abriss antiker und mittelalterlicher Bädertechnik und geht dann ausführlich auf die Bau- und Funktionsweise öffentlicher Badestuben im Mitteleuropa des Spätmittelalters ein. Den Abschluss des ersten Teiles bildet eine eingehende Darstellung der sanitären Situation im Deutschland der Kaiserzeit.

Der zweite Teil des Bandes befasst sich mit der Geschichte des Badewesens in Kassel und insbesondere mit der bauhistorischen und künstlerischen Bedeutung des barocken Marmorbades in der Karlsaue, das nach umfangreichen Restaurierungsarbeiten vor kurzem als Museum wieder eröffnet worden ist. Der Band schließt mit einer ausführlichen Literaturübersicht.



Hoffmann, Albrecht (Hg.):

Gezähmte Flüsse – Besiegte Natur, Gewässerkultur in Geschichte und Gegenwart

Kasseler Wasserbau-Forschungsberichte und -Materialien Band 18

März 2003

Herkules Verlag Kassel

ISBN Nr. 3-930150-37-9

188 Seiten, 38 Farbabbildungen, 31 s/w Abbildungen

Preis: € 15,00

In der Entwicklung trat im Europa des frühen 19. Jahrhundert eine merkwürdige Situation ein: Auf der einen Seite wurde in der Kunst der Romantik ein Bild heiler Gewässerlandschaften beschrieben, auf der anderen Seite schuf der Stand der technischen Entwicklung die Möglichkeit, stärker als je zuvor in das Gefüge von Gewässer und Landschaft einzugreifen. Mit diesem Widerspruch im Umgang mit unseren Gewässern hat unsere Gesellschaft lange problemlos leben können. Erst seit jüngerer Zeit wird kritisch über die Vergangenheit nachgedacht und es werden entsprechende Folgen für die zukünftige Gewässerkultur gezogen. Diese Thematik war Inhalt des 10. Kasseler Technikgeschichtlichen Kolloquiums im Juli 2002 in Kassel. In dem Tagungsband wird darüber und über die historische Entwicklung der Gewässerkultur berichtet. Die einzelnen Beiträge, die durch eine ausführliche Bibliografie am Schluss des Bandes ergänzt werden, behandeln folgende Themen:

- Überschwemmungen und Hochwasserschutz in der Spätantike
- Klöster, Kornmühlen und Kanäle im Mittelalter
- Das Wasser als Thema in der Landschaftsmalerei
- Die Kulturgeschichte eines Karstgewässers am Beispiel der Brenz
- Ein Beispiel des Gewässerausbaus im frühen 18. Jahrhundert
- Die Umgestaltung der Oder-Landschaft seit Mitte des 18. Jahrhunderts
- Die Begradigung des Oberrheins im frühen 19. Jahrhundert
- Die Korrektur der schweizerischen Juragewässer im späten 19. Jahrhundert
- Alte und neue Gewässerkultur am Beispiel der Emscher
- Die Entwicklung vom Flussbau zum Landschaftswasserbau



Albrecht Hoffmann und Achim Richter
(Hrsg.):

Wasser für Kassel – Zur Geschichte der Wasserversorgung der Stadt und ihrer Region

Kasseler Wasserbau-Mitteilung Heft 15

Juni 2004

Herkules Verlag Kassel

ISBN-Nr. 3-930150-25-5

352 Seiten, 31 Farbseiten, 255 s/w Abbildungen, 10 Tabellen.

Preis: 18,00 €

›Wasser für Kassel‹ ist ein Gemeinschaftswerk, das Historiker, Heimatforscher und Ingenieure sowie Fachleute aus den Bereichen Kunstgeschichte, Landschaftsarchitektur, Hydrogeologie und Stadtarchäologie zum 75-jährigen Bestehen der Städtischen Werke AG Kassel verfasst haben. Es beschäftigt sich mit der bis ins späte Mittelalter zurückreichenden ›Wassergeschichte‹ der Residenzstadt Kassel und ihrer Region und schildert die vielfältige Bedeutung, die das Wasser für das Leben und die Gesundheit der heimischen Bevölkerung und darüber hinaus als Kultur- und Wirtschaftsfaktor besessen hat. Wasser wurde nicht nur für den privaten häuslichen Bedarf und in sozialen Einrichtungen wie Hospitälern und Badestuben benötigt, es war auch wichtig für zahlreiche Wirtschaftsbetriebe wie Mühlen, Brauhäuser, Gerbereien usw.

Die Versorgung der Bevölkerung mit Wasser war ursprünglich keine öffentliche Aufgabe, sondern eine Sache, um die sich jeder Einzelne selbst zu kümmern hatte. Damit war der Alltag der Bevölkerung von der ständigen Sorge um das Wasser geprägt, was sich wie ein roter Faden durch die Sozial- und Wirtschaftsgeschichte Kassels und der übrigen Region zieht. Auch lebte die Bevölkerung immer wieder in Sorge vor dem Wasser. Neben seiner segensreichen Wirkung barg es Gefahren für Leib und Leben in sich, die von Verunreinigungen ausgingen oder auch dann auftraten, wenn die Fulda nach Schneeschmelze und heftigem Regen weite Teile der Stadt überflutete.

Obwohl in Kassel nutzbares Wasser in größerer Menge vorhanden war, führten Verschwendung und ein unzulängliches Verteilungssystem dazu, dass große Teile der Bevölkerung unter Wassermangel zu leiden hatten. Verschärft wurde die Lage zeitweilig durch den Betrieb der aufwändigen Wasserkünste im fürstlichen Schlosspark Wilhelmshöhe. An diesem Missstand änderte sich lange Zeit nichts, bis schließlich im ausgehenden 19. Jahrhundert im benachbarten Niestetal ein ergiebiges Quellwasservorkommen für Kassel erschlossen und die zentrale Hauswasserversorgung in Kassel eingeführt wurden. In den folgenden Jahrzehnten konnten weitere Vorkommen hinzugewonnen werden, ohne dabei die Notwendigkeit eines schonenden und sparsamen Umganges mit dem natürlichen Wasserschatz aus dem Auge zu verlieren. Heute trägt ein unter der Regie der Städtischen Werke Kassel großzügig entwickeltes und technisch vollkommenes Wassergewinnungs- und Verteilungssystem dazu bei, dass sämtliche Bevölkerungsteile der Stadt ausreichend und sicher versorgt werden.