

Die Fleischbrücke in Nürnberg

1596-1598

Band 1

Bauforschung

Band 2

Katalog der Entwurfs- und Konstruktionspläne

Band 3

Materialsammlung

Von der Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Stadtplanung der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Christiane Kaiser, geb. Mähner
aus Berlin

Gutachter:

Prof. Dr.-Ing. Werner Lorenz
Prof. Dr. phil. Rainer Graefe
Prof. Dr. phil. Andreas Kahlow

Tag der Disputation:

19.07.2005

Zusammenfassung

Die seit 1974 unter Denkmalschutz stehende Fleischbrücke in Nürnberg (erbaut 1596-1598) gilt als das bedeutendste Brückenbauwerk der Spätrenaissance in Deutschland.

In der dreibändigen Monographie wird die Fleischbrücke erstmalig mit den Methoden der Bau- forschung im historischen Kontext untersucht. Baugeschichte, Bauaufnahme, eine historisch akzentuierte statisch-konstruktive Analyse sowie Modellversuche im Maßstab 1:10 wurden herangezogen (Bd. 1).

Den zahlreichen Entwurfsplänen kam besondere Bedeutung zu, weil sie qualitative statisch-konstruktive Überlegungen visualisieren. Die ca. 100 Pläne – über Archive und Einrichtungen vorwiegend der Stadt Nürnberg verstreut – wurden erstmals systematisch erfasst und im „Kata- log der Entwurfs- und Konstruktionspläne“ (Bd. 2) aufbereitet.

Zum Denkmal gehörende Überlieferungen in Wort und Bild, die dessen Zeugniswert und öffent- liche Bedeutung dokumentieren, finden sich als repräsentative Auswahl in der „Materialsamm- lung“ (Bd. 3).

Die Monographie der Fleischbrücke entstand parallel zu Planungsarbeiten für eine konstruktive Instandsetzung seitens des Tiefbauamtes Nürnberg (Realisierung 2004/05).

Abstract

The "Fleischbrücke" bridge in Nuremberg (built 1596-1598), protected as a historic monument since 1974, has a reputation as the most significant bridge structure of the Late Renaissance in Germany.

This three-volume monograph provides the first analysis of the bridge using construction re- search techniques including construction history, building surveying and structural analysis. Scale model studies based on a scale of 1:10 were also used (Vol. 1).

Numerous design drawings are in existence. They visualise qualitative structural considerations and are therefore of special importance. Approximately 100 drawings – scattered across diffe- rent archives and facilities of the City of Nuremberg – were systematically recorded for the first time in a "Catalogue of design and construction drawings" (Vol. 2).

The "Documentation" volume (Vol. 3) contains a selection of written and visual records relating to the bridge that demonstrate its historical value and public significance.

The "Fleischbrücke" bridge monograph was prepared in parallel with design work for a structu- ral restoration of the bridge by the City's civil engineering department (the work was carried out in 2004/05).

Die Fleischbrücke in Nürnberg

1596-1598

**Band 1
Bauforschung**

Inhaltsübersicht

Abkürzungsverzeichnis	III
Vorwort	VI
I Einführung	1
I. 1 Die Fleischbrücke im Herzen der Nürnberger Altstadt	1
I. 2 Bedeutung der Brücken für Nürnbergs stadthistorische Entwicklung	4
I. 3 Zentrale Rolle der Fleischbrücke	8
I. 4 Rezeption und Wertschätzung	11
II Ausgangslage	17
II. 1 Zielsetzung der vorliegenden Arbeit	17
II. 2 Untersuchungsmethodik	19
II. 3 Stand der Forschung	21
II. 4 Quellen	23
II. 5 Dokumentation	31
III Historischer Kontext	36
III. 1 Steinbogenbrücken	36
III. 2 Traktate und bautechnisches, handwerkliches Fachwissen	46
III. 3 Das reichsstädtische Bauamt in Nürnberg bis 1595	62
III. 4 Ponte di Rialto	70
III. 5 Zusammenfassung: Historischer Kontext	79
IV Bauforschung	81
IV. 1 Bau- und Nutzungsgeschichte	81
IV. 1.1 Vorgängerbauten	81
IV. 1.2 Entwurf und Planung der Fleischbrücke	85
IV. 1.3 Errichtung der Fleischbrücke	97
IV. 1.4 Darstellungen der Fleischbrücke	120
IV. 1.5 Nutzungsgeschichte	126

IV. 2	Bau- und Schadensaufnahme	146
IV. 2.1	Vorbemerkungen	146
IV. 2.2	Durchgeführte Maßnahmen zur Konstruktiven Analyse	147
IV. 2.3	Technische Daten des Bauwerks	151
IV. 2.4	Mauerwerk: Struktur, Steinschnitt und Verband	158
IV. 2.5	Schadensbild	172
IV. 3	Statisch-konstruktive Analyse	178
IV. 3.1	State of the art	178
IV. 3.2	Vorgehen	186
IV. 3.3	Analyse mittels historischer „Werkzeuge“	187
IV. 3.4	Vorliegende Untersuchungen zur Fleischbrücke	190
IV. 3.5	Statische Idealisierungen für den Ist-Zustand und den geplanten Sanierungszustand	197
IV. 3.6	Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse	224
IV. 3.7	Modellversuche zum Steinschnitt der Fleischbrücke	228
V	Bewertung	237
V. 1	Statisch-konstruktive Qualität der Fleischbrücke	237
V. 2	Fleischbrücke im Vergleich zum Ponte di Rialto	242
V. 3	Ästhetische Qualität der Fleischbrücke	249
V. 4	Qualität der Sanierungen	251
V. 5	Ausblick	253
	Zusammenfassung	254
	Literatur- und Quellenverzeichnis	259
	Verzeichnis ungedruckter Quellen	272
	Verzeichnis Normen und Regelwerke	275
	Verzeichnis Programme	275
	Verzeichnis zitierter Internetadressen	276
	Glossar ausgewählter Begriffe des 16. Jahrhunderts in Nürnberg	277
	Verzeichnis spezieller Maßeinheiten	279
	Abbildungsverzeichnis	281
	Tabellenverzeichnis	292
	Diagrammverzeichnis	293
	Anschriftenverzeichnis Institutionen	295
	Ausführliches Inhaltsverzeichnis	296
	Digitale Version auf CD-ROM	300

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung	Einf.	Einführung
akt.	aktualisiert	Einl.	Einleitung
amerik.	amerikanisch	engl.	englisch
Anm.	Anmerkung	erw.	erweitert
ArchMu	Architekturmuseum der Technischen Universität München	et al	und andere (et alii)
ASV	Archivio di Stato Venezia	etc.	et cetera
Aufl.	Auflage	f.	folgende Seite
Ausg.	Ausgabe	FEM	Finite Element Methode
Bd.	Band, Bände	FH	Fachhochschule
bearb.	bearbeitet	fl	Gulden
bebild.	bebildert	fol.	Folio, Seite
BK	Brückenklasse	franz.	Französisch
BMB	Baumeisterbuch	Frhrn.	Freiherren
BNM	Biblioteca National Mar- ciana	geh.	geheime
BW	Bauwerk	ggf.	gegebenenfalls
bzw.	beziehungsweise	GNM	Germanisches National- museum, Nürnberg
CAD	Computer-aided design	graf.	grafische
chines.	chinesisch	HB	Historische Blätter
d. Ä.	der Ältere	Hrsg.	Herausgeber
d. J.	der Jüngere, diesen Jahres	Hs	Handschrift
DAfStB	Deutscher Ausschuss für Stahlbeton	Inst.	Institut
Diagr.	Diagramm	ital.	Italienisch
Diss.	Dissertation	Jh.	Jahrhundert
dn	Pfennig	KMD	Kraftmessdose
dt.	deutsch	komment.	kommentiert
		korr.	korrigiert

lb	Pfund	RIBA	Royal Institut of British Architects
LF	Lastfall	Rst., rst.	Reichsstadt, reichsstädtisch
LGA	Landesgewerbeanstalt Nürnberg	russ.	Russisch
LKW	Lastkraftwagen	sachl.	sachlich
LosgA	Losungsamt	SenStadt	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin
max.	maximal	SLW	Schwerlastwagen
Mitw.	Mitwirkung	StadtAN	Stadtarchiv Nürnberg
Müllner (I)	siehe Literaturverzeichnis Müllner, Johannes	StadtAU	Stadtarchiv Ulm
Müllner (II)	siehe Literaturverzeichnis Müllner, Johannes	StadtMN	Museen der Stadt Nürnberg
Müllner (III)	siehe Literaturverzeichnis Müllner, Johannes	StAN	Staatsarchiv Nürnberg
Müllner (IV)	siehe Verzeichnis ungedruckter Quellen StAN	StBN	Stadtbibliothek Nürnberg
MVGN	Mitteilungen des Vereins für Geschichte der Stadt Nürnberg. Das entspricht der früheren Bezeichnung für Nürnberger Mitteilungen = Nbg. Mittlg.	Stromer-Archiv	Archiv der Frhrn. Stromer von Reichenbach
N.F.	Neue Folge	techn.	technisch
Nachdr.	Nachdruck	transl.	translated
Nbg.	Nürnberg	u. a. m.	und andere(s) mehr
o. g.	oben genannten	u. a.	und andere(s)
o. O.	ohne Ort	u. U.	unter Umständen
o. V.	ohne Verlag	überarb.	überarbeitete
Proc. Instn. Civ. Engrs.	Proceedings of the Institution of Civil Engineers	übers.	übersetzt
Ratsb.	Ratsbücher	übertr.	übertragen
Rep.	Repertorium	Univ.	Universität, University
reprograf.	reprografischer	unveränd.	unveränderte
		v. l. n. r.	von links nach rechts
		v.	von
		veränd.	veränderte
		verb.	verbesserte

Verf.	Verfasser/in	Wz	Wasserzeichen
Verl.	Verlässe. Im Literaturverzeichnis für Verlag	ZDF	Zweites Deutsches Fernsehen
vers.	versehen	Zeichn.	Zeichnung
verso	rückseitig	zug.	Zugehörig
vgl.	vergleiche	zugl.	zugleich
W. v.	Wolfgang von		
wesentl.	wesentlich		
Wiederaufl.	Wiederauflage	*	geboren
wiss.	wissenschaftlich	†	gestorben
WLB	Württembergische Landesbibliothek	Ø	Durchmesser

Vorwort

Die Fleischbrücke in Nürnberg ist die bedeutendste Steinbogenbrücke der Spätrenaissance in Deutschland. Einmalig für ein Bauwerk des 16. Jahrhunderts ist zudem die ungewöhnliche Dichte an überliefertem Planmaterial in Form von Entwurfs- und Konstruktionsplänen.

Die vorliegende Monografie untersucht die Fleischbrücke umfassend unter Berücksichtigung des historischen Kontextes. In Band 1 (Bauforschung) werden Baugeschichte, Bauaufnahme und eine statisch-konstruktive Analyse der Fleischbrücke dargestellt und als Bilanz die Konstruktion im Kontext der Erbauungszeit sowie aus heutiger Sicht bewertet. Die zahlreichen Entwurfspläne und –gutachten sind erstmals systematisch erfasst und in Band 2 (Katalog der Entwurfs- und Konstruktionspläne) vollständig wiedergegeben. Eine repräsentative Auswahl von Überlieferungen des Denkmals in Wort und Bild, die den Zeugniswert der Brücke erkennen lassen, wurde in Band 3 (Materialsammlung) zusammengestellt.

Die Arbeit entstand während meiner Tätigkeit am Fachbereich Bauingenieurwesen der Fachhochschule Potsdam, an der ich als wissenschaftliche Mitarbeiterin das Fach Statik der Baukonstruktionen lehre. Durch meinen Kollegen Prof. Dr. phil. Andreas Kahlow lernte ich im Sommer 2000 Dr.-Ing. Holger Falter kennen, in dessen Besitz sich ein Nachlass mit etlichen Reproduktionen historischer Pläne der Fleischbrücke befindet. Die Pläne weckten mein Interesse an der Konstruktion und der Baugeschichte der Brücke. Erste Recherchen zeigten, dass eine umfassende Analyse dieses Bauwerks bislang nicht erfolgt ist. Die damals anstehenden Voruntersuchungen zu einer Sanierung durch die Landesgewerbeanstalt Nürnberg ließen es zudem sinnvoll erscheinen, grundsätzliche Bauforschung an dem Denkmal unter Einbeziehung der Quellen zu betreiben. Ermöglicht wurde dieses Vorhaben durch meine weitgehende Freistellung von Lehraufgaben aus Mitteln des Hochschulwissenschaftsprogramms (HWP).

An erster Stelle danke ich Prof. Dr.-Ing. Werner Lorenz für seine kritische Begleitung und viele wertvolle Anregungen insbesondere für die Betrachtung der Konstruktionsgeschichte. Prof. Dr. phil. Andreas Kahlow, der an der Fachhochschule Potsdam auf diesem Gebiet mein wichtigster Ansprechpartner war, und Prof. Dr. phil. Rainer Graefe danke ich für ihre Bereitschaft, als Gutachter tätig zu werden.

Nicht genug danken kann ich Dr.-Ing. Karl-Eugen Kurrer für seine anhaltende Bereitschaft zu fachlichem Austausch und Diskussionen. Dr. Antonio Becchi bin ich für wertvolle Gespräche über historische Traktate dankbar.

Mein Dank gilt Dr.-Ing. Holger Falter für die temporäre Überlassung des wissenschaftlichen Nachlasses zur Fleischbrücke, den er 1998 von Prof. Dr. Dr. Wolfgang Stromer von Reichenbach testamentarisch geerbt hatte: Kisten voller Material, Briefe, Reproduktionen von Plänen und Fotos – oft unbekannter Herkunft. Dieses Material erleichterte mir dennoch die Recherche nach historischen Quellen. Insofern danke ich auch – posthum – Prof. Dr. Dr. Wolfgang Freiherr Stromer von Reichenbach, dem Nachfahren des für den Fleischbrückenbau verantwortlichen Ratsbaumeisters der Stadt Nürnberg. Seine Tochter Rotraut von Stromer-Baumbauer zeigte mir dankenswerter Weise Schloss Grünsberg, den Stammsitz der Patrizierfamilie, in dem sich auch heute noch Archivalien befinden.

Für Unterstützung bei der Transkription historischer Texte danke ich Dipl.-Archivar Jonas Bakoubayi Billy und für die Entschlüsselung „unlesbarer“ Passagen dem Historiker Karl Kohn, dem ich auch für Hinweise zur Recherche in den Nürnberger Archiven danke. Dem Historiker

Helge Weingärtner danke ich für die Spur zu Texten über Brückensanierungen in Nürnberg im 16. Jahrhundert. Mein Dank gilt Dr. Peter Fleischmann, der testamentarisch die Verwertungsrechte an den Baumeisterbüchern I und II von Prof. Dr. Dr. Wolfgang von Stromer übertragen bekommen hatte, für die Erlaubnis, trotz der laufenden Makroverfilmung Einblick in beide Bände nehmen zu dürfen. Ich danke Herrn Arnold Klöck für die Korrektur der lateinischen Übersetzungen und Anna Lent für ihre Hilfe bei Übersetzungen aus dem Italienischen.

In Nürnberg erfuhr ich Unterstützung seitens des Tiefbauamtes zunächst durch Dipl.-Ing. Rainer Hartmann und in Folge durch Dipl.-Ing. Holger Schütte. Ich danke Dipl.-Ing. Gregor Stolarski und Dipl.-Ing. Günther Jost von der LGA Nürnberg, die mir die Mitarbeit an der Aufnahme der Brückenuntersicht ermöglichten. Für ausführliche Auskünfte und die Überlassung von Fotos über Arbeiten seitens des Tiefbauamtes am südlichen Fleischbrückenwiderlager Mitte der 1950er Jahre danke ich dem damaligen Bauleiter Dipl.-Ing. Roland Funk.

Meinem Kollegen Prof. Dr.-Ing. Dietmar Lindemann verdanke ich die Kontakte zur Senatsverwaltung für Stadtentwicklung insbesondere zu Herrn Dipl.-Ing. Johann Marcelis. Beide förderten die Beschaffung der entsprechenden Hardware und die Implementierung eines bei SenStadt entwickelten und für die FH Potsdam modifizierten Archivierungssystems. So war es mir möglich, ein digitales Archiv für Bild- und Planmaterial der Fleischbrücke aufzubauen. Meine Kollegin Prof. Dipl.-Ing. Betty H. Müller half mir dankenswerter Weise bei der Organisation und Durchführung einer Wahlpflichtveranstaltung zur Denkmalsituation in Nürnberg – inklusive der Fleischbrücke – und einer abschließenden Exkursion.

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projektes „Neue Medien in der Lehre des Bauingenieurwesens, KI-SMILE“, das ich zusammen mit Prof. Dr.-Ing. Johannes Vielhaber an der Fachhochschule Potsdam über drei Jahre leitete, unterstützte mich das Team insbesondere bei der Durchführung von den Bruchversuchen an Modellen und Frau Gisela Hilbert bei der Anfertigung technischer Zeichnungen. Ich danke aber auch allen anderen Kollegen am Fachbereich Bauingenieurwesen sowie am Fachbereich Informationswissenschaften Prof. Dr. Volker Schockenhoff für die kollegiale Anteilnahme.

Mein abschließender Dank gilt meinen Freundinnen Dr. Elisabeth Knackstedt, Nora Schön und Sigrid Hoff für ihre Begleitung und allen anderen, von denen ich lernen konnte und die zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

Mein Mann und unsere vier Kinder mussten in den vergangenen drei Jahren damit leben, dass ich häufig abwesend war und ihnen viele zusätzliche Lasten aufbürdete. Für ihre anhaltende Geduld und ihr Verständnis danke ich ihnen von Herzen.

I Einführung

I.1 Die Fleischbrücke im Herzen der Nürnberger Altstadt

Inmitten der Nürnberger Altstadt überspannt die Fleischbrücke in einem flachen Bogen die Pegnitz an ihrer engsten Stelle und verbindet die beiden Stadtteile St. Lorenz im Süden und St. Sebald im Norden. Sie führt damit von der heutigen Kaiserstraße zum Hauptmarkt (Abb. I-1).¹



Abb. I-1: Die Fleischbrücke von Osten. Vor 1909. Foto F. Schmidt.
In StadtAN: A47/I KS-88/XIV (vgl. Bd. 3, Foto 6)

Die Fleischbrücke in Nürnberg – seit 1974 unter Denkmalschutz – gilt als eines der bedeutendsten Brückendenkmäler der Renaissance. Sie wurde in den Jahren 1596 bis 1598 anstelle einer zweibogigen spätmittelalterlichen Steinbrücke unter der Oberleitung des Ratsbaumeisters Wolf Jacob Stromer (* 1561, † 1614) als flache einbogige Brücke aus Sandsteinquadern errichtet und überspannt die Pegnitz an „der Stelle der ältesten Flussquerung seit der Gründung des Orts“².

Die Fleischbrücke wartet nur mit wenigen Schmuckelementen auf. In dieser Hinsicht gibt es eine Entsprechung zu den Bürgerhäusern, die Nürnberg mit solcher Konsequenz ausbildete wie wenig andere Städte. „Die Grundform ist sehr einheitlich ... Die einzelnen Hausfronten sind streng und schmucklos. Jede plastische Bearbeitung fehlt. Die Gliederung besorgen allein die breiten Fensterreihen und das Eingangstor. Als einziges Schmuckstück sitzt ein mächtiger Erker auf der Dachschräge.“ Auch bei den Fachwerkbauten sei „die einfache und immer rein konstruktive Stellung des Fachwerks“ bezeichnend. „Dekorative Formen oder Schnitzereien kommen in Nürnberg nie vor; das Holzwerk bleibt immer schlicht, oft direkt steif.“³

Ähnlich streng ist das Erscheinungsbild der Fleischbrücke. Die Konstruktion an sich, der flache Bogen, zählt. Wenig lenkt von dieser Struktur ab. Und möglicherweise leitete die Baumeister bei der Gestaltung auch der Gedanke, den Dehio bezüglich mittelalterlicher Burgen äußert:

¹ Siehe Bd. 3 (Materialsammlung), Kap. 1, „Lagepläne“.

² Stromer (1988), S. 163.

³ Mulzer et al (1954), S. 50-51.

„Sie sollten nicht bloß stark sein, sondern zugleich auch stark scheinen. Darum wurde eine Übersteigerung der Form nach dem Wichtigen und Dräuenden gewählt.“⁴

Bei der Fleischbrücke sind in der Brückenmitte quer zur Fahrbahn halbkreisförmige Ausladungen angeordnet, – auch als Kanzeln, Auskragungen oder Erker bezeichnet – an denen sieben steinerne Wappen auf die patrizischen Septemviri verweisen, die zum Zeitpunkt des Brückenbaus als oberste Ratsherren die Geschicke der Reichsstadt bestimmten. Heute erkennt man auf der Unterstromseite sieben Nachbildungen der Originalwappen, auf der Oberstromseite ist nur noch ein Wappen vorhanden.⁵ An der Konsole unter den steinernen Wappen sieht man das Wappen des Ratsbaumeisters Stromer. Die Gestaltung der Kanzeln in der Brückenmitte ist ein typisches Element der rst. Nürnberger Brücken.⁶ Als weitere Gliederungselemente finden sich ein Gesims und vier Steinrosetten an jeder Seite. Ursprünglich mit figürlichen Darstellungen ausgestattet, zeigen sie jetzt ein einfaches Blumenmuster.

Ein stark beachtetes Gestaltungselement ist das 1599 als Verbindung zum Fleischhaus gebaute Ochsenportal (Abb. I-2 und I-3). Ein steinerner Ochse – sogar als Städtewahrzeichen von Nürnberg genannt – ruht auf dem Portal, unter ihm eine Inschriftplatte mit folgendem, oft zitierten Text: „*Omnia habent ortus suaque incrementa, sed ecce quem cernis numquam bos fuit hic vitulus.*“ (Alles hat seinen Ursprung und Wachstum, doch siehe, der Ochse, den du hier erblickst, ist nie ein Kalb gewesen).⁷



Abb. I-2: Ochsenportal im 18. Jh. In Blainville (1765), Abb. pag. 60



Abb. I-3: Darstellung der Ochsenhetz. Ende 19. Jh. In Barbeck-Heerdegen: Alt-Nürnberg – kulturgeschichtliche Bilder aus Nürnbergs Vergangenheit. Aus einer Folge von Stichen, Handwerker, Blatt 3

⁴ Dehio (1927), Bd. II, S. 297.

⁵ Siehe Fehring, Ress (1977), S. 281. Die kurze Beschreibung der Fleischbrücke in dem „Kurzinventar Kunstdenkmale der Stadt Nürnberg“ gibt z. T. falsche Wappen an. Die richtige Zuordnung der Wappen der Westseite (Blickrichtung von Westen) erfolgte nach genauem Vergleich mit Illustrationen von Nürnberger Patrizierfamilien. Von links nach rechts sind angebracht: Tucher, Fürer, Harsdörffer, Paumgartner, Imhoff, Welsler, Nützel. Auf der Ostseite ist nur das Volckamer Wappen zu sehen. Weitere Erläuterungen zu den steinernen Wappen siehe „Austausch und Verlust der steinernen Wappen“ S. 141, Abbildungen zu den steinernen Wappen siehe Bd. 3, Kap. 7.

⁶ Auch die zweibogige steinerne Vorgängerbrücke hatte Kanzeln, wie auch z. B. die Karlsbrücke von 1728.

⁷ Blatt mit einem Druck des Ochsenportals als Städtewahrzeichen betitelt in StadtMN: Mapped Fleischbrücke ohne Datum, Bestand ehemals StBN. Der im zweiten Weltkrieg beschädigte Ochse wurde durch eine Nachbildung ersetzt, siehe S. 134. Zum Sinn des Ochsen siehe lateinische Beischrift auf einem Stich von 1599/1600, S. 122.

Das an das Ochsenportal angrenzende ehemalige Fleischhaus war namensgebend für die Fleischbrücke, Fleischbrucken oder -bruckhen und alle ihre Vorgängerbauten. In der Südweststrecke des Hauptmarktes befanden sich zunächst im Mittelalter die 73 Fleischbänke, an deren Stelle man angeblich 1419 das erste Fleischhaus wohl als eine Art Überdachung der Fleischbänke errichtete.⁸

Die Schlachtungen fanden nicht im Fleischhaus selbst statt, sondern direkt in über der Pegnitz errichteten Buden oder Brückenhäusern. Ein Steg führte als direkter Zugang für die Ochsen von der Fleischbrücke ins Schlachthaus (Abb. I-4). In der Zeichnung sind drei Türen ohne Treppen zum Fluss abgesetzt. So konnten die Metzger die Abfälle direkt in den Fluss entsorgen. Dadurch war die Gewässerbelastung – Verunreinigungen kamen auch durch Gerbereibetriebe und die Haushalte – besonders hoch.

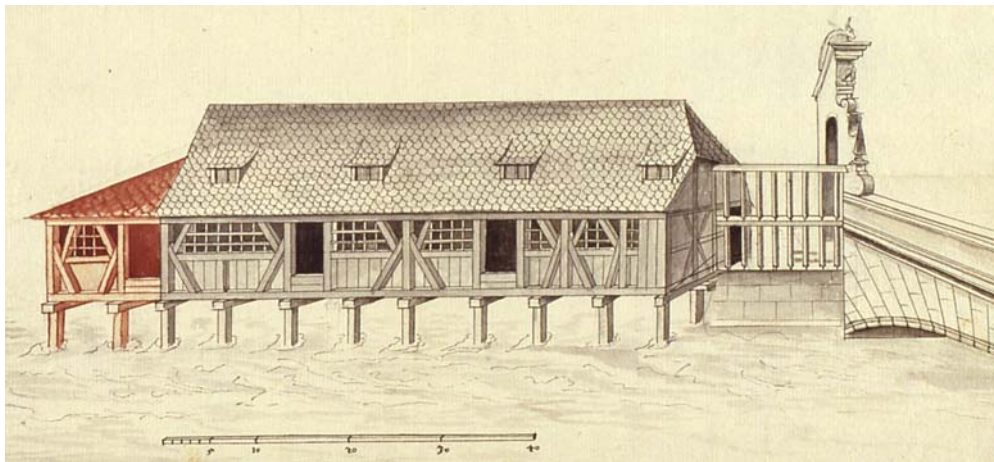


Abb. I-4: Entwurfszeichnung für das Schlachthaus, das „Fleischhauerhaus auf Rosten“, undatiert, um 1600. In ArchMu: Fleischbrücke Nr. 13 (vgl. Bd. 2)

Das Ensemble aus Fleischbrücke, Fleischhaus und Schlachthaus mit dem Ochsenportal ist auf einem Stich aus der „*Topographia Frankoniæ*“ dargestellt (Abb. I-13, S. 11), das erste Druckwerk mit einer Kurzbeschreibung der Fleischbrücke „*welche darumb berühmt ist / weiln sie von einem einigen sehr flachen Schwiebogen ober dē Pegnitz Fluß geführet...*“⁹. Es ist die älteste gedruckte Quelle, die die Abmessungen der Fleischbrücke nennt: „*97. vñ ein halb Nürnberger Statt Schuh / von einem Satz zum andern / im Gewölb weit / im Gespreng deß Bogens aber mehr nicht / dann 13. Schuh hoch und 50. Schuh breit / unnd oben im Gewölb 4. Schuh dick.*“¹⁰

⁸ Siehe Diefenbacher, Endres (2000), S. 290. Das Fleischhaus wurde 1570/71 durch einen Neubau zur Fleischbrücke hin ersetzt. Es war bis 1881 in Betrieb. Nach den Kriegszerstörungen sind allerdings wenig mehr als Portalanlage und das Fleischhäuferbrunnlein erhalten geblieben. Zusätzliche Fleischbänke entstanden am heutigen Trödelmarkt, dem früheren Saumarkt. Die Gegend zwischen Hauptmarkt und Schleifersteg heißt deshalb „Zwischen den Fleischbänken“.

⁹ Merian (1648), S. 44, Abb. vor S. 43. Neben der Abb. der Fleischbrücke sind nur ein Stadtplan von Nürnberg und ein „eigentlicher Abriß des Rathauß von Nurmberg“ enthalten.

¹⁰ Bei 1 Nürnberger Stadtschuh = 0,3038 m ergibt das eine Spannweite von 29,62 m, einen Stich von 3,95 m, eine Breite von 15,19 m und eine Scheiteldicke von 1,215 m. Die Maße weichen allerdings von denen, die sich heute aus der Bauaufnahme ergeben, etwas ab. Wie Merian auf diese immer wieder zitierten Maße kommt, ist nicht mehr nachvollziehbar, es liegen keine älteren handschriftlichen Quellen vor, die diese Maße nennen.

I. 2 Bedeutung der Brücken für Nürnbergs stadthistorische Entwicklung

In der alten Reichsstadt war die Fleischbrücke der wichtigste und bekannteste Übergang über die Pegnitz, Hauptachse des innerstädtischen Verkehrs zwischen den Stadtteilen St. Lorenz und St. Sebald „sowie Knotenpunkt von sieben europäischen Fernhandelsstraßen“¹¹.

Nürnberg, 1050 das erste Mal urkundlich erwähnt, entstand im Schutz einer königlichen Burg, die auf dem über der Flussaue aufragenden Sandsteinfelsen (Nuorin = Fels) gegründet wurde. Letztlich ging Nürnberg aus einer nördlich und einer südlich der Pegnitz gelegenen Ansiedlung hervor (Abb. I-5). Beide Kerne wurden 1320/25 durch eine gemeinsame Befestigung verbunden. 1400 war der dritte, heute noch bestehende Mauerring um die Stadt geschlossen.

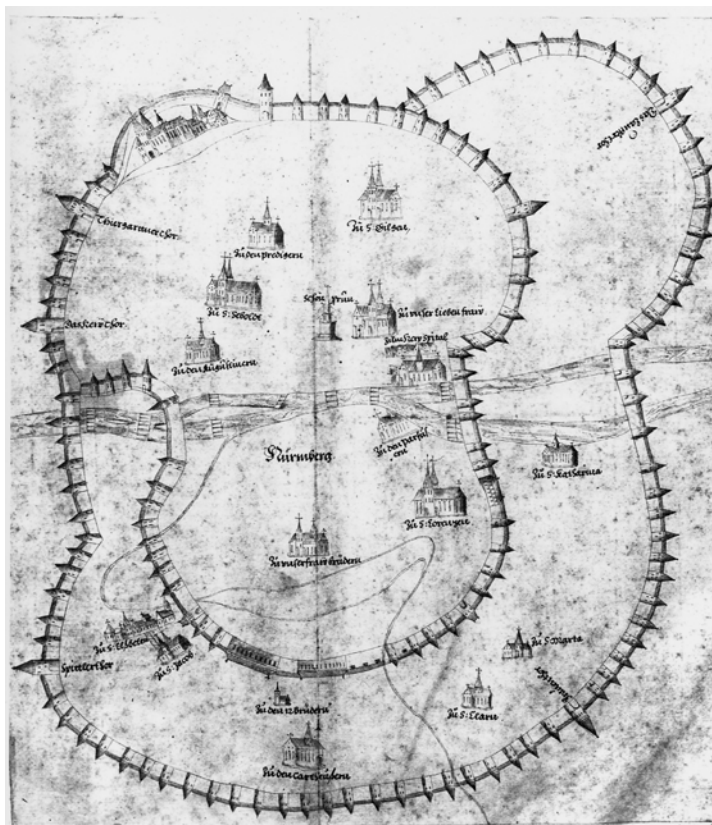


Abb. I-5: Plan der Nürnberger Altstadt, um 1600. Federzeichnung.
In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 7

„Die Stadt verfügt über eine besondere geographische Situation, da sie von einem Fluss in der Mitte geteilt wird. Normalerweise befanden sich Ansiedlungen nur auf einer Stromseite, während das gegenüberliegende Ufer kaum bewohnt war, so dass Befestigungsmaßnahmen nur auf der zum Land hin offenen Seite erforderlich wurden. Dass in Nürnberg die zwei Hälften tatsächlich zu einer Stadt geworden sind, ist letztlich den vielen Brücken und Stegen zu verdanken. Die geringe Flussbreite und die allgemein recht ebene Tallage begünstigten zahlreiche Überbrückungen innerhalb und auch außerhalb der Umfassungsmauern. Neun, teilweise sogar befahrbare, Stege und acht Brücken in einer durchschnittlichen Abstandsweite von 150 Metern

verflochten straßenartig die beiden Stadthälften. Der Reichtum einer Stadt war neben großen Bürgerhäusern, öffentlichen Brunnenanlagen und repräsentativen Bauten unter anderem an der Zahl und der Art der Brücken absehbar.“¹²

Der Nürnberger Patrizier, Kaufmann, Ratsherr und Kartograph Paul Pfinzing d. Ä. (*1554, † 1599) stellte z. B. 1594 im sogenannten Pfinzing-Atlas die an Brücken, Stegen und Mühlen

¹¹ Stromer (1988), S. 162.

¹² Fleischmann (1994), Kalender. – Über die Geschichte von Nürnbergs Brücken gibt es keine ausführlichere Abhandlung. Siehe noch Fleischmann (1997), S. 166-169 Dumont-Kunst-Reiseführer, – Sieghardt, Malter (1966), S. 75-78, – sehr knappe Übersicht auch in Siebenkees (1792), Kap. VI „Geschichte der Brücken in Nürnberg“, S. 614-627, – zur Museumsbrücke und zur Fleischbrücke siehe Bundesminister für Verkehr (1988), S. 162-170.

reiche Pegnitzregion dar. Auch in der Folgezeit spiegeln großformatige, ebenfalls oft kolorierte Pläne die Bedeutung dieser Bauwerke für die Stadt wieder (Abb. I-6 und I-7).¹³

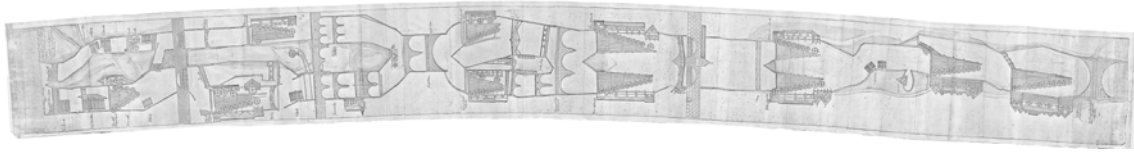


Abb. I-6: Ausschnitt aus einer Handzeichnung der Pegnitz und ihrer Brücken und Mühlräder im Nürnberger Stadtgebiet. 1611. Koloriert. Ca. 336 x 31,5 cm. In StAN: Karten und Pläne Nr. 127

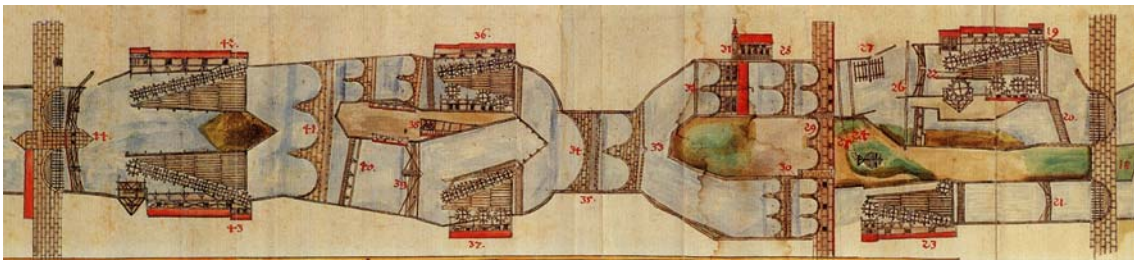


Abb. I-7: Ausschnitt aus einem Plan der Pegnitz mit Mühlen und Wasserrädern, farbige Lithographie um 1601. In GNM: HB 3089

Genau wie in anderen europäischen Städten waren in Nürnberg die ersten, mittelalterlichen Brücken aus Holz. Ihnen folgten Holzbrücken auf steinernen Pfeilern, die teilweise überdacht und mit Krambuden versehen, auch verpachtet wurden. Die Enge des Bettes der Pegnitz in der Altstadt – eingeschnitten in das Schwemmland des Urstromtales – beträgt rund 30 m bei der Fleischbrücke und die dichte Bebauung und die Einschnürung des Flussquerschnittes durch die Pfeiler führten immer wieder zu verhängnisvollen Überschwemmungen. Meistens traten sie im Winter oder im Frühling auf. Als witterungsklimatische Ursachen werden in Chroniken und Berichten Eisgang, Dauerregen oder Schneeschmelze genannt.¹⁴ Insbesondere wenn sich bei Hochwasser Eisschollen und treibendes Holz stauten und den Fluss ansteigen ließen, standen weite Bereiche der Nürnberger Altstadt – bedingt durch die Talsituation – unter Wasser, vor allem der tiefer gelegene Hauptmarkt und die „*Buden, Keller, Werkstätten, Läden und Warengewölbe und die dort lagernden Güter. Sie verursachten auch erhebliche Schäden, die in der teuersten Lage um den Hauptmarkt entsprechend teuer waren*“.¹⁵

Aus Chroniken kann – und das ist ein für Mitteleuropa einmaliger Datenfundus – für die Pegnitz die Entwicklung der Hochwasser ab dem Jahre 1300 abgeleitet werden, wobei als besonders hochwasserreiche Phase der Abschnitt zwischen 1530 und 1710 angesehen werden muss. Die

¹³ Beispiele: I. Karte der Brücken und Mühlen von Fürth bis Nürnberg im Pfinzing-Atlas von 1594. In Pfinzig (1994), S. 27. – II. Handgezeichnete Karte, Pegnitz durch Nürnberg, koloriert. In StAN: Karten und Pläne Nr. 127. – III. Handgezeichnete Karte, Feder schwarz. In STAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 11 Mitte, 115 x 15,5 cm. – IV. Plan der Pegnitz mit Mühlen und Wasserrädern und Brücken, farbige Lithographie um 1601. In GNM: HB 3089. – Leicht lavierte Federzeichnung des Laufs der Pegnitz mit Brückenbauwerken nach dem Hochwasser 1595, bevor die alte Fleischbrücke abgerissen war. In GNM: HB SP 8984.

¹⁴ Fränkische Chronik, Bd. 1, S. 384: „Item anno dom. 1400 und in dem 32 jar da was der keltz winter, der bey 100 jar gewesen was, und gefiel auch der grost snee und was so kalt, das man zwischen der parfussen prucken und der fleischprucken eine hohezeit auf der Pegnicz het; und man tanczet darauf, und dy hohezeit was eines Sattlers; und danach ward das grost wasser das in langen jaren ye gewesen was, und ertruncken vil leut bey der fleischprucken, und was auch gar groe hicz.“

¹⁵ Stromer (1988), S. 163.

Hochwasser waren verheerend für die Stadt und sollten es bis zum Bau des Hochwasserentlastungsstollens in den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts auch bleiben.¹⁶

Die Stadt reagierte auf diese Hochwasserproblematik schon in rst. Zeit und traf konkrete Maßnahmen. Deshalb war eine Deputation des inneren Rats „Zum Pegnitz- oder Rednitzfluss“ für den vorbeugenden Hochwasserschutz und eine „Zum großen Wasser“ für den konkreten Hochwasserschutz zuständig. Bei Hochwasser, den großen Güss, „*hatte der Baumeister überall fleißig aufzuräumen, die Müller und die Wächter an den Schoßgattern zu warnen, auf die Brücken Zimmerleute und Steinmetzen zu bestellen, um die Eisschollen und Hölzer abzuwehren und unter den Brücken hindurchzuleiten u. a. m.*“¹⁷ Daher erscheint es logisch, dass die Baumeister und Werkleute in besonderem Maße bestrebt waren, auch durch bauliche Maßnahmen die Brücken vor den Hochwassern zu schützen, insbesondere die Pfeiler in Flussmitte. Eine Maßnahme waren die Eisabweiser, die sogenannten Eisrösser. Dennoch waren die ersten Brückenbauwerke überwiegend Opfer dieser Hochwasser.

Neben den „großen Wassergüss“ war Feuer eine weitere ständige Bedrohung für die Holzbrücken wie für alle anderen Holzbauten der Stadt. Nürnberg aber versuchte schon ab dem 13./14. Jh. der großen Brandgefahr durch Feuerordnungen die Stirn zu bieten. Die baurechtlichen Bestimmungen des Rates verboten im 16. Jh. den Bau von Fachwerkhäusern und schrieben 1522 zunächst nur für das Erdgeschoss Stein als Baumaterial vor. Auch Albrecht Dürer (* 1471, † 1528) empfahl 1527: „*Aber dise heuser sollen alle von stein gegepauen werden / und mit guten mauren unterschieden / auff das der König unnd sein volk dester sicherer for feur seyen.*“¹⁸

Tatsächlich blieb Nürnberg von einer verheerenden Brandkatastrophe verschont. Ganz entscheidend für das Bauen in Stein waren neben den finanziellen Möglichkeiten einer reichen Reichsstadt, die den Höhepunkt ihrer wirtschaftlichen und politischen Macht im 14. und 15. Jh. hatte, die kurzen Transportwege zu den nahe gelegenen Steinbrüchen in den Randhöhen des Nürnberger Beckens.

Während man in Ulm noch 1628 u. a. wegen Fehlens nahe gelegener Steinbrüche auf eine steinerne Brücke verzichtete,¹⁹ baute bereits 1457 der einer alteingesessenen Nürnberger Steinmetzfamilie entstammende Baumeister Jakob Grimm († 1490) in Nürnberg die erste steinerne Brücke über die Pegnitz, die deshalb auch nur „die Steinerne Brücke“ hieß. Es folgten noch weitere Steinbrücken im 15. Jh., wie z. B. 1474 die mehrfach umbenannte Barfüßerbrücke (auch Josephsbrücke, Königsbrücke, heute Museumsbrücke)²⁰ und 1487/88 die zweibogige steinerne Fleischbrücke.²¹

¹⁶ Siehe Diefenbacher, Endres (2000), S. 452. Es ergaben sich katastrophale Hochwasser in den Jahren 1413, 1432, 1452, 1501, 1551, 1595, 1682, 1746, 1784, 1799, 1849, 1909. – Im Rahmen der Bauarbeiten für den Neubau der Museumsbrücke erhielt diese einen weiteren Bogen als Einlaufbauwerk für den Hochwassertunnel, der westlich der Fleischbrücke wieder in die Pegnitz mündet und somit die engste Stelle der Pegnitz in der Altstadt entlastete.

¹⁷ Reicke (1896), S. 574.

¹⁸ Dürer [1527] (1969).

¹⁹ Siehe dazu auch S. 13, 67.

²⁰ Angabe nach Fleischmann (1994) – vgl. auch Diefenbacher, Endres (2000), S. 712 – Bundesminister für Verkehr (1988), S. 168-170. Die Angaben zum Bau der Brücke schwanken von Holzbrücke auf zwei steinernen Bögen bis zweibogige Steinbrücke, Bauzeit 1474 oder 1484, Baumeister Hans Müllner aus Rothenburg oder Regensburg.

²¹ Federzeichnungen von Nürnberger Brücken und Brückenbauwerken der Stadtbefestigung am Pegnitzeinfluss und -ausfluss aus rst. Zeit sind im Baumeisterbuch I (1595-1603) erhalten. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I) – kleine Federzeichnungen Nürnberger Brückenbauwerke in WLB: Sammlung Nicolai, Bd. 102, fol. 27, 28 und 29.

Die Befestigung der mittelalterlichen Stadt machte nicht nur Brücken über Straßen notwendig, sondern selbstverständlich auch Überbrückungen der Pegnitz durch die Stadtbefestigung. Als im 15. Jh. der äußere Ring der Stadtmauer geschlossen wurde, entstanden am nördlichen Pegnitz-einfluss große, steinerne Bögen mit darüber liegenden gedeckten Wehrgängen; der südliche Pegnitzausfluss wurde 1491 mit einem mächtigen Gebäude, der Fronveste, überbaut.²²

Eine weitere steinerne Überbrückung der Pegnitz erfolgte 1487-1527 durch Stadtwerkmeister Hans Beheim d. Ä., als er die notwendigen Erweiterungsbauten des Heilig-Geist-Spitals, im 14. Jh. als Krankenstation gestiftet, auf steinerne Brücken setzte.²³ Die Bögen dieser Flussüberbauungen sind auch heute noch erhalten, lediglich die Aufbauten fielen den Zerstörungen im Zweiten Weltkrieg zum Opfer.²⁴

Am Ende der rst. Zeit 1806 prägten neben den steinernen Überbrückungen der Pegnitz durch die Stadtbefestigung sieben steinerne Brücken als teure, aber dauerhafte Steinkonstruktionen das Bild der Stadt (in Fließrichtung der Pegnitz):

- die Schulbrücke (1485) an der Stelle der heutigen Heubücke und die Spitalbrücke (1485),
- die Museumsbrücke (1700),
- die Fleischbrücke (1598),
- die Karlsbrücke (1728),
- die Steinerne Brücke (1457) an der Stelle der heutigen Maxbrücke von 1852 und
- die Hallertorbrücke (zweibogige Steinbrücke von 1697).

²² Auch als Spießhaus bezeichnet, weil es ursprünglich als Waffenarsenal diente. Seinen heutigen Namen erhielt die Fronveste, weil sie im 19. Jh. als Gefängnis Verwendung fand.

²³ Siehe Pfeiffer (1970), S. 41.

²⁴ Siehe Abbildungen der unzerstörten Bögen der südlichen Stadtbefestigung und des Heilig-Geist-Spitals nach Kriegsende in D'Addario (1997), S. 44 und 88.

I. 3 Zentrale Rolle der Fleischbrücke

Die Fleischbrücke war der wichtigste Übergang über die Pegnitz im wirtschaftlichen Alltagsgeschehen der Stadt. Aber auch bei ungewöhnlichen Ereignissen im öffentlichen Leben wie den Herrscherempfangen spielte sie eine Rolle. Das Heilige Römische Reich Deutscher Nation besaß keine Hauptstadt im heutigen Sinne, Könige und Herrscher übten ihre Herrschaft im Umherziehen aus. In Nürnberg, wo der Kaiser unmittelbar Stadtherr war, gewannen der „*feierliche Einzug des neu gewählten Königs oder Kaisers und die damit verbundene Huldigung der Stadt mit der Gewährung von ‚Schutz und Schirm‘ durch den Herrscher zentrale rechtliche wie symbolische Bedeutung*“.²⁵

Die Kaiser, von Wien kommend, zogen auf der Via Triumphalis vom Frauentor über die Fleischbrücke und dann über den Hauptmarkt zur Reichsburg. „*Wenn der hoch zu Roß einreitende Kaiser auf dem Weg zur Burg die Fleischbrücke erreicht hatte, wurden die Salutschüsse abgefeuert.*“²⁶ Für den ersten Kaisereinzug des gerade neu gewählten Kaisers Matthias (* 1557, † 1619) am 2. Juni 1612 bereitete sich die Stadt sorgsam vor und präsentierte dem Kaiser einen aufwändigen und pompösen Empfang. Zum ersten Mal konnten nun die Nürnberger auf der Via Triumphalis die großartige technische Leistung, die sie mit Vollendung der Fleischbrücke vollbracht hatten, bei einem Herrscherempfang hervorheben.²⁷ Zu diesem Zweck stellten sie in den Kanzeln der Brücke temporär zwei hölzerne Säulen mit quadratischem Sockel auf, deren Inschriften „*Constantia*“ und „*Fortitudo*“ zusammen die Devise des Kaisers ergeben – Beständigkeit und Stärke.

Hundert Jahre später bei dem Empfang für Kaiser Karl VI. (* 1685, † 1740) im Januar 1712 erlebten die Nürnberger Bürger den letzten feierlichen Empfang in traditioneller Form sowie die letzte persönliche Lokalhuldigung.²⁸ Doch als die Stadt 1728 für Kaiser Karl VI. die Karlsbrücke als Huldigung errichtete, ordnete man steinerne Säulen zum ständigen Schmuck in den Kanzeln an. Diese „*Säulen des Herkules, die bei der Fleischbrücke immer nur kurze Zeit vorhanden waren*“²⁹, waren nunmehr in Sichtweite der Fleischbrücke ständig präsent.

Der für den Kaisereinzug entworfene Brückenschmuck ist auf zwei goldgehöhten kolorierten Zeichnungen der Fleischbrücke und einer Federzeichnung der beiden Säulen überliefert.³⁰ Deutlich erkennbar ist hier, dass nicht die technisch richtige Darstellung der Brücke oder deren realistische Wiedergabe im Vordergrund stand, sondern die auf marmorierten Sockeln stehenden Säulen, deren Abschluss die in den Himmel ragenden kaiserlichen Fahnen bilden. Erkennbar auch die figürlichen Darstellungen in den Rosetten (Abb. I-8 und I-9).

²⁵ Gold (1990), S. 65.

²⁶ Pechstein (1975), S. 72.

²⁷ Siehe Gold (1990), S. 46-47

²⁸ Siehe Schmidt-Fölkersamb (1986), S. 116

²⁹ Weingärtner (1994), S. 52.

³⁰ Schmuck der Brücke zu dem Empfang Kaiser Matthias 1612 in StAN: Rst. Nbg. Bildsammlung, Nr. 35.26, Nr. 35.27. – Die Säulen zum Empfang von Kaiser Karl VI. sind durch den Stecher Hieronymus Böllmann 1712 auf einem Kupferstich festgehalten in StAN: Bildsammlung, Nr. 35.55, Abb. siehe in Bd. 3 (Materialsammlung).



Abb. I-8: Fleischbrücke mit Triumphsäule beim Einritt von Kaiser Matthias, 1612. In StAN: Bildsammlung, Nr. 35.26 (vgl. Bd. 3, Grafik 10)



Abb. I-9: Fleischbrücke mit Triumphsäule beim Einritt von Kaiser Matthias, 1612. In StAN: Bildsammlung, Nr. 35.27 (vgl. Bd. 3, Grafik 11)

Erstmals 1927, zwischen 1933 und 1938 dann jährlich, fanden die Reichsparteitage der Nationalsozialisten in Nürnberg statt. Anknüpfend an die Tradition der Präsentation von Macht und Pracht der Kaiser nutzten die Nationalsozialisten bei ihren Aufmärschen und Paraden ebenfalls den Weg über die Fleischbrücke zum Hauptmarkt. Die Fleischbrücke wurde zu diesen Anlässen mit Fahnen entlang der Brüstung ausgestattet (Abb. I-10 und I-11).³¹

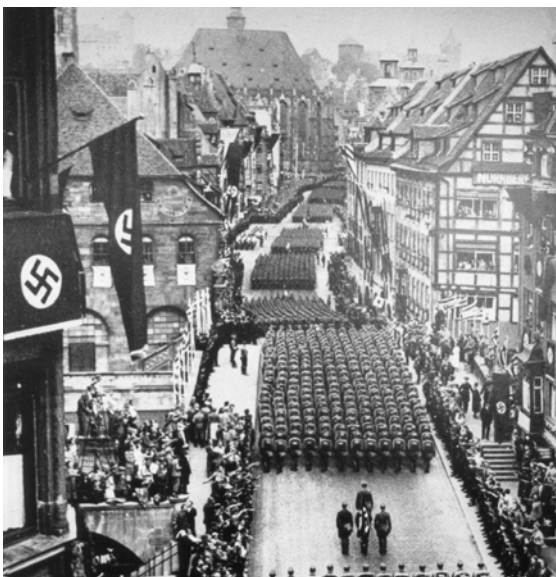


Abb. I-10: Aufmarsch über die Fleischbrücke beim Reichsparteitag 1934. Ausschnitt. In StadtAN, Bild-, Film- und Tonarchiv: LR-434/F2/1



Abb. I-11: Die Fleischbrücke beim Reichsparteitag 1937. In StadtAN, Bild-, Film- und Tonarchiv: F3/1937-10a (vgl. Bd. 3, Foto 18)

³¹ Vgl. Szene mit Fleischbrücke im Film von Leni Riefenstahl (1934): Triumph des Willens. Die Reichsparteitage in Nürnberg. Weitere Fotos von der Fleischbrücke während der NS-Reichsparteitage z. B. aus den Jahren 1933 und 1936 im StadtAN, Bild- Film- und Tonarchiv: LR-841-29 und LR-548/26.

Die Fleischbrücke gehörte in Nürnberg auch zu den Stätten Altnürnberger Rechtspflege. Im 16. Jh. gehörten Hinrichtungen und diverse körperliche Bestrafungen noch zum Strafvollzug. Erst am Ende der 18. Zeit hörten diese grausigen Schauspiele auf.³² Für die Bestrafung kleinerer Vergehen stand schon bei der ersten steinernen Fleischbrücke der sogenannte Ohrenstock bereit, in dem allerlei Gerätschaften verwahrt wurden, zum Annageln oder mit denen der Henker Ohren abschneiden, Meineidigen die Finger abhacken, Brandmarken, die Zunge herausschneiden und ähnlich „kleine“ Verrichtungen des Strafvollzugs vornehmen musste. Es wird beispielsweise berichtet, dass man den Ohrenstock während der Bauzeit der neuen Fleischbrücke auf die Steinernen Brücken am Neuen Bau verlegte und man dann dort einem „Spitzbuben“, der sich nach vorherigem Ausschlagen mit Ruten nochmals in die Stadt begeben hatte, die Finger abschlug.³³

Hatte aber jemand Wein oder Bier zu gesundheitsschädlichem Gebräu gepanscht oder war er diesbezüglich Wiederholungstäter, schickte man – letztmalig 1627 – des Henkers Knecht, den „Löwen“ mit dem Eichwagen, ließ die entsprechenden Fässer aufladen und fuhr sie, während der „Löw“ trommelnd voranging, nach der Fleischbrücke zur sogenannten „Exekution“³⁴. Den Fässern wurde dort „bey der Flaischbrucken die Pöden außgeschlagen“ und man hat den geschmierten, z. B. mit Essig oder Safran, Milch oder Wasser versetzten „Wein inn die Pegnitz lauffen laßen“³⁵ (Abb. Abb. I-12).

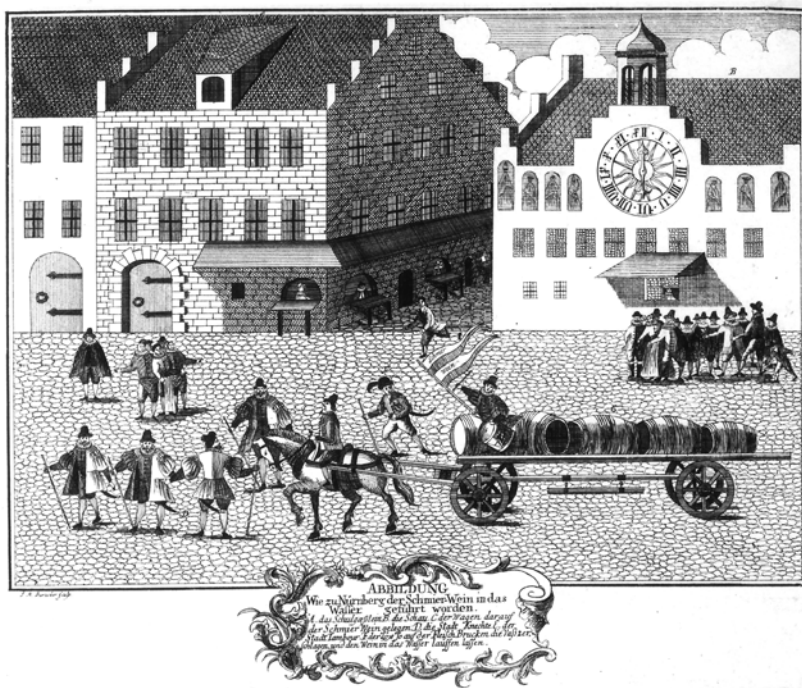


Abb. I-12: Wie zu Nürnberg der Schmierwein in das Wasser geführet worden. Kupferstich von J. M. Burucker 1780, 23,5 x 19,8 cm. In StAN: Bildsammlung 51.1

³² Neben der Müllnerschen Chronik berichten auch andere Chroniken wiederholt über drastische Maßnahmen des Strafvollzugs wie die Lüdersche Chronik oder die Chronik von Wolff Neubauer, siehe Abb. IV-1, S. 82. – Siehe auch Schultheiß (1974), S. 188-203.

³³ Siehe Müllner (IV) in StAN: Rst. Nbg. Hs 32, fol. 2413 verso – siehe auch Bock (1963), S. 479.

³⁴ Siehe Reicke (1896), S. 608; 614.

³⁵ Müllner (IV) in StAN: Rst. Nbg. Hs 32, fol. 2405.

I. 4 Rezeption und Wertschätzung

Der bedeutendste Barockmaler des 17. Jh. in Deutschland und Verfasser der wichtigsten kunsthistorischen deutschen Quellenschrift dieser Epoche Joachim von Sandrart (* 1606, † 1688) beschreibt in seiner „*Academie der Bau-, Bild- und Mahlerey-Künste*“ das Leben berühmter Maler, Bildhauer und Baumeister und in diesem Zusammenhang auch Peter Carl und den Fleischbrückenbau.

Er betont die Wertschätzung der Fleischbrücke über den deutschen Raum hinaus durch ausländische Architekten, indem er vermerkt, dass „*damals durch Nürnberg nach Wien reisender Königlicher Spanischer Architectus des Escorial hat neben anderen das Werk gerühmet und bekannt, dass dieses die allerfürtrefflichste große Brücke eines Bogens in ganz Teuschland sey*“³⁶. Die Weitergabe dieser Passage bei nachfolgenden Autoren ist äußerst beliebt. In lateinischen Gedichten wurde die Fleischbrücke gepriesen,³⁷ in handschriftlichen Chroniken beschrieben, in Reiseberichten erwähnt: „... *gingen wir über eine steinerne Brücke, die man hier für ein Wunderwerk hält.*“³⁸ Der Altdorfer Professor, Philosoph und Polyhistoriker Georg Andreas Will (* 1727, † 1798) hält dagegen, „*die wir zwar für kein Wunderwerk, wie man uns fälschlich beschuldiget, aber doch nach der davon gemachten Beschreibung für ein merkwürdiges Stück der Baukunst ausgeben, und nach dem Urteil der Kenner ausgeben dürfen.*“³⁹



Abb. I-13: Stich der Fleischbrücke wie in Merian: „*Topographia Franconiae*“ 1648. In GNM: HB 1488 (vgl. Bd. 3, Grafik 12)

Auch unterstreichen die vielfältigen Illustrationen zum Bau der Brücke das hohe zeitgenössische Interesse an der Brücke und ihrer Konstruktion. Schon während der Bauzeit ließ die Stadt, wie es in Nürnberg bei großen städtischen Bauvorhaben üblich war, Medaillen prägen – Gedenkmünzen, kein Zahlungsmittel –, meist sowohl anlässlich der Grundsteinlegung als auch anlässlich der Fertigstellung.

Es folgten Stiche, kleine Gemälde und 50 Jahre nach der Errichtung die erste Druckgrafik (Abb. I-13). Ausgesprochen auffallend in den meisten frühen Stichen und Abbildungen ist die Thematisierung der Gründung, teilweise mit Darstellung der Schrägpfähle (Abb. I-14).⁴⁰

³⁶ Sandrart [1675] (1925), S. 265. Bemerkung: Juan de Herrera (* um 1530, † 1597) vollendete das Escorial, kann aber wohl nicht gemeint sein, da er schon vor Fertigstellung der Fleischbrücke 1598 verstarb (siehe auch S. 44).

³⁷ Siehe in StadtAN: E1, Stromer genealogische Papiere. 5 lateinische Gedichte, einzelne Buchstaben teilweise in Rot hervorgehoben, ohne Foliierung.

³⁸ Blainville (1765), S. 59-61. Über den Ochsen äußert er sich sehr kritisch: „An ihrem einen Ende ist die Fleischbank, über deren Eingang die Metzger eine lächerliche Auszierung gesetzt haben. Es ist ein liegender ungeheurer Ochse, mit vergüldeten Hörnern und Klauen.“

³⁹ Will (1765), S. 247.

⁴⁰ Zu den Medaillen, Stichen, Gemälden und Druckgrafiken siehe ausführlicher in Kap. IV. 1.4 „Darstellungen der Fleischbrücke“, ab S. 120.



Abb. I-14: Darstellung der Fleischbrücke um 1600. In GNM: Gm 1460 (vgl. Bd. 3, Grafik 5)

Betont wird hiermit die konstruktive Lösung einer Gründung in wenig tragfähigem Grund. Es ist ein Herausstellen der technischen Leistung. Doch so sehr die Druckgrafiken und Beschreibungen der ersten Chronisten und Historiker zum Lob der Fleischbrücke beigetragen haben, so wenig äußerten sich doch nach Abschluss der Bauarbeiten die Baumeister zu Wort. Die Historiker hingegen interessierten die bautechni-

schen Fragen wenig. Wichtiger für sie war über die Inschrift unter dem Ochsen zu berichten, welche Wappen die Brücke zieren und die Wiedergabe der Zeremonien bei der Grundsteinlegung mit Nennung der anwesenden Ratsherren und Angabe der Inschriften auf den Gedenkmédailles auf die Grundsteinlegung.

Rezeption bautechnischer Besonderheiten

Das rst. Bauamt hinterließ aber eine große Anzahl von rund 100 Entwurfsplänen der Baumeister und Werkleute unterschiedlichster Qualität und Aussagekraft, die heute über die verschiedensten Einrichtungen der Stadt verstreut sind. Sie brachten der Fleischbrücke den Ruf, die mit Zeichnungen am besten dokumentierte Brücke zu sein, bevor 1771 Jean Rodolphe Perronet (* 1708, † 1794) den Pont de Neuilly über die Seine baute, ausführlich beschrieb und mit einer Vielzahl von Zeichnungen veröffentlichte.⁴¹

Den Baumeistern der Fleischbrücke war das Bestreben, das Johann Albert Eytelwein (* 1764, † 1849) in seinem Vorwort zur deutschen Übersetzung des Perronet'schen Werkes zum Ausdruck bringt, in dieser Form noch kein Anliegen, nämlich wie wichtig es für andere Baumeister sei, dass derjenige, „*welcher ein wichtiges Gebäude ausgeführt hat, sich nicht allein damit begnügt, seinen Bau glücklich zu vollenden, sondern auch noch Veranlassung nimmt, alle die Schwierigkeiten bekannt zu machen, welche sich der Entwerfung, Anordnung und Ausführung seines Baues entgegenstellten.*“⁴²

Obwohl Nürnberg schon bald nach der Erfindung Johannes Gutenbergs zu den führenden Druckerstädten des Reiches zählte, nutzten die Baumeister nicht die Möglichkeiten des Buchdrucks, um öffentlichkeitswirksam die spezielle Bauart der Fleischbrücke herauszustellen, zu begründen und mit den Plan- und Ausführungszeichnungen zu untermauern. Sie ließen nur das Bauwerk für sich sprechen, den flachen, sich massiv zu den Kämpfern hin aufweitenden Bogen.

⁴¹ Perronet [1782] [1788] (1987), S. 25-120.

⁴² Perronet (1820), S. a2.

1628 schickten die „*Herren zu Ulm ihren Baumeister Herren Faulhaber*“ zu dem württembergischen Baumeister Heinrich Schickhardt (* 1558, † 1634), um von der schadhaften Donaubrücke zu berichten.⁴³ Schickhardt hatte, Bezug nehmend auf die Fleischbrücke, den Bau einer ähnlich flachen weit gespannten, allerdings zweibogigen Brücke über die Donau erwogen, gab aber letztlich, obwohl schon Pläne für eine steinerne Brücke vorlagen (Abb. I-15 und I-16), einer Holzkonstruktion den Vorzug.⁴⁴ Der Plan nach Abb. I-15 weist zwar ebenfalls Kanzeln in Brückenmitte auf, orientiert sich aber bautechnisch gesehen nicht an der Art der Ausführung des tragenden Bogens bei der Fleischbrücke. Man erkennt den schmalen radialen Ring und die typische horizontale Hintermauerung. Anders bei dem Entwurf mit dem Material Ziegel (Abb. I-16): Diese sind ebenfalls – oberhalb des Ringes aus großformatigen Steinen – komplett radial angeordnet.



Abb. I-15: Entwurf zu einer steinernen Brücke über die Donau, um 1628. StadtAU: A[3032], Plan 9

⁴³ Heyd (1902), S. 369.

⁴⁴ Gutachten über die Ulmer Entwürfe und Vorschläge für die Reparatur des schadhaften Stein Pfeilers, verfasst von dem württembergischen Baumeister Heinrich Schickhardt 28.20.1628, StadtAU: A[3032], L28a, fol. 169-171 (alt 157-159).

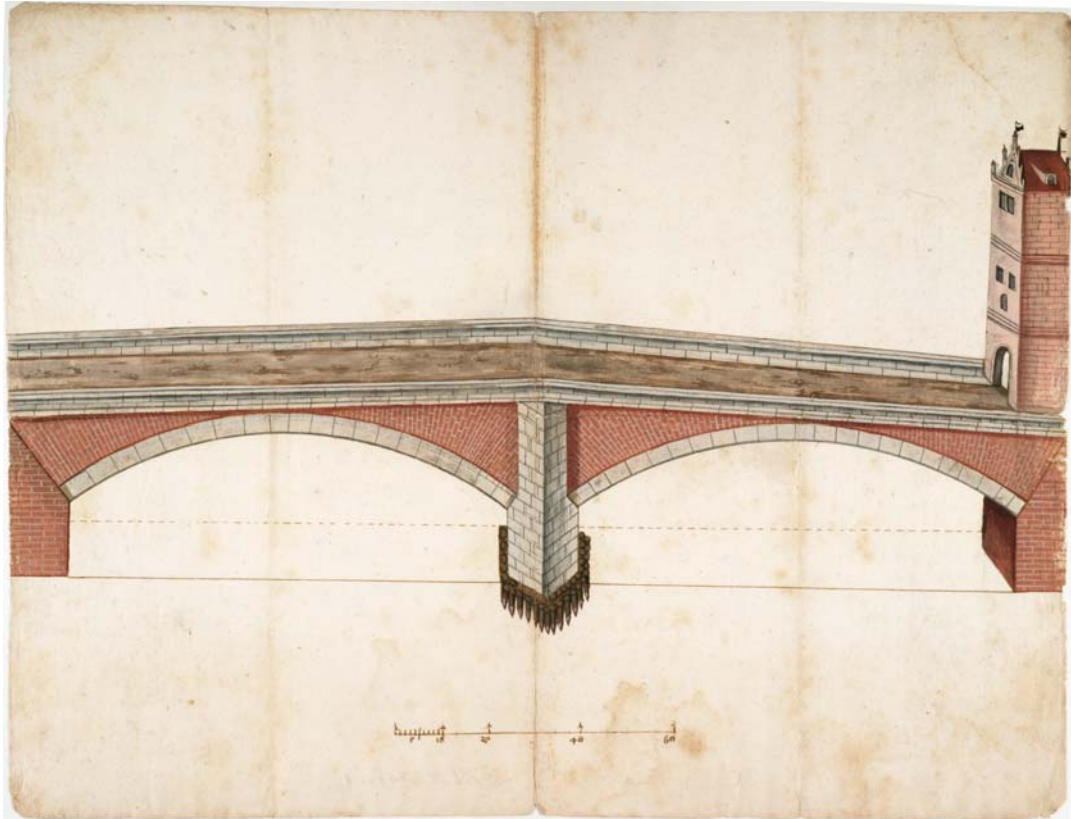


Abb. I-16: Entwurf zu einer steinernen Brücke über die Donau, um 1628. In StadtAU: A[3032], Plan 8

In Nürnberg selbst erfolgte der nächste große Steinbrückenbau erst über 100 Jahre später. Den sich stark aufweitenden Bogen in radialer Mauerung übernahm man beim Bau der steinernen Barfüßerbrücke von 1700, wie auf alten Stichen erkennbar.⁴⁵ 1954 wurde sie – heute als Museumsbrücke bezeichnet – neu als Stahlbetonbrücke mit Sandsteinverkleidung erbaut, verbreitert und mit zusätzlichem Bogen als Einlaufbauwerk für den Hochwasserentlastungsstollen versehen. Auch in der Rekonstruktion der Sandsteinfassade behielt man das radiale Mauerwerk bei (Abb. I-17 und I-18).⁴⁶



Abb. I-17: Museumsbrücke, 1954 rekonstruiert. Foto C. Kaiser Juni 2002

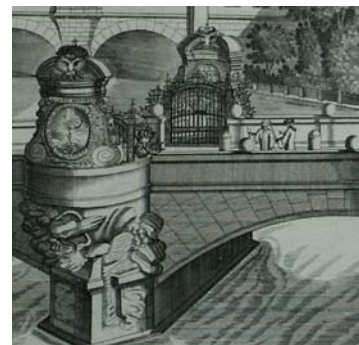


Abb. I-18: Detail Steinschnitt aus Kupferstich von Andreas Graff

⁴⁵ Kupferstiche der Museumsbrücke von Andreas Graff um 1700. In GNM: Rst. Nbg. 10329 gegen die Fleischbrücke – GNM: HB 3634 gegen das Heilig-Geist-Spital.

⁴⁶ Siehe Bundesminister für Verkehr (1988), S. 168-170.

Auch die Karlsbrücke baute man 1728 als Erneuerung der baufälligen ABC-Brücke mit einem sich stark aufweitenden Bogen aus radialem Mauerwerk. Der schmal wirkende Bogen gleicher Dicke ist nur optisch abgesetzt, die Steine der untersten Bogenreihe (Intrados) sind profiliert und geben so einen scheinbar schmalen Bogen nur vor (Abb. I-19 und I-20).



Abb. I-19: Karlsbrücke in Nürnberg von Westen, erbaut 1728. 30.4.2003. Foto C. Kaiser



Abb. I-20: Detail Steinschnitt aus Abb. I-19

Insgesamt fand die bautechnische Besonderheit der Fleischbrücke – die radiale bzw. schräge Orientierung der Steine im sich aufweitenden Bogen und im Widerlager – keine große Verbreitung. Brücken ähnlicher Spannweite, die sich eng an der Konstruktion der Fleischbrücke orientierten, konnten nicht ermittelt werden. Auch die Wahl von Schrägpfehlern bei der Gründung konnte in keinem nachfolgenden Brückenbauwerk nachgewiesen werden.

Heutige Wahrnehmung der Fleischbrücke

Obwohl die Fleischbrücke seit 1974 unter Denkmalschutz steht, muss man feststellen, dass das Bauwerk heute nicht mehr die gleiche Wertschätzung erfährt wie zu seiner Erbauungszeit.

Ein Beleg dafür ist ein Stadtführer über die historische Meile in Nürnberg, der in der Druckversion vergriffen, aber derzeit noch in dieser Form im Internet verfügbar ist.⁴⁷ Der Betrachter wird zu 31 Stationen geführt, die das jeweilige historische „Juwel“ beschreiben. Als letzter Station gelangt man zum Fleischhaus an der Fleischbrücke. Obwohl von dem ehemaligen Fleischhaus wenig Originalsubstanz vorhanden ist, wird über seine Geschichte berichtet. Die Brücke, als die „älteste, schönste und berühmteste“⁴⁸ von den drei großen historischen Pegnitzbrücken, findet keinerlei Erwähnung. In der wachsenden Zahl von Büchern und Bildbänden über Brücken, auch Filmproduktionen, in denen beispielsweise die Rialto-Brücke nicht fehlt, wird die Fleischbrücke hingegen selten erwähnt.⁴⁹

⁴⁷ <http://www.historische-meile.nuernberg.de>

⁴⁸ Sieghardt, Malter (1966), S. 75.

⁴⁹ Zwei Buchbeispiele sind Dupré (1998) und Graf (2002) – Stauder (2003): Brücken diese Erde. 8-teilige Fernsehproduktion vom ZDF für Arte.

Was fasziniert an Steinbrücken?

Es fesseln Rhythmus und Spannung von aufeinander folgenden Bögen, die oft mit ab- oder zunehmenden Spannweiten die Flüsse überwinden. Brückenaufbauten ziehen den Blick auf sich, seien es Brückenschlösser, Wehrtürme zur Befestigung oder Überbauungen für Läden und Geschäfte. Besonders gefallen hohe Bögen oder Aquädukte mit steil aufragenden Pfeilern, in Stockwerken übereinander angeordnet. Scheinbar fasziniert besonders, was sich mit Wagemut, Spannung und Rhythmus verbinden lässt, in gewisser Weise auch mit einem Nervenkitzel, den man bei gewagten Konstruktionen empfindet. Viele sagenumwobene Brücken tragen etwas von dieser Gefahr im Namen: Teufelsbrücke, pont du diable, ponticello del diavolo, puente de las diavolo. Andere Brücken erlangen Berühmtheit dadurch, dass sie Schauplatz der Handlung in Romanen, Gedichten oder Filmen sind.

Die sehr flache einbogige Fleischbrücke erscheint dagegen unspektakulär. In der öffentlichen Wahrnehmung wurde sie im Laufe der Jahrhunderte offenbar immer mehr als selbstverständlicher Teil der Infrastruktur gesehen und ihre Bedeutung nur in Fachkreisen gewürdigt.

Diese Monografie wertet erstmals das umfangreiche Quellenmaterial aus und analysiert die historische Konstruktion unter bautechnischen und baukünstlerischen Gesichtspunkten. Im Folgenden soll gezeigt werden, dass der Stellenwert der Fleischbrücke in der Bau- und Technikgeschichte der Spätrenaissance in Deutschland gar nicht hoch genug anzusetzen ist. Darüber hinaus will diese Arbeit dazu beitragen, die Fleischbrücke als herausragendes Brückenbauwerk wieder im öffentlichen Bewusstsein der Stadt Nürnberg zu verorten.

II Ausgangslage

II.1 Zielsetzung der vorliegenden Arbeit

II.1.1 Zentrale Fragen

Trotz der Tatsache, dass die Fleischbrücke mit ihrem flachen Bogen zu den bedeutendsten Brücken der frühen Neuzeit zählt und sie in Fachkreisen häufige Erwähnung auch in jüngeren Publikationen findet, fehlt bei dieser Steinbogenbrücke bisher noch jede eingehendere Darstellung, sowohl hinsichtlich ihrer Bautechnik, als auch bezüglich ihrer baukünstlerischen Gestaltung und ihrer Nutzungsgeschichte. Es überrascht nicht, dass man in den *„meisten Gesamtdarstellungen zur Baukunst der Renaissance wie zur Nürnberger Geschichte widersprüchliche und sogar falsche Angaben findet: zu einem der am besten, wenn nicht dem am besten dokumentierten Werke deutscher Baukunst des 16. Jahrhunderts“*⁵⁰.

Pechstein befand schon 1975, dass es notwendig wäre, dieses Monument eingehend zu untersuchen, um *„Probleme der Bauingenieurtechnik zu erörtern, die den Statiker und Bauhistoriker angehen“*⁵¹.

Deshalb soll das Brückenbauwerk unter folgenden grundlegenden Fragestellungen betrachtet werden :

1. Um was für ein Brückenbauwerk handelt es sich überhaupt?
2. Welchen schriftlichen und bildlichen Niederschlag hat das Bauwerk gefunden?

Fragen, die beantworten helfen, welche bautechnisch-geschichtliche Bedeutung der Fleischbrücke zukommt und die der Bewertung dienen, sind:

- Welche regionalen und überregionalen Voraussetzungen und Bedingungen bestehen zur Errichtung eines innovativen Brückenbauwerks am Ende des 16. Jh.? Insbesondere welche statischen Kenntnisse, Dimensionierungsregeln lassen sich nachweisen? Welche statisch-konstruktiven Gedanken lassen sich in den Entwurfsplänen erkennen? Gibt es besondere Fähigkeiten der Nürnberger Steinmetze, was den Steinbogenbrückenbau anbelangt? Gibt es bautechnische Besonderheiten?
- Welche Qualität besitzt die bauliche Ausführung der Brücke?
- Welche Veränderungen und Eingriffe – seien sie gestalterischer oder bautechnischer Natur – sind an der Fleischbrücke vorgenommen worden und wie sind sie zu bewerten?
- Wie lässt sich die Brücke unter ästhetischen Gesichtspunkten beurteilen?

Dabei sollen scheinbar bekannte Informationen über die Fleischbrücke neu hinterfragt werden. Das Bauwerk wird betrachtet, als wäre es unbekannt, und es werden auch solche Fragen gestellt, die sich unter Umständen der Beantwortung entziehen.

- Wie ist die Urheberschaft zu beurteilen? Welcher Baumeister spielte welche Rolle?
- Welche Nachweise lassen sich für die wiederkehrende Behauptung finden, die Fleischbrücke sei nach dem Vorbild der Rialtobrücke gebaut? Gibt es andere Vorbilder?

⁵⁰ Pechstein (1975), S. 72.

⁵¹ Pechstein (1975), S. 73.

- Welche Informationen wurden falsch tradiert?

Fragen nach vorrangig wirtschaftlichen oder sozialen Zusammenhängen werden nicht näher erörtert.

Neben historischen Quellen bzw. Archivalien und Publikationen steht zur Erforschung dieser Fragen das Bauwerk selbst als Quelle zur Verfügung.

II. 1.2 Thesen

Im Rahmen dieser Arbeit werden unterschiedliche Thesen entwickelt, die in einem gewissen gegensätzlichen Verhältnis zueinander stehen, deren Funktionszusammenhang aber zu erweisen Sinn und Zweck dieses Projektes ist.

Thesen zur historischen Wahrnehmung

- Die Fleischbrücke ist die bedeutendste Steinbogenbrücke der Spätrenaissance in Deutschland.
- Die ursprünglich hohe Einschätzung und Wertschätzung der Brücke reichte über die Jahrhunderte nicht aus, die Fleischbrücke zu einem kunstgeschichtlich bedeutenden Bauwerk, wie es die Rialtobrücke darstellt, aufsteigen zu lassen.
- Persönliche Interessen derer, die über die Fleischbrücke publizierten, beeinträchtigten die historische Wahrheit.

Thesen zur Konstruktion

- Die Fleischbrücke war nicht nur den Erfordernissen des unmittelbaren Bedarfs und der Zeit, sondern auch steigenden Nutzungsansprüchen gewachsen.
- Der Errichtung der Fleischbrücke ging ein konstruktiver Entwurfsprozess voraus, der sich in zeichnerischen Varianten niederschlug.
- Die Ausführung von bautechnischen Details war überwiegend nicht gestalterischen, sondern konstruktiven Gesichtspunkten geschuldet.

II. 2 Untersuchungsmethodik

Die Bearbeitung der Thesen und zentralen Fragen erfordert es, das Bauwerk ganzheitlich zu betrachten. Dass die Verfasserin sich damit als Bauingenieurin in interdisziplinäres Terrain wagt, ist ihr durchaus bewusst. Die Untersuchungsperspektive ist bautechnisch-geschichtlich, doch werden kunstgeschichtliche und soziale Aspekte nicht ausgeschlossen. Erforderlich ist die Arbeitsweise des Historikers wie quellenkritisches Vorgehen oder Methoden der Denkmalbeurteilung, die den Zeugniswert erkennen lassen. Das ist zum einen „*das sorgfältige Sammeln der zum Denkmal gehörenden Überlieferungen in Wort und Bild, zum anderen die erläuternde Beschreibung und schließlich das akzentuierende Bewerten*“⁵².

Die Herangehensweise an Fragen der Bautechnik ist wie die eines Bauforschers, „*der*

- *Fragen stellt und unbeantwortete Fragen erträgt*
- *Suggestivfragen von offenen Fragen unterscheidet*
- *Antworten, besonders den eigenen, mißtraut*
- *Antworten nicht als das Ende von Fragen versteht*
- *Widersprüche akzeptiert und bestehen lässt ...*⁵³.

Ein der Bauforschung vorangestelltes Kapitel erläutert den historischen Kontext, um der Konstruktion selbst und ihren Konstrukteuren gerecht zu werden, und gibt einen Überblick über die regionalen und überregionalen Voraussetzungen für ein innovatives Brückenbauwerk:

- die Geschichte der Steinbogenbrücken,
- den Stand des Wissens in Traktaten und im Handwerk,
- das rst. Bauamt,
- spezielle Aspekte in den Entwurfsplänen der Rialtobrücke.

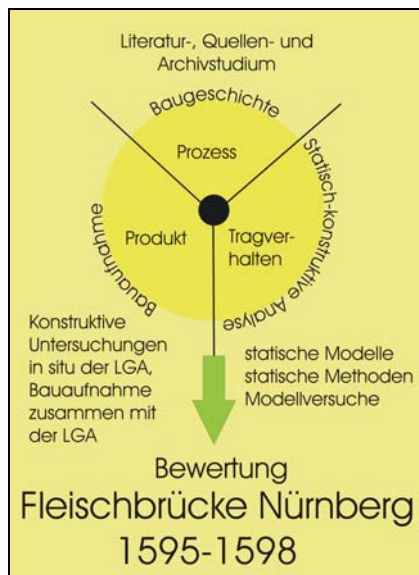


Abb. II-1: Projekt Fleischbrücke

Den Kern der Arbeit bildet die **Bauforschung** mit den Kapiteln Bau- und Nutzungsgeschichte, Bau- und Schadensaufnahme und statisch-konstruktive Analyse der Fleischbrücke (Abb. II-1).

Die Erforschung der **Baugeschichte** macht den notwendigen Rückgriff auf die ursprünglichen, historischen Quellen erforderlich, die Problematik der Lesbarkeit der Schrift, der notwendigen Transkription nebst Schwierigkeit der Interpretation des Textes inbegriffen. Wesentlich ist auch an dieser Stelle die Berücksichtigung der stadtgeschichtlichen Besonderheiten, um sich in der Archivlandschaft zu orientieren. Der Blick richtet sich auf den Prozess der Konstruktion, zweitranig auf die Konstruktion selbst.

Danach können die gewonnenen Erkenntnisse durch in situ Untersuchungen, die **Bauaufnahme**, zusammen mit der LGA gestützt oder entkräftet werden. Einerseits

⁵² Schiedermaier, Scherg (1991), S. 48.

⁵³ Bingenheimer, Hädler (1993), S. 94.

wurden Untersuchungen der LGA verwendet, aber auch in Zusammenarbeit durchgeführt, wie die Aufnahme der Brückenuntersicht. In der Bauaufnahme steht das Produkt Brücke im Vordergrund. Das Bauwerk selbst gibt Auskunft einerseits über Fakten, die sich in der historische Quellenforschung nicht ermitteln ließen – z. B. die Materialkennwerte –, andererseits über aktuelle Schäden.

Die Kombination der geschichtlichen Daten mit den Informationen der Bauaufnahme führt zur statischen Modellbildung und zur **statisch-konstruktiven Analyse**. Diese hat zugleich das Ziel, den Nachweis der Tragfähigkeit vom heutigen Standpunkt aus mit den historischen Verfahren zur Erfassung der Tragfähigkeit zu vergleichen und verschiedene statische Verfahren bzw. Finite-Element-Programme anzuwenden, denen unterschiedlich idealisierte statische Modelle zugrunde liegen.

Belastungsversuche beleuchten an Modellen zur Fleischbrücke im Maßstab 1:10 qualitativ Fragestellungen, die sich der Rechnung entziehen.⁵⁴

Als Bilanz folgt die Bewertung der Fleischbrücke in der Gegenüberstellung zur Rialtobrücke, bezüglich der statisch-konstruktiven und der ästhetischen Qualität im Kontext der Erbauungszeit sowie aus heutiger Sicht.

⁵⁴ Die Versuche wurden finanziert durch das „Neue Medien“-Projekt KI-SMILE am FB Bauingenieurwesen der FH Potsdam (Laufzeit 2001-2003, Projektleitung Prof. Vielhaber und die Verfasserin), siehe <http://www.ki-smile.de>, siehe auch Bletzer et al (2003) und Kaiser et al (2003).

KI-SMILE ist eine Lehr- und Lernplattform für das Bauingenieurwesen. Sie stellt eine breite Palette von Anwendungen und Hilfsmitteln zur Verfügung, die den Präsenzuntritt und dessen Vor- und Nachbereitung unterstützen und qualitativ aufwerten. KI-SMILE bedeutet **“Konstruktiver Ingenieurbau - Simulation, Motivation und Interaktion in Lehre und Experiment“**. Lehrende und Studierende haben auf freigegebene Inhalte kostenfreien Zugang über das Internet. KI-SMILE ist ein Verbundprojekt zwischen der Fachhochschule Potsdam, der Technischen Universität Berlin und der Technischen Fachhochschule Berlin.

II. 3 Stand der Forschung

II. 3.1 Forschungen zu Steinbrücken

Steinbogenbrücken können Jahrhunderte, auch Jahrtausende überstehen. Das auf deutschem Raum umfangreichste Werk über noch erhaltene, sanierte oder rekonstruierte Steinbrücken in Deutschland ist das vom Bundesminister für Verkehr herausgegebene Werk „*Steinbrücken in Deutschland*“, Bd. 1 und Bd. 2.⁵⁵ Diese Bände befassen sich mit einer Auswahl von Steinbrücken in den alten und neuen Bundesländern, sowohl bezüglich ihrer Baugeschichte als auch bezüglich ihrer Bautechnik und Instandsetzung inklusive technischer Daten – sei es die Geometrie oder die Brückenklasse. Grundsätzliche Forschung zur Typologie und Geschichte von Steinbogenbrücken findet sich in dem 1979 vom Deutschen Museum in München herausgegebenen Klassiker „*Am Anfang war der Balken. Zur Kulturgeschichte der Steinbrücke.*“⁵⁶

Auf internationaler Ebene werden seit 1995 in dreijährigem Zyklus auf der „Arch Bridge Konferenz“ Forschungen zu Bogenbrücken, besonders auch Steinbogenbrücken, im weitesten Sinne präsentiert. Das reicht von Gewölbe- und Bogentheorien bis zu neuesten Berechnungsverfahren, von Sanierungs- und Ertüchtigungsprojekten einschließlich der Problematik der Erhaltung bis zu neuen Entwürfen, von Versuchen an Modellen im Labor bis zu Probelastungen vor Ort. Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft von Bogenbrücken sind Thema, Historisches neben Visionen.⁵⁷

Wenn man von den ersten Ansätzen einer Gewölbetheorie bei Leonardo da Vinci (* 1452, † 1519) absieht, beginnt sich die Gewölbetheorie am Ende des 17. Jh. zu entwickeln. Noch rund 250 Jahre später wurde der Bogen überwiegend als einachsig tragender Baukörper idealisiert und noch in der Mitte des 20. Jh. war eine Einstufung einer Brücke mittels einer grafostatischen Untersuchung möglich. Die modernen, rechnergestützten Berechnungsverfahren mit der Finite-Element-Methode (FEM) erlauben auch die Berechnung als Scheibe oder als räumliches Tragwerk mit Zehntausenden von Unbekannten, wobei die besondere Problematik der Idealisierung bei den Materialparametern liegt, weil Mauerwerk als Zweikomponentenwerkstoff aus Stein und Mörtel – solange nicht jeder Stein und jede Fuge einzeln im Modell abgebildet wird – nur als verschmiertes Ersatzkontinuum zu betrachten ist.

Während in England vielfältige Versuche und Testreihen an Bögen besonders im letzten Drittel des 20. Jh. an Modellen durchgeführt wurden, liegt in Deutschland der Schwerpunkt in jüngerer Zeit eher auf der experimentellen Tragsicherheitsbewertung.⁵⁸

Auf historische Berechnungsverfahren und Versuche von und an Steinbogenbrücken bis zum heutigen Stand wird ausführlicher in Kap. IV. 3 „Statisch-konstruktive Analyse“ eingegangen („State of the Art – Berechnungen“, S. 178 und „State of the Art – Versuche“, S. 182).

⁵⁵ Bundesminister für Verkehr (1988), alte Bundesländer – Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (1999), neue Bundesländer.

⁵⁶ Heinrich (1979).

⁵⁷ 3.-6.9.1995 in London; 6.-9.10.1998 in Venedig; 19.-21.9.2001 in Paris; die nächste Konferenz 2004 in Barcelona. Proceedings „Arch Bridge“ siehe Melbourne (1995) – Sinopoli (1998) – Abdunur (2001).

⁵⁸ Systematisch dazu siehe Steffens (2001).

II. 3.2 Forschungen zur Fleischbrücke

Der Übergang von Berichten über die Fleischbrücke zu wissenschaftlichen Forschungen ist fließend. Anfang bis Mitte des 19. Jh. rückt die Fleischbrücke in den Fokus von Ingenieuren, die 1857 erste Berechnungen zur Fleischbrücke durchführen und sie als einziges deutsches Brückenbeispiel in ihren Werken aufnehmen.⁵⁹

Im Dezember 1983 stellte W. v. Stromer (* 1922, † 1999), derzeit Lehrstuhlinhaber für Wirtschafts-, Sozial- und Technikgeschichte der Universität Bamberg, einen Forschungsantrag zum Thema *„Technikgeschichte des Brückenbaus und der Baustatik der Renaissance, Technologietransfer Italien-Deutschland im 16. Jahrhundert: RIALTO-Brücke Venedig 1587-92 und FLEISCHBRÜCKE Nürnberg 1595-98“*, der von der Volkswagenstiftung gefördert wurde. Als Ergebnis dieses interdisziplinären Forschungsprojektes, das unter Einbeziehung verschiedenster Kompetenzen den Brückenbau der Renaissance erforschen sollte, entstand die Veröffentlichung in *„Steinbrücken in Deutschland“*⁶⁰.

Als schillernde bekannte Nürnberger Persönlichkeit, später Professor für Wirtschafts- und Technikgeschichte an der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg, inspirierte und unterstützte W. v. Stromer auch andere Wissenschaftler, die sich in den 1990er Jahren ausgewählten Aspekten der Fleischbrücke zuwenden wie z. B. Borrmann im Rahmen der Erforschung historischer Gründungen und Falter aus der Sicht der Herstellungsverfahren und Materialien.⁶¹

Diese und andere jüngeren Arbeiten mussten auf Publikationen von W. v. Stromer zurück greifen, der nicht immer durch Quellen belegt, was er als Fakt darstellt. Auch unterlässt er es zum Teil, seiner Einschätzung widersprechende Literatur zu zitieren. Trotz seiner unbestrittenen Leistung scheinen seine Forschungen zur Fleischbrücke deutlich davon geprägt zu sein, seinen Vorfahren – den Ratsbaumeister Wolf Jacob Stromer – ins rechte Licht zu rücken, denn mit ihm sei *„ein bisher verkannter großer Architekt europäischen Rangs noch zu entdecken, dessen Werk der Erschließung harrt“*⁶². Die Objektivität der Studien W. v. Stromers ist damit in Frage gestellt. Das erfordert eine erneute Klärung der Urheberschaft.

Aktueller Sanierungsbedarf

Durchfeuchtungsprobleme der Fleischbrücke wurden auch für Nürnberger Bürger offensichtlich, als im Winter 1999 erstmals Eiszapfen an der Bogenunterseite entstanden. Von der Presse aufgegriffen, zwang dies das Tiefbauamt zum Handeln. Daraufhin tätigte die Projektgruppe Historische Brücken der Landesgewerbeanstalt Bayern (LGA), beauftragt vom Tiefbauamt Nürnberg, zahlreiche Untersuchungen in situ, die 2001 in einen „1. Bericht“ mündeten. Grundtenor des „1. Berichtes“ über den Untersuchungszeitraum Juni 1999 – Dezember 2000 ist eine dringende Sanierungsempfehlung für eine konstruktive Instandsetzung mit denkmalpflegerischen Maßnahmen, insbesondere eine komplette Fahrbahnabdichtung und Abdichtung der unterirdischen Widerlagerpartien.⁶³ Weitere Untersuchungen vor Ort, an denen die Verfasserin beteiligt war, schlossen sich an.

⁵⁹ Röder (1821) – Scheffler (1857). Siehe hierzu Kap. IV. 3.4.1, S. 190.

⁶⁰ Stromer (1988), S. 162-167 – siehe auch Krauß (1985), S. 218-223.

⁶¹ Siehe Borrmann (1992) – Bögle (1994) – Tacke (1995) – Falter (1999). Nachruf Prof. Stromer siehe Haller (1999).

⁶² Stromer (1997), S. 179.

⁶³ Siehe Stolarski (2001 a).

II. 4 Quellen

II. 4.1 Primärquellen in Archiven und Einrichtungen im Überblick

Der Bau der Fleischbrücke in der rst. Zeit fällt in die Zuständigkeit des rst. Bauamtes, das schon damals über eine straffe, systematisierte Registratur und Archivierung verfügte. Doch leider wurden diese Bestände aufgeteilt und lagern heute zerstreut an unterschiedlichen Standorten.⁶⁴

Textliche Quellen

Bestände des reichsstädtischen Bauamtes im Staats- und Stadtarchiv Nürnberg

Wegen der Annexion der Reichsstadt 1806 durch das Königreich Bayern gelangten das gesamte rst. Archiv und viele Registraturteile an das Königreich Bayern, so auch die Bestände des rst. Bauamtes. Es entstand das Königliche Bayerische Archiv, aus dem letztlich das heutige Staatsarchiv Nürnberg (StAN) hervorgegangen ist. Nach Wiedererrichtung einer städtischen Selbstverwaltung 1818 gab der Staat einen Teil der Archivalien, so auch die Registratur des rst. Bauamtes an die Stadt Nürnberg zurück. Deshalb bilden die erhaltenen Bestände des rst. Bauamtes mit 80 % den Grundstock des 1872 gegründeten Stadtarchivs Nürnberg (StadtAN). Die restlichen 20 % sind im heutigen Staatsarchiv.

Verlässe der Reichsstadt im Staatsarchiv Nürnberg

Neben den Akten des rst. Bauamtes stehen quasi als Verwaltungsakten die sogenannten Verlässe der rst. Zeit zur Verfügung, oft mit dem Satz beginnend „*Item es ist erteilt*“ oder „*verlassen*“ im Sinn von erlassen, entschieden oder eingeleitet. Von diesen Verlässen spiegeln als umfangreichste Quellengattung zur rst. Geschichte die Verlässe des inneren Rates, kurz Ratsverlässe genannt, die gesamte Fülle des öffentlichen Lebens wieder.⁶⁵ Bis etwa 1617 wurden sie bei laufender Sitzung in schmale Bände niedergeschrieben. Erst ab 1504 haben die meisten Bände ein vorgeordnetes Register.⁶⁶ Besonders wichtige Verlässe, von denen man erwarten konnte, dass sie zukünftig noch von Bedeutung sein würden, ließ der innere Rat nach den Sitzungen in sogenannten Ratsbüchern niederschreiben. Hinzu kommen die Verlässe zum Losungsamt, Verlässe der Herren Älteren und die geheimen Verlässe der Herren Älteren.⁶⁷

Ausgewertete Quellen im Stadt- und Staatsarchiv

Im Stadtarchiv wurden die Bauamtsakten des rst. Bauamtes (B1/II), insbesondere zu Brücken (B1/II, Nr. XVI) auf Akten zur Fleischbrücke durchsucht und ggf. ausgehoben. Hierunter findet sich auch der Akt zur Errichtung der Fleischbrücke (B1/II, Nr. XVI 8a).⁶⁸ Unter den Bänden und Amtsbüchern des rst. Bauamtes (B1/I) lieferten Bände mit „*Verlässen das Bauamt betref-*

⁶⁴ Siehe Kap. III. 3 „Das reichsstädtische Bauamt in Nürnberg bis 1595“, S. 62.

⁶⁵ Bei Mummenhoff (1891) werden die Ratsverlässe noch als Ratsmanuale bezeichnet.

⁶⁶ Vgl. Diefenbacher, Endres (2000): Großes Desiderat ist deshalb ihre Edition. Theodor Hampe hat 1904 eine Edition unter kunstgeschichtlichem Aspekt (bis 1618) vorgelegt. In neuerer Zeit wurde das Vorhaben einer vollständigen Kommission wieder aufgegriffen, doch kommt diese nur sehr langsam voran.

⁶⁷ StAN, Findmittel sind: Rep. 60 a für Rst. Nbg. Verl. d. Inneren Rates; Rep. 60 b für Rst. Nbg. Ratsb.; Rep. 60 c für Rst. Nbg. Verl. z. LosgA; Rep. 60 d für Rst. Nbg. Verl. d. Herren Älteren; Rep. 60 e für Rst. Nbg. Geh. Verl. d. Herren Älteren.

⁶⁸ Siehe die Auflistung aller zitierten ungedruckten Quellen S. 272.

*fund*⁶⁹. Hinweise auf die Originalverlässe im Staatsarchiv. Aber auch Dokumentationsgut privater Provenienz, (E, z. B. E1 Stromer) und Sekundärquellen, Ersatz- und Ergänzungsüberlieferungen wurde ansatzweise nach Angaben zur Fleischbrücke ausgewertet. Nicht ausgewertet sind die Amtlichen Provenienzen der bayerische Zeit seit 1806. Akten zur Fleischbrücke ab 1879 befinden sich im Tiefbauamt und wurden dort ausgewertet.

Im Staatsarchiv wurden die Ratsbücher und Ratsverlässe des inneren Rates nach den voran stehenden Registern auf Inhalte zum Stichwort Fleischbrücke für die Jahre 1595-1601 systematisch durchsucht und alle aufgefundenen Verlässe ausgewertet. Sofern sie mit der Errichtung der Fleischbrücke und nicht mit anderen Belangen zu tun hatten, sind sie in Bd. 3, Kap. 2 „Chronologie der Fleischbrücke“ transkribiert. Bei der Auswertung der Verlässe besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit, u. a. weil nicht garantiert werden kann, dass Belange zur Fleischbrücke auch ins Register aufgenommen wurden.⁷⁰ Neben der Suche über die Register wurden in der Literatur erwähnte Verlässe bezüglich der alten und neuen Fleischbrücke ebenfalls nachgeschlagen.

Dennoch ist leider festzustellen, dass insbesondere die aufgefundenen Verlässe zur Fleischbrücke eher Antworten liefern auf Fragen nach dem *was* geschah und *wann*, als auf die interessanteren Fragen, *wie* wurde es gemacht und *warum* wurde so entschieden.

Quellenkritik

Weder im Staatsarchiv noch im Stadtarchiv Nürnberg findet sich noch der ursprüngliche Bauakt zur Fleischbrücke, der die Planung und Ausführung beinhaltet. Es lässt sich auch nicht mehr ausmachen, wie ein ursprünglicher Akt aussah, denn im 18. Jh. wurden zwar die Bestände des rst. Bauamtes durch ein sechsbändiges Repertorium erschlossen, das sich auf die alten Signaturen bezog; dieses ist aber im Zweiten Weltkrieg nebst vielen anderen Akten, die ausgelagert waren, zerstört worden.⁷¹

Die Kenntnis der Signaturen des rst. Bauamtes erweist sich als notwendig für die Zuordnung von den heute verstreuten Plänen zu dem ursprünglichen Bestand des rst. Bauamtes. Eine Signatur, wie z. B. Sch H 71 fasc. 33, setzt sich zusammen aus:

1. Sch (für Schublade)
2. Großbuchstabe
3. arabische Zahl
4. fasc. (Abkürzung für lat. fasciculus = Abschnitt, Bündelchen)
5. arabische Zahl.

Die alte rst. Signatur befindet sich jeweils auf kleinen gefalteten Tecturzetteln, welche die einzelnen Aktenseiten umschlossen. Auf ihrer Rückseite befand sich ein nummeriertes Register z. B. № 1 bis № 4. Diese Produktnummern tauchen dann auf den einzelnen Blättern des Aktes

⁶⁹ StadtAN: B1/I, Bd. 54, 55, 56.

⁷⁰ Nur wenige der im Stadtarchiv angeführten „Verlässe das Bauamt betreffend“ mit Bezug zur Fleischbrücke hat die Verfasserin nicht im Original im Staatsarchiv auffinden können. Die Einsicht der Verlässe im Staatsarchiv kann nur über Mikrofiche-Lesegeräte erfolgen.

⁷¹ Für Informationen über die Strukturen und Signaturen des rst. Bauamtes dankt die Verfasserin dem Nürnberger Historiker Karl Kohn.

wieder auf. Innerhalb dieser Nummern erfolgte die Zählung nach № 1^a bis № 1^b, dann № 1^{aa} bis № 1^{bb} und so fort.

Im 19. Jh. wurden die Bestände des Stadtarchivs mit einer neuen Registrierung und Signaturen versehen. Deshalb lässt sich erkennen, dass der einzige Bauamtsakt im Stadtarchiv Nürnberg, der direkt vom Bau der Fleischbrücke handelt (B1/II, Nr. XVI 8a), nicht die rst. Signatur trägt:

*„Wahrhaftiger Bericht und
Verzeugnus aller Pfäel so zu der
Flaischbrucken in die Beede Grudt ge
schlagen, auch wie viel Stück Stein groß u.
klein zu beeden Grund...“*

Es war also entweder kein ursprünglicher Akt des rst. Bauamtes oder aber er verblieb bei den laufenden Akten, kam nicht in die Registratur und weist deshalb nicht die alte rst. Signatur auf. Es sind nur sieben Seiten in ca. DIN A4 Format und nur eine Skizze.⁷² Der Akt beinhaltet auf den ersten vier Seiten den „Wahrhaftigen Bericht ...“, in dem verbautes Material und Kosten aufgelistet sind und eine Beschreibung der Grundsteinlegung erfolgt. Der Rest ist eine „Spezifikation“, die Bezug nimmt u. a. auf Doppelmayr⁷³ – damit datiert der Rest nach 1730.

Dieser „Wahrhaftige Bericht und Verzeichnis alle Pfähle ...“ taucht in sehr ähnlichen Versionen mehrfach auf. Er unterstreicht die Vorliebe der alten Patrizierfamilien, wichtige Dokumente abschreiben zu lassen, um sie in ihrer Bibliothek zu führen. Die unterschiedlichen Schriften haben im Prinzip den gleichen Inhalt wie die Seiten 1 bis 4 des Aktes aus dem Stadtarchiv, weichen aber in einigen Passagen und in der Wortwahl geringfügig voneinander ab.

Es konnten insgesamt sieben handschriftliche Varianten ausgemacht und verglichen werden, die sich z. T. dadurch als Abschriften erweisen, dass sich in einzelnen Passagen inhaltliche Fehler einschlichen – wenn beispielsweise die Gesamtsumme der Baukosten bei fehlenden Einzelposten identisch angegeben wird, wie bei einem undatierten Akt im Archiv der Freiherren Stromer v. Reichenbach (Stromer-Archiv im Staatsarchiv). Der Schrift nach zu urteilen, dürfte dieser Akt auch eher aus dem 18. Jh. stammen im Gegensatz zu den ersten Seiten des Aktes aus dem Stadtarchiv, der durchaus um 1600 geschrieben worden sein kann. Für die weitere Auswertung wurde der Text aus dem Stadtarchiv Nürnberg zugrunde gelegt.⁷⁴

Visuelle Quellen – Entwurfs- und Konstruktionspläne der Fleischbrücke

Die Entwurfs- und Konstruktionspläne der Fleischbrücke finden sich überwiegend in folgenden Archiven:

- Germanisches Nationalmuseum (GNM)

⁷² Diese Skizze siehe in Bd. 2 (Katalog), stellt keinen Entwurfsplan im eigentlichen Sinne dar, sondern eine Art Abgang zum Wasser.

⁷³ Siehe Doppelmayr (1730).

⁷⁴ Außer dem Exemplar in StadtAN: B1/II Nr. XVI 8a findet sich der „Wahrhaftige Bericht und Verzeichnis aller Pfähle ...“: In StAN: Stromer-Archiv A 2617, enthält 2 Versionen mit in sich unstimmen Kostenaufstellungen – StBN: Nor. H. 667(9) Handschrift – GNM: Hs 557, Merkel-Handschrift mit in sich unstimmer Kostenaufstellung – StAN: Lüdersche Chronik Rst. Nbg. Hs 49, fol. 304 verso bis fol. 312 mit in sich unstimmer Kostenaufstellung – StBN: Starcksche Chronik Amb 616, 2^o, ist keine vollständige Abschrift, aber enthält größere Ausschnitte, so z. B. die Auflistung der Kosten ab fol. 293, 293 verso. – Der Text aus dem StadtAN liegt in Bd. 3 (Materialsammlung), Kap. 3.3 (der heutigen Schreibung angepasst) transkribiert vor. Zugefügt ist ein tabellarischer Vergleich der Fehlerquellen in der Auflistung der Kosten bei den unterschiedlichen Versionen.

- Museen der Stadt Nürnberg (StadtMN)
- Architekturmuseum der TU München (ArchMM)
- Staatsarchiv Nürnberg (StAN).

Während Archivalien des rst. Bauamtes in Textform – soweit noch vorhanden – überwiegend im Staats- und Stadtarchiv zu finden sind, ist es um Zeichnungen und Pläne schlechter bestellt. Planungsunterlagen der Fleischbrücke sind über die Einrichtungen der Stadt Nürnberg verstreut, ja selbst in München finden sich Planzeichnungen zur Fleischbrücke. Da Archivare im 18. und 19. Jh. Schriftgut aussonderten, insbesondere auch Planmaterial, gelangten viele Entwurfspläne über Trödelmärkte in private Sammlungen und von dort in die Graphische Sammlung der Museen der Stadt oder das Germanische Nationalmuseum. 1860 übergab das Stadtarchiv sogar gebündelt einen Bestand an das Germanische Nationalmuseum: eine gebundene Mappe „*Allerley Vißirungen und Abriß wegen der Flaischbrucken*“ mit Plänen und Gutachten. Viele der Pläne sind nicht datiert und signiert. Diese entziehen sich einer genauen Zuordnung zum reichsstädtischen Bauamt.

Das hat zur Folge, dass sich ursprünglich zum rst. Bauamt gehörendes Planmaterial kaum mehr in den Archiven findet, in denen eigentlich die Bestände des rst. Bauamtes zu erwarten wären. Im Staatsarchiv sind allerdings – als Depotgabe des Familienarchivs der patrizischen Familie Stromer von Reichenbach – die Baumeisterbücher I und II (BMB I, II) des Ratsbaumeisters Wolf Jacob Stromer aufbewahrt, die auch Pläne zur Fleischbrücke beinhalten.

Anderes Material des rst. Bauamtes, ein Konvolut mehrerer Blätter und Zeichnungen, landete auf Umwegen über das Germanische Nationalmuseum (Hs 16055), im Architekturmuseum der TU München. Eine ausführliche Behandlung der Entwurfspläne bezüglich der Bestandsverteilung auf die verschiedenen Einrichtungen findet sich in Bd. 2 (Katalog), Kap. 1 „Übersicht“.

Visuelle Quellen – Entwurfszeichnungen der Rialtobrücke

Zu Vergleichszwecken erschien die Kenntnis der Pläne aus dem Wettbewerbsverfahren 1587/88 zum Bau der Rialtobrücke sinnvoll. Die herangezogenen Pläne befinden sich im:

- Archivio di Stato di Venezia (ASV)
- Biblioteca Nazionale Marciana, Venezia (BNM).

Auch im Archivio di Stato di Venezia wurden die Pläne von dem umfangreichen Aktenmaterial getrennt und sind nicht mehr im Zusammenhang der ursprünglichen Provenienzen aufbewahrt, sondern als einzeln nummerierte designo (Entwurf, Plan) in einer extra cartella (Schatulle). Eine Zuordnung zu den 17 Bustas (Boxen) der „Provveditori alla Fabbrica della Ponte di Rialto“ ist damit nicht mehr genau möglich. Es sind insgesamt 24 Pläne, bezeichnet von disegno 1-13, 14 A-14 F, 15-19. Die Herkunft einiger dieser Pläne ist unbekannt, nur wenige der Pläne sind datiert oder signiert. Etliche Pläne weisen starke Schäden auf. Von den besonders unkenntlichen existieren Nachzeichnungen.⁷⁵ Von etlichen unsignierten Plänen gibt es Zuschreibungen.⁷⁶ Weitere Entwurfspläne zur Rialtobrücke stammen aus einer Handschrift in der Biblioteca Nazionale Marciana, Venezia.

⁷⁵ Siehe Cessi, Alberti (1934). Nachzeichnungen übernommen von Zorzi (1967), Abb. 250-253.

⁷⁶ Siehe Zorzi (1967) – Calabi; Morachiello (1987).

Material in weiteren Einrichtungen

Familienarchiv der patrizischen Familie Stromer von Reichenbach

Bestände des Familienarchivs der patrizischen Familie Stromer von Reichenbach des Ratsbaumeisters Wolf Jacob Stromer befinden sich z. T. direkt in Schloss Grünsberg in Altdorf bei Nürnberg, doch sind auch Urkunden, Akten und Bände aus diesem Archiv der Freiherren Stromer v. Reichenbach auf Schloss Grünsberg (Abkürzung Stromer-Archiv) im Staatsarchiv einsehbar,⁷⁷ einzelne Briefe oder Akten auch im Germanischen Nationalmuseum und im Stadtarchiv. Diese Quellen wurden auch auf Inhalte zur Errichtung der Fleischbrücke hin durchgesehen. Die zwei großformatigen Baumeisterbücher I & II des Wolf Jacob Stromer, die seit W. v. Stromers Tod 1999 als Depotgabe im Stromer-Archiv des Staatsarchivs lagern, verblieben zunächst über die Jahrhunderte in Schloss Grünsberg und waren im letzten Jahrhundert vorübergehend als Leihgabe im GNM zu betrachten.⁷⁸

Unter anderem sind in Schloss Grünsberg das historische Modell der Rialtobrücke, ein kleines Gemälde der Fleischbrücke und Portraits des Ratsbaumeisters Wolf Jacob Stromer und seiner Ehefrau aufbewahrt sowie ein Pokal mit eingravierten Darstellungen der Fleischbrücke.

Gefertigt von dem Nürnberger Goldschmied und Medailleur Hans Petzold (* 1551, † 1633) wurde der Petzold-Pokal dem Ratsbaumeister Wolf Jacob Stromer als Geschenk vom Rat übereignet. Großformatige repräsentative Pokale, oft als Geschenke des Nürnberger Rats geschaffen, waren die Glanzstücke der Produktion Petzolds.⁷⁹

Tiefbauamt Nürnberg

Die rst. Zeit wurde 1806 durch Übergabe Nürnbergs an das Königreich Bayern beendet. Damit änderte sich die Stadtverfassung, auch die Zuständigkeiten und Strukturen des Bauamtes, verbunden mit einer Umorganisation des anfallenden Archivguts. Ab 1818 bis 1919 bildete der Magistrat das Hauptverwaltungsorgan der Stadt, dem auch das Bauwesen unterstellt war.

Unterlagen ab 1879 zur Fleischbrücke befinden sich nunmehr bei der Stadt Nürnberg im heutigen Tiefbauamt, das für die Bau- und Unterhaltungslast zuständig ist. Seit 1879 existiert dort die Hauptakte für die Fleischbrücke. Nach Abschluss von baulichen Maßnahmen werden nach festgelegten Vorschriften Daten in die Hauptakte zur dauernden Archivierung übergeben.⁸⁰

Interessanter Weise steht noch 1988 in dieser Akte der Vermerk zur Fleischbrücke „*keine Unterlagen vorhanden*“, ohne Verweis oder Kenntnis auf irgendwelche historischen Quellen. Ab 1972 wird im Tiefbauamt für Zwecke der Brückenüberwachung das Brückenbuch BW 1.020

⁷⁷ Thiel (1972): Bayerische Archivinventare Heft 33, Teil I (Urkunden); Adam (1972): Bayerische Archivinventare Heft 34, Teil II (Akten).

⁷⁸ StAN: Stromer-Archiv B 15. An dieser Stelle gilt mein Dank Dr. Fleischmann, Leiter des Stadtarchivs Augsburg (StadtAA), der von W. v. Stromer testamentarisch die Verwertungsrechte an den beiden Baumeisterbüchern erbe und mir freundlicher Weise gestattete, die Baumeisterbücher auch im Original zu studieren. Jetzt stehen sie im StAN in Makroverfilmung zur Verfügung.

⁷⁹ Siehe Diefenbacher, Endres (2000), S. 819. – Laut Stromer (1997), S. 176 wurde der Pokal in dem Augenblick überreicht, als beim Herausschlagen des Lehrgerüsts der kritische Moment erreicht und gemeistert war. – Im Widerspruch dazu bei Sporhan-Krempel, Stromer (1962), S. 302/303 mit Fußnot 74 und 74a wurde er schon 1597 überreicht.

⁸⁰ Hauptakte 650-41-01/020, Stadt Nürnberg Hauptamt für Tiefbauwesen, betreff: Fleischbrücke Aufbewahrungsfrist: dauernd, Band 1, begonnen 1879. – Ebenfalls Unterlagen bezüglich der Fleischbrücke enthält die Akte zum Hochwasserentlastungsstollen: Hauptakte 650-41-05/028, Stadt Nürnberg, Hauptamt für Tiefbauwesen, betreff: Hochwassertunnel ab Museumsbrücke flußwärts ca. 160 m Länge, begonnen 1.2.1951.

geführt. Darin werden im Wesentlichen die nach DIN 1076 vorgeschriebenen turnusmäßigen Brückenprüfungen dokumentiert. Im Tiefbauamt laufen alle Fäden bezüglich anstehender Sanierungsplanungen zusammen. In erster Linie arbeitet das Tiefbauamt mit der Bayerischen Landesgewerbeanstalt in Nürnberg zusammen, die ab 1999 vorbereitende Untersuchungen an der Fleischbrücke vornahm wie z. B. Bohrungen, chemische Analysen oder Steinkartierungen.

Zuständige Organe der Denkmalpflege

Für alle Fragen des Denkmalschutzes ist die Untere Denkmalschutzbehörde Nürnberg zuständig. Ihr übergeordnet ist das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege. Als nach dem bayerischen Denkmalschutzgesetz von 1973 die Organisation der Denkmalpflege in Nürnberg verändert wurde – vorher war die Denkmalpflege beim Hochbauamt angesiedelt – sind diverse Unterlagen offensichtlich nicht in die neuen Ämter übertragen wurden. Einige Fotos landeten im Bild-, Film- und Tonarchiv des Stadtarchivs.

Über Material zur Fleischbrücke aus der Zeit vor 1973 verfügen die jetzigen Instanzen der Denkmalpflege somit nicht. Derzeit werden die Institutionen der Denkmalpflege aber in alle folgenden Verfahren zur Sanierung eingeschaltet und auf Grund des Gesetzes von 1973 besteht nun auch die rechtliche Grundlage, denkmalgerechte Dokumentationen einzufordern.⁸¹

II. 4.2 Sekundärquellen, Chroniken, Illustrationen und Publikationen

Als die ältesten Zeugnisse vom Bau der Fleischbrücke werden auch handschriftliche Chroniken herangezogen, u. a. die undatierte „Starcksche Chronik“⁸², und zwei Chroniken, deren Schwerpunkte um 1600 liegen und deren Verfasser den Fleischbrückenbau selber verfolgen konnten: die „Lüdersche Chronik“ des St. Sebalder Pfarrers Wolfgang Lüder (* 1551, † 1624)⁸³ und insbesondere die Chronik des Ratschreibers und Chronisten Johannes Müllner (* 1565, † 1634) „*Annalum der löblichen Reichsstadt Nürnberg*“⁸⁴ von 1623.

Mit seiner chronologisch geordneten Geschichte Nürnbergs von den Anfängen bis 1600 wurde Müllner zum bedeutendsten Chronisten der Reichsstadt. An den Annalen arbeitete er neben seiner beruflichen Tätigkeit 25 Jahre lang. Sein eigenhändiger Entwurf umfasst sechs Bände, drei Kopisten fertigten eine vier Bände starke Reinschrift. Da er zudem für seine Zeit sehr Quellenkritisch arbeitete und Teile der Überlieferung, die ihm zugänglich waren, im 19. Jh. vernichtet wurden, können die Annalen der modernen Geschichtsschreibung als Ersatzüberlieferung

⁸¹ Gesetz zum Schutz und zur Pflege der Denkmäler vom 1.10.1973. In Schiedermaier, Scherg (1991), S.169-175.

⁸² StBN: Starcksche Chronik, von ursprünglich 9 Bänden sind erhalten Bd. 1 = Amb 615, 2°, Bd. 2 = Amb. 616, 2°, Bd. 3 = Amb 617, 2°. Es zeigte sich, dass die Passagen in der Starckschen Chronik gegenüber der Lüderschen Chronik, den Annalen der Reichsstadt von Müllner und dem „Wahrhaftigen Bericht und Verzeichnis aller Pfähle“ im Prinzip keine darüberhinausgehenden Informationen brachten. – Vgl. zu Chroniken Müllner (I), Vorwort S. 6*/7* von Hirschmann. Der Verfasser der Starckschen Chronik ist bis heute unbekannt. Man vermutet, es könnte der Genannte des Rats, Hans Starck (1591-1629) gewesen sein, doch gibt dazu lediglich Veranlassung, dass in die Einbanddeckel der Bände Wappen der Familie Starck gedruckt sind, was aber auch nur bedeuten kann, dass diese Chronik im Besitz der 1715 ausgestorbenen Familie war.

⁸³ Insgesamt umfasst die Lüdersche Chronik 9 Bände, 8 davon im StAN. Lüdersche Chronik in StAN: Rst. Nbg. Hs 49. Dieser Band enthält Passagen, die in den Müllnerschen Annalen nicht vorkommen, wie z. B. den „Wahrhaftigen Bericht und Verzeichnis aller Pfähle“, Siehe dazu auch Anm. 74, S. 25. Transkription ausgewählter Textstellen zum Fleischbrückenbau aus der Lüderschen Chronik sind in Bd. 3 (Materialsammlung), Kap. 3.

⁸⁴ StAN: Rst. Nbg. Hs 29, 30, 31 und 32. Die ersten drei Teile bis 1544 sind vom Stadtarchiv editiert worden, siehe Müllner (I), Müllner (II) und Müllner (III). Alle Passagen zur Erbauung der Fleischbrücke 1595-1601 aus dem uneditierten 4. Teil – bezeichnet mit Müllner (IV) – sind im Rahmen der vorliegenden Arbeit in Bd. 3 (Materialsammlung), Kap. 3, transkribiert.

dienen. 1623 übergab er seine Annalen dem Rat. Diese Quelle, obwohl eigentlich nicht für die Öffentlichkeit gedacht, diente vielen später gedruckten Werken als Vorlage.⁸⁵

Die frühen Publikationen mit kurzen Beschreibungen von historischen Daten der „wunderwürdigen“ oder „berühmtesten“ aller deutschen Brücken gehen in ihrem Informationsgehalt nicht weit über die Müllnerschen Annalen hinaus. Bis auf die Abmessungen, so wie sie Merian (1648) ausweist, geben die Publikationen keine bautechnischen Abläufe oder Details.

Das Interesse seitens der sich herausbildenden Ingenieure wendet sich in Traktatform ab dem Beginn des 18. Jh. speziell dem Brückenbau zu. Gautier in „*Traité des ponts*“⁸⁶ und Leupold in „*Theatrum Pontificiale oder Schauplatz der Brücken und des Brückenbaus*“⁸⁷ – dem ersten deutschen Brückenbuch – erwähnen die Fleischbrücke nicht, im Gegensatz zu Schramm⁸⁸ und zu Wiebeking's Lehrbuch „*Theoretisch praktische Wasserbaukunst*“ von 1812/1814 (Abb. II-2).

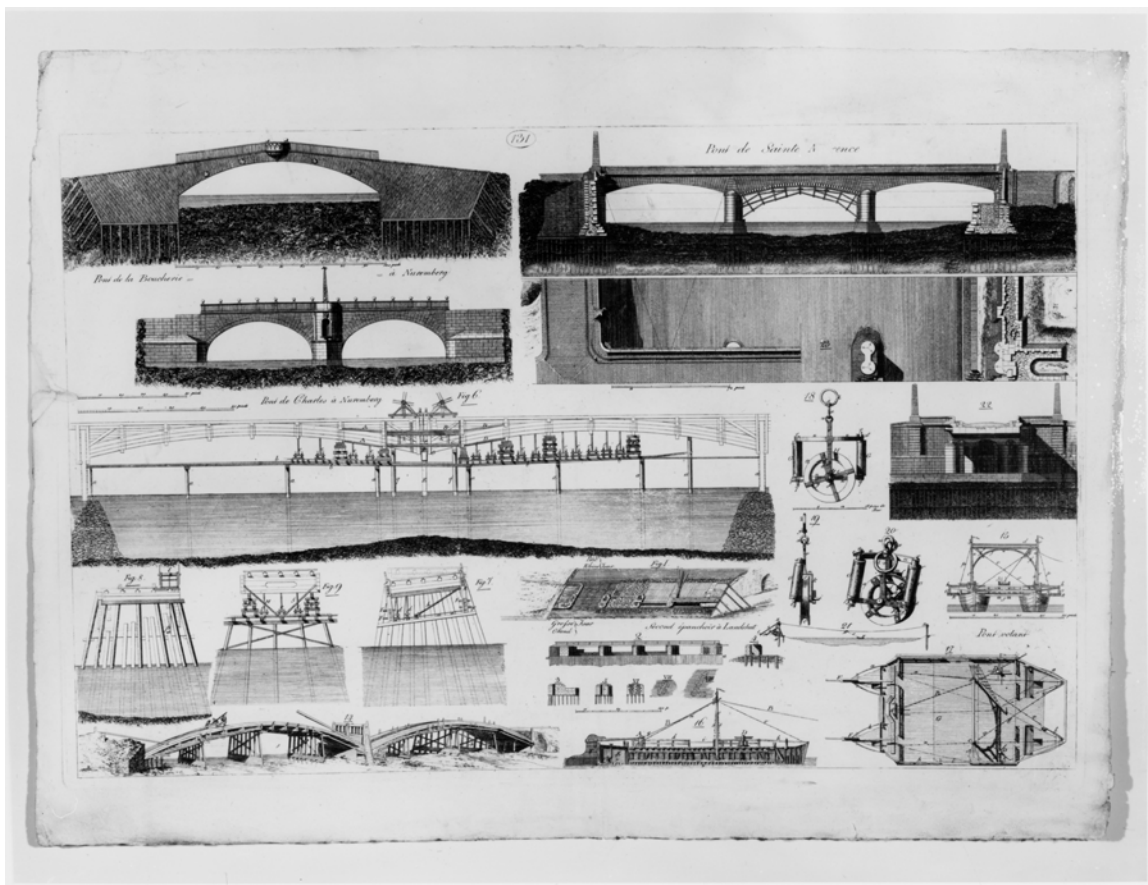


Abb. II-2: Plan aus dem Lehrbuch mit Darstellung der Fleischbrücke. In Wiebeking: *Theoretisch Praktische Wasserbaukunst*, 1812/1814, 72 x 54 cm. Einzelblatt im GNM: HB 26388

Darstellungen der errichteten Fleischbrücke – Kupferstiche, kleine Gemälde, Druckgrafiken aus verschiedenen Jahrhunderten – finden sich in allen schon erwähnten Nürnberger Archiven und Einrichtungen, die Druckgrafiken oft mehrfach in unterschiedlicher Qualität. Zusätzlich ist noch die Stadtbibliothek Nürnberg (StBN) zu nennen, die bis Ende des 19. Jh. noch als ausgespro-

⁸⁵ Siehe Diefenbacher, Endres (2000), S. 705.

⁸⁶ Gautier (1728).

⁸⁷ Leupold [1726] 1982.

⁸⁸ Schramm (1735), S. 155-156, mit Abb. nach S. 154.

chenes Museum – die Gemäldesammlung enthielt auch Kupferstiche, Holzschnitte, Handzeichnungen etc. – galt. Auch nach Abgabe geeigneter Bestände an das 1852 gegründete GNM und nach der Vernichtung eines Großteils der Bestände bei einem Luftangriff 1945 konnte sich der museale Charakter der Stadtbibliothek vorerst erhalten, besonders durch die Entwicklung der grafischen Sammlung.⁸⁹

Inzwischen erfolgte erneut eine Umstrukturierung der Bestände. 1971 musste die Stadtbibliothek Bestände an die Museen der Stadt, Graphische Sammlung abgeben, z. B. Einzelblätter von Druckgrafiken des Bestandes Nor. K. (Norica Kunst), während Bücher, Bände und Mappen in der Stadtbibliothek verblieben.⁹⁰

Medaillen auf die Grundsteinlegung und Fertigstellung verwahrt das GNM. Über die größte Anzahl an Fotografien der Fleischbrücke ab ca. 1900 verfügt das Bild,- Film- und Tonarchiv des Stadtarchivs Nürnberg.

⁸⁹ Siehe Goldmann (1957), S. 128-130.

⁹⁰ Information durch die Stadtbibliothek: Grafiken verzeichnet unter Nor. K. 1 bis 500 und Nor. K. 1000 bis 1080 verblieben in der Stadtbibliothek. Nor. K. 500-1000 ist eine nicht gefüllte Lücke im Bestand, der jetzt erst gefüllt wird. Registriernummern größer Nor. K. 1080 übernahmen die Museen der Stadt, Graphische Sammlung. – Wie sich im Rahmen der Recherche zeigte, sind auch nach über 30 Jahren Katalogzettel zu unter Nor. K. verzeichneten, aber abgegebenen Blätter zur Fleischbrücke noch in der Stadtbibliothek, während sich die Blätter selbst ohne Verzeichnung – nur in Mappen abgelegt, ohne Datierung und Zuordnungsmöglichkeit zum jeweiligen Künstler - in den Museen der Stadt, Graphische Sammlung befinden! Aus diesem Grund sind aus letzter Einrichtung keine Stiche oder Drucke in Bd. 3, Kap. 6 „Darstellungen der Fleischbrücke“ aufgenommen.

II. 5 Dokumentation

Eine Grundlage der inhaltlichen Analyse in dieser Arbeit bildete die Recherche und das Zusammentragen von Informationen. Ein der Verfasserin sehr wesentlicher Aspekt war es daher, dieses Material nicht nur selbst auszuwerten und zu bewerten, sondern auch eine repräsentative Auswahl als Quelle leichter zugänglich zu machen. Die bildlichen Darstellungen der Fleischbrücke (Abb. II-3) sind je nachdem, ob es sich um ein Foto, eine grafische Darstellung oder eine Entwurfs- bzw. Konstruktionszeichnung handelt, in Bd. 2 oder Bd. 3 zu finden. Bei den in vorliegendem Bd. 1 gezeigten Abbildungen ist jeweils auf Bd. 2 bzw. 3 verwiesen, sofern die entsprechende Abbildung dort aufgenommen ist.

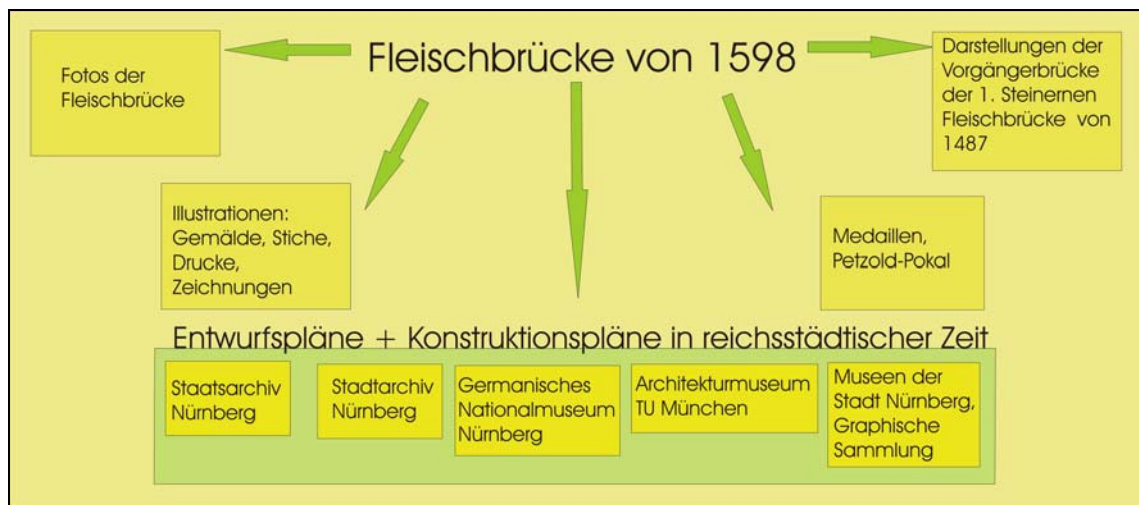


Abb. II-3: Darstellungen der Fleischbrücke

Das Bildarchiv Foto Marburg erarbeitet, sammelt, erschließt und veröffentlicht Bild- und Datenbestände zur europäischen Kunst im weitesten Sinn des Wortes. Der zugehörige Bildindex der Kunst und Architektur bietet 1,6 Millionen fotografische Wiedergaben im Originalzustand existierender, veränderter oder vernichteter Objekte, einfacher Gebrauchsgegenstände wie komplexer Kunst- und Bauwerke. Als Zentrum für kunstgeschichtliche Dokumente arbeitet das Bildarchiv Foto Marburg mit Museen und Instituten daran, Bestände zu inventarisieren und digitalisieren und als Nachschlagewerk für nicht kommerzielle Nutzung zur Verfügung zu stellen.⁹¹

Die Trefferquote nach Plänen oder grafischen Darstellungen der Fleischbrücke ist äußerst gering.⁹²

Band 2: Katalog der Entwurfpläne

Doch gerade die Entwurfs- und Konstruktionspläne stellen ein wichtiges Werkzeug zur Beurteilung des Entwurfsprozesses dar und geben Informationen über schriftliche Texte hinaus. Deshalb erschien es sinnvoll, dieses Archivmaterial in Bd. 2 in einem beschreibenden Katalog zu inventarisieren, zu verzeichnen und bildlich darzustellen. Der Katalog präsentiert alle aufgefundenen

⁹¹ Siehe <http://www.fotomarburg.de> und <http://www.bildindex.de>

⁹² Bei der Schnellsuche oder auch erweiterter Suche finden sich als Treffer nur ca. 30 Fotos und wenige grafische Darstellungen. Von den Entwurfplänen der Fleischbrücke bzw. denen, die mit dem Bau der Fleischbrücke in Zusammenhang stehen, finden sich nur aus dem GNM vier Pläne, HB 1421, HB 1427, HB 1429 und HB 1430. Vgl. dazu Bd. 2 (Katalog) und Bd. 3 (Materialsammlung).

denen, verstreuten, historischen Pläne und Skizzen – nach Lagerungsort sortiert – mit einem kurzen Steckbrief pro Plan. Es erfolgt in gewissem Umfang eine Zuordnung der Pläne zum rst. Bauamt. Doch auch unsignierte und undatierte Pläne sind mit aufgenommen, auch auf die Gefahr hin, dass einige dieser Pläne erst nach Errichtung der Fleischbrücke entstanden sein könnten. Sofern sich Pläne anderer Brücken fanden, die auch die Nomenklatur des rst. Bauamtes tragen, mit denen auch die Pläne des Wettbewerbsverfahrens gekennzeichnet wurden, oder die sich anderweitig direkt auf den Fleischbrückenbau beziehen, sind diese auch im Katalog abgebildet.

Band 3: Materialsammlung

Die umfangreiche Materialsammlung enthält im Wesentlichen:

- Lagepläne und Übersichten,
- eine Chronologie der Fleischbrücke unter Bezug auf die Quellen (aufgefundenen Archivalien und gegebenenfalls Sekundärquellen) nebst Transkription der entsprechenden Passagen,⁹³
- Transkriptionen u. a.:
 - Passagen der Chronik von Johannes Müllner aus dem uneditierten 4. Band, die sich auf die auf die Errichtung der Fleischbrücke beziehen,
 - „Wahrhafter Bericht und Verzeichnis aller Pfähle ...“, Version aus dem Stadtarchiv Nürnberg,
- eine chronologische Bibliografie zur Fleischbrücke,
- ausgewählte Darstellungen der Fleischbrücke wie auf Medaillen, Stichen, Gemälden und Drucken (in Bd. 3 unter der Bezeichnung „Grafik“ mit laufender Nummer geführt); die Sortierung erfolgt chronologisch,
- eine chronologische Fotodokumentation der Fleischbrücke (Fotografien in Bd. 3 unter der Bezeichnung „Foto“ mit laufender Nummer geführt),
- Dokumentation zu den steinernen Wappen und
- Ergebnisse der statisch-konstruktiven Analyse wie die Versuchsdokumentation sowie erstellte Pläne. Filmaufnahmen auf CD-Rom sind der digitalen Version der Arbeit beigefügt (am Ende Bd. 1).

⁹³ Die Transkriptionen in Bd. 3 sind weitgehend buchstabengetreu, unter Einhaltung oder zumindest Kennzeichnung des Zeilenumbruchs (/), wiedergegeben. Lediglich bei dem Bauamtsakt B1/II, Nr. XVI 8a wurde eine Anpassung an die heutige Rechtsschreibung vorgenommen. Insgesamt bedürften die Transkriptionen aber u. U. der Überarbeitung auf Lesefehler.

Digitales Archiv

Neben der Erstellung eines Kataloges bestand der Anspruch, die verstreuten Entwurfspläne sowie auch die bildlichen Darstellungen in einem digitalen Archiv an einem Ort – der FH Potsdam, Fachbereich Bauingenieurwesen – zur Verfügung zu stellen (Abb. II-4). Jeder, der mit digitalen Plänen und Bildern zu tun hat, kennt das Problem des Suchens und **Nichtwiederfindens**. Das digitale Archiv an der FH Potsdam dagegen arbeitet auf Datenbankbasis (Oracle), ist mit einem Retrievalmanagement ausgestattet und orientiert sich an der weit verbreiteten Windows Ordnerstruktur.

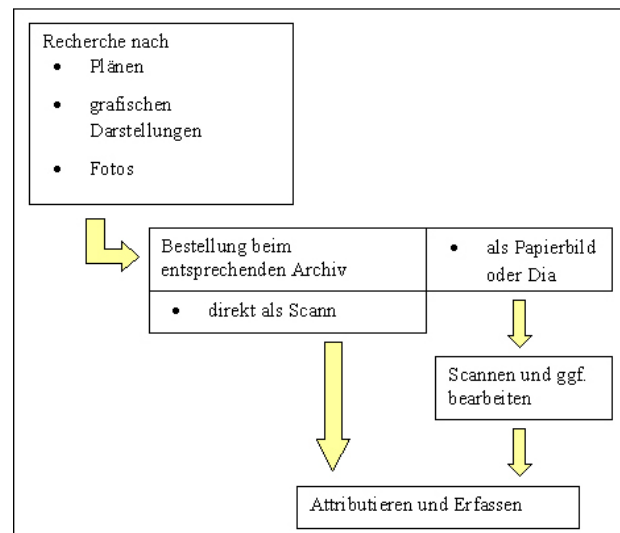


Abb. II-4: Ablauf digitale Archivierung

Zentrale Aufgabe des Retrievalmanagements ist das Wiederauffinden, das heißt, die gezielte Suche nach Daten und Dokumenten. Dazu benötigt man Suchkriterien, wie z. B. Stichworte zu inhaltsbezogenen Merkmalen, Erstellungsdatum des Plans oder Namen, die inhaltlich mit dem Dokument verbunden sind.

Das Retrievalsystem hat zusammenfassend folgende Aufgaben:

- Strukturierung der Ablage
- Strukturierung der Attribute und der Datenbank
- Zugang zu den Suchfunktionen
- Anzeige der Treffer nach einer Suche
- Auswahlfunktionen aus den Treffern.⁹⁴

Ein derartig ausgestattetes Archivierungsprogramm wurde im Rahmen des Projektes Brückendokumentation bei der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin (SenStadt, Referat XC 3/1) entwickelt (namens „DOKBRÜ“) und wird jetzt in einer modifizierten Version am Fachbereich Bauingenieurwesen der FH Potsdam zur Bauwerksdokumentation eingesetzt („FHP-Bau Archiv“). Es ist im Rahmen einer Kooperation zwischen der FH Potsdam und SenStadt Berlin hinsichtlich Weiterentwicklung und Anwendung 2003 als leistungsfähige Client-Server-Lösung auf mehreren Arbeitsplätzen implementiert worden.⁹⁵

„Das Archiv selbst ist modular aufgebaut, wobei die einzelnen Dokumentenklassen als so genannte Stammarchive geführt werden. Dies ist aus fachlicher Sicht erforderlich, weil die jeweiligen Dokumente unterschiedlich indiziert werden. Um eine Kollektion aus verschiedenen Dokumentenklassen zu ermöglichen, wurde der so genannte Ordner eingeführt. Über die auch extern geführte, eindeutige Dokumentennummer konnten die Kollektionen realisiert werden.

⁹⁴ Siehe Gulbins et al (2001), S. 61-64.

⁹⁵ Implementierung im Zuge einer Erneuerung der DV-Infrastruktur 2003. Ausstattung mit entsprechender Hardware und Scannern, u. a. A0 Farbscanner, durch WAP-Antrag des Fachbereichs vom 20.5.2001.

Dabei hat sich herausgestellt, dass die Verwaltung über Ordner und Mappen den Anforderungen der Anwender am besten entspricht. Sie können einerseits mit den gewohnten Verfahren Aktenordner, Mappen arbeiten, können aber auch die Vorteile eines regulären Archivs ausnutzen. ⁹⁶

Jedes Bild/Objekt wird bei der Erfassung in Klassifizierungsfeldern beschrieben, d. h. es erhält danach bestimmte Attribute. Das klassische Archivproblem, die Balance zwischen Erfassungsaufwand und Suchkomfort, stellte sich auch bei dem „FHP-Bau Archiv“. Einerseits sollte der Aufwand bei der Attributierung pro Bild nicht zu hoch sein, andererseits ermöglichen nur viele Klassifizierungsfelder eine komfortablere Suche.

Die Festlegung erfolgte deshalb auf sieben von zehn möglichen, wählbaren Klassifizierungsfeldern. Zusätzlich stehen zwei Datumfelder zur Verfügung (Tab. II-1 und Erfassungsmaske Abb. II-5.) ⁹⁷

Feld-Nr.	Bezeichnung des festgelegten Feldes	Bedeutung des Feldes	Datentyp
1	Bezeichnung	Bezeichnung des Bauwerks, z. B. Fleischbrücke, Museumsbrücke etc.	Text
2	Ort		Text
3	Inhalt	Stichworte zu inhaltsbezogenen Merkmalen	Text
4	Dokumentenart	Dokumentenart des Originals: „Foto“, „Grafik“, „Plan“, „Statik“, „Text“ oder „Sonstiges“	Text
5	Name	mit dem Objekt verbundene Namen, z. B. des Zeichners oder Baumeisters	Text
6	Quelle Original	Angabe des Lagerungsortes des Originals mit der Signatur des entsprechenden Archivs	Text
7	Kurz-Kommentar	für spezielle Notizen, z. B. für den Fall der fehlenden exakten Datierung, wie „um 1700“	Text

Tab. II-1: Festgelegte Klassifizierungsfelder beim digitalen Archiv

Der Dateiname des zu erfassenden Dokumentes und das Erfassungsdatum werden automatisch erfasst. Diese Festlegung der sieben Klassifizierungs- und zwei Datumfelder, die zwingend bei der Erfassung auszufüllen sind, erwies sich bei den Dokumenten der Fleischbrücke als wirksam und wurde für das am Fachbereich entstehende Bauwerksarchiv übernommen.

Die Suche kann über das Menü sowohl nach Ordnern als auch über eine Suchmaske (Abb. II-6) nach Begriffen aus maximal drei Klassifizierungsfeldern und den beiden Datumfeldern erfolgen.

⁹⁶ Dokumentation zu „FHP-Bau Archiv“, Version 1.3.3

⁹⁷ Der Anspruch, den z. B. die Museen der Stadt Nürnberg an eine digitale Erfassung ihrer Bilder haben, ist derartig hoch, dass an die 30 Felder pro Bild auszufüllen sind.

The image shows two screenshots of a software interface. The left window, titled "Neues Dokument", is a form for entering document metadata. It contains fields for "Bezeichnung" (Scaliger Brücke), "Ort" (Verona, über Etsch), "Inhalt" (dreibogige Steinbrücke, Ansicht und Grundriss, mit Skala, Nachzeichnung de), "Dokumentenart" (Plan), "Name" (Zeichner unbekannt), "Quelle Original" (Germanisches Nationalmuseum, HB 1423), "Kurz-Kommentar" (vermutlich um 1595 bis 1600, ursprünglich Bestand No 5 des rst. Bauamtes), and "Datum von" (1.1.1595) to "Datum bis" (31.12.1610). The right window, titled "Suchen im FHP-Bau Archiv", is a search interface. It has three search criteria: "Suchbegriff 1" (Dokumentenart) with a dropdown menu, "Suchbegriff 2" (Inhalt) with a dropdown menu and a text input field containing "*Skala*", and "Suchbegriff 3" (Bezeichnung) with a dropdown menu and a text input field containing "Fleischbrücke". There are radio buttons for "ODER" and "UND" between the criteria. At the bottom, there are date filters: "Datum von" with a dropdown set to ">=", "AND" between two empty date fields, and "Datum bis" with a dropdown set to "<=". Buttons for "Abbrechen" and "Suchen" are at the bottom.

Abb. II-5: Attributierung bei der Erfassung

Abb. II-6: Suchmaske

Beinahe das gesamte auffindbare Bildmaterial zur Fleischbrücke und zu anderen Steinbrücken im Kontext liegt inzwischen digitalisiert und erfasst vor.⁹⁸ Das bedeutet besonders für die Entwurfspläne, dass die technische Information vom historischen Träger getrennt ist, um schnelleren vergleichenden Zugriff zu haben.

Die Nutzung an der FH Potsdam wird künftig für interessierte Wissenschaftler und Studierende ermöglicht.

⁹⁸ Als sehr kooperativ sei das Stadtarchiv Ulm erwähnt, das von historischen Plänen direkt den Erwerb von digitalem Material möglich machte, sowie die Bibliothek des GNM, während aus dem Kupferstichkabinett des GNM kein historischer Plan (Kennung HB = Historisches Blatt) gescannt erhältlich ist.

III Historischer Kontext

III. 1 Steinbogenbrücken

III. 1.1 Statistische Informationen

Um die Fleischbrücke als Denkmal unter andere denkmalgeschützte Steinbrücken in Deutschland einordnen zu können, bräuchte man Vergleichsdaten. Interessant und aufschlussreich wäre eine Inventarisierung aller denkmalgeschützten Steinbogenbrücken in Deutschland, möglichst mit Angaben konstruktiver Parameter (Spannweite, Stichhöhe, Scheitelhöhe, Stärke am Kämpfer, Breite usw.) neben den allgemeinen Angaben zur Baugeschichte (Name, Ort, Fluss, Bauzeit, Erbauer, Sanierungen). Auch folgende Daten waren jedoch nicht zu ermitteln:⁹⁹

- Anzahl der abgerissenen, gesprengten, zerstörten und demgegenüber Anzahl der sanierten oder rekonstruierten Steinbrücken; ein zeitliches Diagramm über Sanierungen und Abriss,
- bundesweite oder landesweite Unterhaltungskosten,
- prozentualer Anteil von Steinbrücken an den Brücken in der Bundesrepublik.

Wegen der Kulturhoheit der Länder existieren keine bundesweiten statistischen Daten über denkmalgeschützte Steinbrücken. Man ist also auf die Bauverwaltungen und Denkmalschutzbehörden der Länder angewiesen. Selbst z. B. die bayerische Denkmalfachbehörde, das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege, verfügt nicht über eine Denkmalliste der Steinbrücken in Bayern, weil die Denkmalliste nach anderen Gesichtspunkten geführt wird.¹⁰⁰ Die Feststellung dieser Tatsache sollte als Anregung verstanden werden, sich um die Inventarisierung von Steinbrücken in Deutschland zu bemühen.

Stößt man auf statistische Daten über Brücken, fehlt oft die Angabe der Quellen. „*Auch quantitativ sind Dimensionen des deutschen Brückenbaus enorm ... Die Zahl der Brücken in Deutschland dürfte heute bundesweit bei ca. 120.000 liegen, d. h. auf ca. 5,4 km Straße (oder auf 690 Einwohner) kommt eine Brücke. Das deutsche ‚Brückenvermögen‘ wird von Fachleuten auf 80 Mrd. Euro geschätzt.*“¹⁰¹

Deutsche Steinbrücken werden im oben zitierten Ausstellungskatalog im Überblick behandelt, doch statistische Angaben zu Steinbrücken finden sich nicht. Bei der dort angegebenen prozentualen Kategorisierung der 35.300 Brücken im Netz der Autobahnen und Bundesstraßen ergeben Brücken aus Stahlbeton, Spannbeton, Stahl und Stahlverbund zusammen schon 100 Prozent.¹⁰² In England existieren rund 70.000 Steinbogenbrücken, die allein als Straßenüberführungen dienen und etliche tausend mehr, die Eisenbahnlinien oder Kanäle tragen.¹⁰³

⁹⁹ Die Recherche erfolgte in folgenden Instituten oder Einrichtungen: Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Bundesanstalt für Straßenwesen, Informationszentrum Raum und Bau der Fraunhofer-Gesellschaft (IRB), Statistisches Bundesamt und Deutsches Museum München, Abteilung Brückenmuseum.

¹⁰⁰ Auskunft von Dr. Detlef Knipping, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege.

¹⁰¹ Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2002), Katalog zur Ausstellung im Juni 2002 in Berlin. www.deutsche-bruecken.de, S. 17.

¹⁰² Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2002), S. 17, 53,8 % aus Stahlbeton, 37,8 % aus Spannbeton, 6,1 % aus Stahl und 2,3 % aus Stahlverbund.

¹⁰³ Siehe Harvey (1986), S. 54.

So verbleibt als einzige Quelle für etwaige statistische Betrachtungen im Rahmen dieser Arbeit das vom Bundesminister für Verkehr herausgegebene Werk „*Steinbrücken in Deutschland*“, Bd. 1 und Bd. 2.¹⁰⁴ Diese Bände befassen sich mit einer Auswahl von Steinbrücken in den alten und neuen Bundesländern, sowohl bezüglich ihrer Baugeschichte als auch bezüglich ihrer Bau-technik und Instandsetzung inklusive technischer Daten – sei es die Geometrie oder die Brückenklasse. Statistische Informationen stehen auch hier nicht zur Verfügung.

III. 1.2 Geschichte der Steinbogenbrücken

Der Steinbrückenbau in Deutschland fand im „Dritten Reich“ seine letzte Blüte, doch gegen den aufkommenden Stahlbeton- und Stahlverbundbau konnte sich der Steinbrückenbau nicht durchsetzen.

Steinbrücken funktionieren überwiegend als Tonnengewölbe. Tonnengewölbe bildeten sich in einem empirischen Formbildungsprozess schon in altorientalischer Ziegelwölbtechnik, in welcher bereits die Lagerhäuser Ramses II im 13. Jh. v. Chr. errichtet wurden. Diese Wölbungen wurden ohne Schalung in schräg liegenden Bogenschichten mit rasch bindendem Mörtel aufgemauert. Der kritische Zustand während ihres Entstehens muss sich als Regulativ bei der Formgebung ausgewirkt haben, „*durch Misslingen und Gelingen kam man ganz von selbst zu der günstigen Wölbform.*“¹⁰⁵

Normalerweise wird jedoch über einem Lehrgerüst von den Widerlagern aus das Gewölbe gemauert und erst nach Einsetzen des Schlusssteins ist es tragfähig, so dass das Lehrgerüst entfernt werden kann.

„*Kommt den Babyloniern, Assyriern und Griechen das Verdienst zu, das Gewölbe frühzeitig im Hoch- und Tiefbau anzuwenden, so dürften die Etrusker als erste im Mittelmeerraum und Orient den Bau von Gewölbebrücken praktiziert haben. An den Resten etruskischer Grabkammern konnte nachvollzogen werden, wie die Etrusker den Übergang von der Kragstein- zur Gewölbebauweise fanden.*“¹⁰⁶

Die Etrusker wiederum gelten als die Lehrmeister für den Brückenbau der Römer.

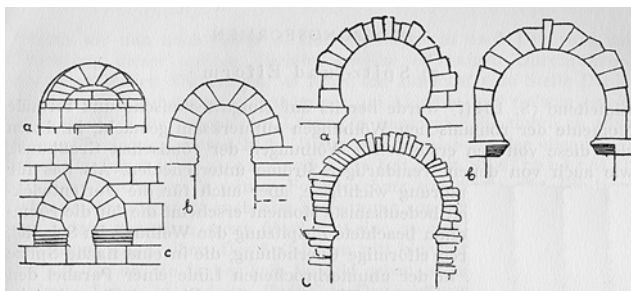


Abb. III-1: Keilsteingewölbe mit ungerichtetem Verlauf. Spanische Bogenkonstruktionen mit Neigung zur Kragtechnik, Ausschnitt aus Bild 101/102, Glück (1933), S. 186

Auf die Kraggewölbe oder „unechten Gewölbe“ mit ihren vorkragenden, überlappenden Steinschichten, die den Bogen bildeten, folgten Keilsteingewölbe mit ungerichtetem Verlauf der Fugen (Beispiele aus Spanien siehe Abb. III-1). Schließlich traten an deren Stelle Gewölbe aus genau geschnittenen Keilsteinen, deren Fugen nach dem Kreismittelpunkt gerichtet waren.

Seit der römischen Antike wurden nun im Unterschied zu den frühen, kon-

¹⁰⁴ Bundesminister für Verkehr (1988), alte Bundesländer – Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (1999), neue Bundesländer.

¹⁰⁵ Graefe, R. (1986), S. 50, vgl. auch Graefe, R. (1983), S. 5.

¹⁰⁶ Erler, Schmiedel (1988), S. 22.

struktiv bedingten Wölbformen in der Wölbkunst fast ausschließlich die Formen von Kreis, Kreissegment oder Kugelabschnitten und aus ihnen zusammengesetzte Formen verwendet.

Bekannt sind die Römer als Baumeister der heute noch bestehenden Aquädukte mit ihrer inzwischen 2000-jährigen Geschichte, wie z. B. dem Pont du Gard in Frankreich und dem Aquädukt von Segovia in Spanien, bei dem – um ein kontinuierliches Gefälle zu gewährleisten – ein zwei-stöckiges Aquädukt aus Granitblöcken des Guadarrama-Gebirges entstand. „*Ohne Mörtel und Verklammerung wurden diese mit Zangen der Hebekräne bis zu einer Höhe von 28,9 m aufgeschichtet. Das Aquädukt überquert mit 199 Bogen auf einer Länge von 728 Metern die Vororte Segovias.*“¹⁰⁷

Gegenüber dem etwa 100 Jahre später erbauten, eleganten Aquädukt von Segovia wirkt der Pont du Gard noch plump. In diesen 100 Jahren wurde das Prinzip, Brücken übereinander zu bauen, um Höhe zu gewinnen, abgelöst durch eine Bauweise mit nahezu durchgehenden Pfeilern und Bogenverstreungen (Abb. III-2). Als Symbol Segovias ist das Aquädukt das wichtigste der in Spanien erhaltenen Überbleibsel der Römerzeit und stellt innerhalb der römischen Architektur die gelungenste Synthese zwischen Kunst und Technik dar.¹⁰⁸

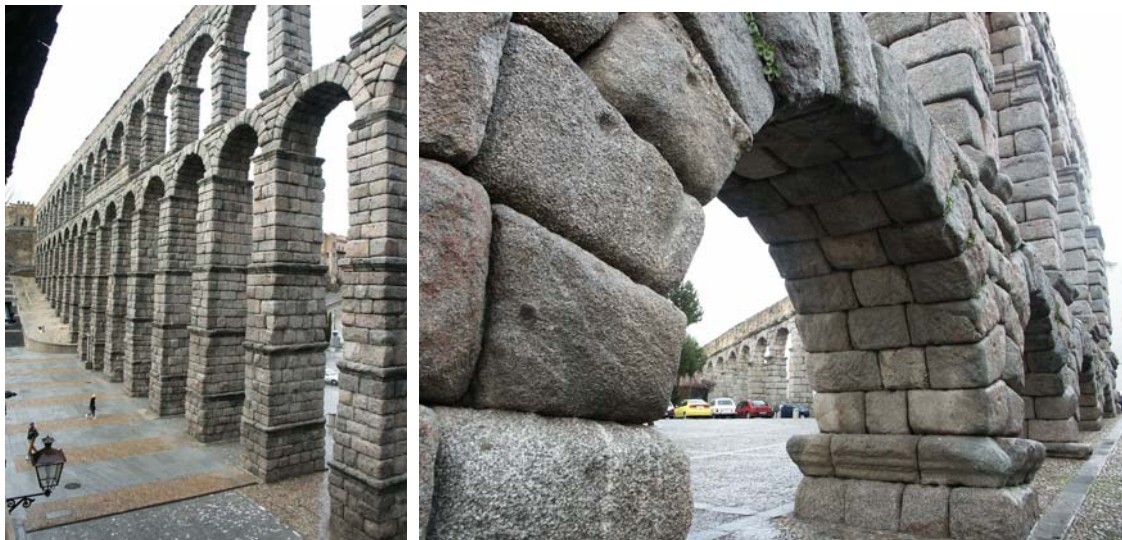


Abb. III-2: Aquädukt von Segovia. Keilsteine ohne Mörtel mit sichtbaren Zangenlöchern und erkennbarem Verband in Brückenquerrichtung. Foto C. Kaiser 2003

Die Römer wendeten in der Mitte des 2. Jh. v. Chr. binnen weniger Jahrzehnte das Steingewölbe in vollendeter Form an und entwickelten sich zu Spezialisten des Steinbrückenbaus, so wie sie im Hochbau die Kuppel zur Perfektion brachten. Die Gewölbekonstruktion für Brücken, das Tonnengewölbe, das in der frühchristlichen Baukunst Italiens keine größere selbstständige Rolle spielte, fand zumindest im Steinbrückenbau seine Anwendung.¹⁰⁹

Ein wesentlicher Grund für die Beherrschung des Brückenbaus war nicht nur die Kenntnis über die tragende Bogenkonstruktion, sondern auch die sichere Fundamentierung der Widerlager und insbesondere der Pfeiler mitten im strömenden Fluss. Das wiederum erforderte Kenntnisse über

¹⁰⁷ Graf (2002), S. 18-19.

¹⁰⁸ Siehe Sanz (2000), S. 10.

¹⁰⁹ Vgl. zum Brückenbau der Römer Erler, Schmiedel (1988), S. 22-27 – Heinrich (1979), S. 23-54 – Glück (1933), S. 141.

Spundwandtechnik und Wasserhaltung. Die römische Pfeilerfundamentierung funktionierte nach dem Prinzip eines Kastendammes, auch Koffer- oder Fangdamm genannt. Ein doppelter Ring aus Baumstämmen, die in das Flussbett gerammt wurden, umschloss die geplante Baustelle des Pfeilers. Mit Lehm wurde der Zwischenraum verfüllt und das eingeschlossene Wasser ausgeschöpft. Zeichnungen für eine Gründung nach diesem Prinzip finden sich noch zu Beginn des 17. Jh. bei Entwürfen für eine zweibogige Brücke über die Donau, die allerdings nicht ausgeführt wurde (Abb. III-3 und III-4, zugehörige Ansichten siehe Abb I-15 und I-16, S. 13/14).

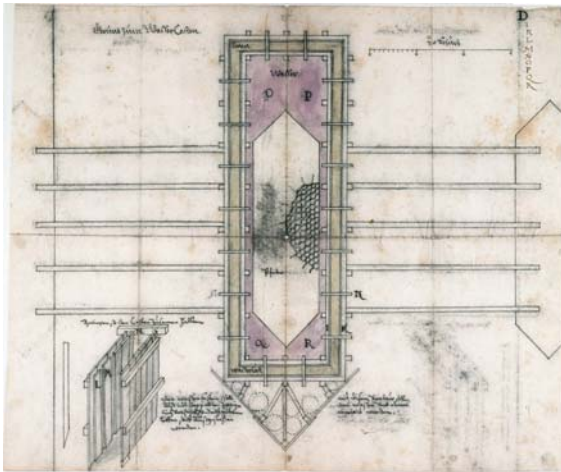


Abb. III-3: Kofferdamm für die Gründung des Flusspfeilers, um 1610. StadtAU: A[3032], Plan 14

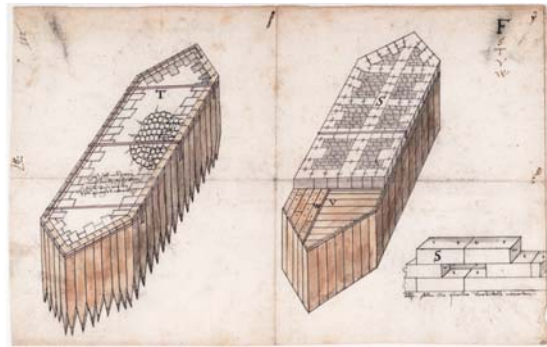


Abb. III-4: Anlage der Flusspfeiler um 1620. StadtAU: A[3032], Plan 15

Man setzte die Fundamente auf eine Pfahlgründung oder auf eine Schicht „Naturbeton“ und errichtete den Pfeiler darüber. Die Römer wussten neben dem Kalk schon die günstige Wirkung von Puteolanerde oder von Ziegelmehl als hydraulische Zuschlagsstoffe für Mörtel zu nutzen. Sie verfügten hiermit über eine Art hydraulischen Beton, wasserdicht und fähig unter Wasser abzubinden (Vitruv berichtet darüber, siehe S. 47).

Der Zerfall des römischen Imperiums war für Europa auch mit einem großen Rückschritt im Bauwesen verbunden. Nur die Völker des Orients vermochten die Errungenschaften der Antike zu bewahren und kontinuierlich zu erweitern. Der römische Straßenbau fand keine Fortsetzung, auch die Wölbkunst im Brückenbau geriet in Vergessenheit. Erst im 12. Jh. erfuhr der Brückenbau endlich eine Wiederbelebung, und Steinbrücken kamen erneut zur Ausführung.¹¹⁰ Als Beispiel dafür sei die Donaubrücke zu Regensburg genannt (1135-1146), Deutschland ältestes, noch in Verkehr befindliches Brückenbauwerk. Leupold erwähnt sie als eine der vier bedeutendsten Brücken in „Teuschland“.¹¹¹ Am 23.4.1945 wurde sie durch deutsche Truppen teilweise gesprengt, betroffen waren „*der erste Pfeiler mit zwei Bogen beim Brückentor und der zehnte Pfeiler mit zwei Bogen und dem ersten Überbau der Abfahrt zum Oberen Wöhrd ...*“¹¹². Nach dem Krieg wiederaufgebaut, wurde sie inzwischen unter Mitwirkung der LGA instand gesetzt.¹¹³

¹¹⁰ Siehe Erler, Schmiedel (1988), S. 31.

¹¹¹ Siehe Leupold [1726] (1982).

¹¹² Bundesminister für Verkehr (1988), S. 121.

¹¹³ Siehe Stolarski (2001 b), S. 30-32.

Mit der Brücke von Avignon (1178-1187) dagegen und ihren „*elliptischen Bögen, die zum Scheitel flacher wurden, wurden erstmals die Meisterleistungen der Römer im Brückenbau übertriffen*“¹¹⁴. Von den einstmalig 20 Bögen sind heute noch vier erhalten. Die Brücke hatte eine Gesamtlänge von ca. 900 m.

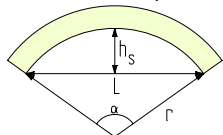
III. 1.3 Spannweiten und Pfeilverhältnisse

Die Spannweite gibt eine Vorstellung von der Größe des Brückenbogens überhaupt und ist insofern interessant. Mit wachsender Spannweite werden die zu bewältigenden Probleme größer, größere Eigengewichtslasten, größere Lehrgerüste, größere Querschnitte und größerer Horizontalschub. Aber erst das Pfeilverhältnis – Stichhöhe h_s zu lichter Weite L – sagt etwas über die Flachheit des Bogens und damit darüber aus, wie weit sich die Form des Bogens von der Halbkreisform entfernt hat. Je flacher der Bogen bei gleicher Spannweite, je kleiner also das Pfeilverhältnis, desto größerer Horizontalschub muss von den Widerlagern aufgenommen werden. Dies zu gewährleisten, ist deshalb besonders wichtig, weil ein Auseinanderweichen, ein sich Entziehen der Widerlager, die Bogenwirkung aufhebt und einen äußerst riskanten Lastfall für ein Bogentragwerk darstellt, der im ungünstigsten Fall zum Versagen führt.

Ein wesentlicher Gesichtspunkt, den man bei der Betrachtung von Pfeilverhältnissen und Spannweiten nicht aus dem Auge verlieren darf, ist die Gründungssituation. Sie verschärft unter Umständen die oben genannte Problematik. Da die Widerlager bei einer Überlastung durch den Gewölbeschub nach außen nachgeben und der Gewölbescheitel sich senkt, das Gewölbe also immer flacher wird, wachsen die Horizontalschübe an. Durch die Formänderung wird ein Bogen immer mehr gefährdet.¹¹⁵

Es ist somit ein entscheidender Unterschied, ob ein Brückenbogen über einer Schlucht zwischen unnachgiebigen Felsen zu spannen ist oder ob ein Baugrund vorliegt, der schlecht geeignet ist, die Horizontalkräfte aus dem Bogenschub abzutragen. Eine weiter gespannte Brücke zwischen Felsen kann ein geringeres Risiko darstellen, als eine Brücke geringer Spannweite, die in wenig tragfähigem Grund zu gründen ist. Demnach reichen die Spannweite und das Pfeilverhältnis allein nicht aus, um die Leistung der Baumeister zu beschreiben.

Für Kreisbogen ergibt sich das Pfeilverhältnis h_s zu L wie 1 zu x direkt aus dem Bogenöffnungswinkels α (Tab. III-1 und Abb. III-5).

Bogenform	Öffnungswinkel α	Pfeilverhältnis 1 zu x x	Formel zur Berechnung von x
Halbkreis	180°	2,000	$x = \frac{L}{h_s} = \frac{2 \cdot r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \cdot r \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{4}} = \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\sin^2 \frac{\alpha}{4}}$ 
Drittelkreissegment	120°	3,464	
Viertelkreissegment	90°	4,828	
Fünftelkreissegment	72°	6,155	
Sechstelkreissegment	60°	7,464	

Tab. III-1: Pfeilverhältnisse unterschiedlicher Kreisbogen

¹¹⁴ Brown (1994), S. 28.

¹¹⁵ Vgl. Piper (1983), S. 45.

Spannweiten um die 30 m bauten schon die Römer, allerdings mit der typischen Halbkreisbogenform, was ein Pfeilverhältnis von 1 zu 2 bedeutet.

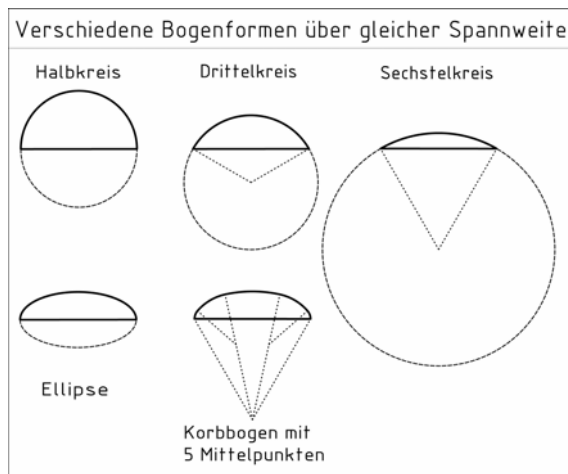


Abb. III-5: Vergleich verschiedener Bogenformen über gleicher Spannweite

Die typische römische Brücke bestand aus nur einem Bogenring meist konstanter Dicke mit radial gerichteten Keilsteinen gleicher Größe. Horizontal über dem Bogen gemauerte Stirnwände bildeten den seitlichen Abschluss der Brücke. Zwischen den Stirnwänden über dem eigentlichen Bogen befand sich die Aufschüttung oder Aufmauerung aus einer Art Beton bis zur Oberfläche der Straße.

„Die Römer scheinen geglaubt zu haben, dass die Kraft dem Bogenring folgt... Tatsächlich aber trug der Beton, der in die Zwickel römischer Brücken eingefüllt war, die vernachlässigten Horizontalkräfte.“¹¹⁶

Die größte römische Talbrücke, die Nerabrücke zu Narni (um 10 n. Chr.), wies als größte Spannweite der vier Bögen 32 m auf. Eine Steigerung der Spannweiten findet sich bei einigen Brückenbauten des Mittelalters. Die große Brücke über die Adda bei Trezzo in Oberitalien (1370-1377) zeigte eine Spannweite von 72 m bei einem Pfeilverhältnis von etwa 1 zu 3,4. Ein ähnliches Pfeilverhältnis hatten die Scaliger-Brücke (1354 – 1356, Abb. III-6) über die Etsch in Verona mit einer Spannweite des größten Bogens von ca. 48,5 m und die Vieille Brionde (1340-1480) mit einer Spannweite von 54,2 m.¹¹⁷



Abb. III-6: Nachzeichnung der Scaliger-Brücke ursprünglich aus dem rst. Bauamt Nürnberg zum Konvolut № 5 gehörend. In GNM: HB 1432 (vgl. Bd. 2)

Als „Hauptfeinde“ von Steinbrücken erwiesen sich Hochwasser und Sprengungen bzw. Zerstörungen im Krieg: die Römerbrücke zu Narni wurde 1304 durch Hochwasser zerstört, die über den Trezzo schon 1416 anlässlich einer Belagerung, die Vielle Brionde 1822 und die Scaliger-Brücke im Zweiten Weltkrieg – April 1945 – von deutschen Truppen.

¹¹⁶ Harvey (1986), S. 54. Frei übersetzt.

¹¹⁷ Die in Kap. III.1.3 angegebenen Spannweiten und Angaben zu der Zerstörung der Brücken sind aus Straub (1992), S. 79-81, 122, 370. Die Angaben zu den Spannweiten und Stichhöhen schwanken in der Literatur. Siehe zu Brückenabmessungen auch <http://www.structurae.de> – Vermutlich dürfte die Brücke über die Adda in Oberitalien bei 72 m Spannweite auf felsigem Grund gegründet sein, doch sind der Verfasserin keine genaueren Quellen zu dieser Brücke bekannt. – Eine Federzeichnung der Scaliger-Brücke in brauner Tinte, ebenfalls mit Grundriss und Maßstabsskala findet sich außerdem im BMB I, fol. 81verso. Darstellungen der Brücke bei Trezzo sind der Verfasserin nicht bekannt. Die Vielle Brionde ist als Stich enthalten z. B. in Schramm (1735), S. 205, Abb. Nr. 63.

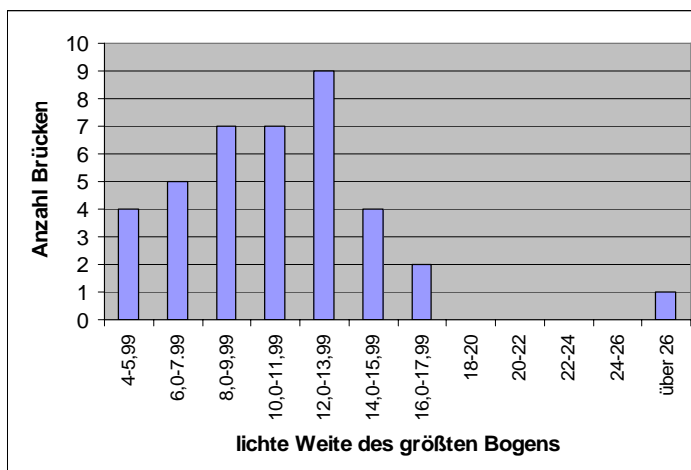
In den 1950er Jahren erfolgte ihre Rekonstruktion. Von den mittelalterlichen Brücken mit großen Spannweiten ist noch die Ponte degli Alidosi (1499-1500) mit einem Bogen von 42,17 m bei einem Pfeilverhältnis von 2,2, also einem eher halbkreisförmigen Bogen erhalten.

Bis man Spannweiten um die 50 bis 70 m wieder erreichte, „*dauerte es bis in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts; und übertroffen wurden sie erst durch die neuzeitlichen Beton- und Eisenbahnbrücken*“¹¹⁸.

Gegenüber diesen Spannweiten erscheint eine Spannweite von um die 30 m – wie bei der Fleischbrücke – nicht besonders beachtenswert; wohl aber zur damaligen Zeit in Deutschland, wie die beiden zeitgleich entstandenen Brücken mit den größten Bögen nach der Fleischbrücke zeigen:

- Die 3-bogige Kocherbrücke Schwäbisch Hall von 1594 mit 16,52 m wurde 1945 gesprengt. Ihr Wiederaufbau erfolgte 1949.¹¹⁹
- Die 6-bogige Fuldabrücke Melsungen von 1596 mit 16,80 m wurde 1986 instand gesetzt.¹²⁰

Insgesamt überschritt nach Auswertung der Brücken in „*Steinbrücken in Deutschland*“ bis 1700 kein einziger Bogen im heutigen Staatsgebiet von Deutschland mit seiner lichten Weite die 18 m-Grenze mit einer Ausnahme, der Bogen der Fleischbrücke (Diagr. III-1).



Diagr. III-1: Vergleich der lichten Weiten des größten Bogens in Deutschland 1400-1700. Ermittelt aufgrund der Daten aus „*Steinbrücken in Deutschland*“ Bd. I u. Bd. II

Vergleicht man die Entwicklung der Spannweiten, ist Frankreich deutlich England und England wiederum Irland überlegen. In Deutschland wurden bis zum Ende des 16. Jh. Brücken mit Spannweiten etwa wie in England gebaut. Nach O’Keefe ist die größte Spannweite einer englischen Brücke bis 1600 ca. 90 ft (27,5 m) und die einer irischen ca. 28 ft (8,5 m).¹²¹

Gesamteuropäisch gesehen ist bei der Fleischbrücke deshalb nicht die Größe der Spannweite von zentraler Bedeutung, sondern die Flachheit, die die Probleme des wachsenden Horizontalschubes mit sich bringt, der noch dazu in wenig tragfähigem Grund aufgenommen werden musste. Das Pfeilverhältnis der Fleischbrücke ist 1 zu 6,4. Vom Halbkreis der Römer führte die Entwicklung zu einem Kreissegment, das zwischen einem Fünftel- und Sechstelkreis liegt.

¹¹⁸ Straub (1992), S. 80.

¹¹⁹ Siehe Bundesminister für Verkehr (1988), S. 67-69.

¹²⁰ Siehe Bundesminister für Verkehr (1988), S. 264.

¹²¹ Siehe O’Keefe (1991), S. 93, Fig. 16 zeigt die Entwicklung der Spannweiten über die Jahrhunderte in Frankreich, England und Irland – 1 ft = 12 in = 0,3048 m.

III. 1.4 Brücken der Renaissance in Europa

Derart flache Bögen entstehen in der Renaissance in Italien bei Spannweiten um 30 m (vgl. Tab. III-2). Die Fleischbrücke muss sich messen lassen mit Brückenbauwerken wie dem Ponte Santa Trinita¹²², dem Ponte Vecchio in Florenz und dem Ponte di Rialto in Venedig. Die Rialtobrücke war ungefähr drei Jahre in Betrieb, als man in Nürnberg vor der Herausforderung für den Neubau einer steinernen Brücke stand. Im Unterschied zur Rialtobrücke flachte man bei der Fleischbrücke den Bogen stärker ab und trieb die neuzeitliche Ingenieurkunst weiter voran.

30 Jahre vor der Fleischbrücke gebaut, wies die Stari Most in Mostar eine ähnliche Spannweite auf, aber bei annähernd halbkreisförmiger Geometrie ähnlich der der römischen Brücken. 1993 wurde sie im Bürgerkrieg durch massiven Beschuss zerstört und wird derzeit wieder aufgebaut.¹²³

Bauzeit	Brücke	Ort	Spannweite l des größten Bogens [m]	Pfeilhöhe h [m]	Pfeilver- hältnis h/l wie 1 zu
595 - 605	Zhaozhou Brücke (An Ji, Anji)	Provinz Hebei	37,0	7,2	5,1
1341 - 1345	Ponte Vecchio	Florenz	30,0	4,4	6,8
1354 - 1356	Scaliger-Brücke, Brücke von Castel- vecchio	Verona	48,7	14,2	3,4
1370 - 1377	Große Brücke über die Adda	Trezzo, Oberitalien	72,0	21,0	3,4
1499 - 1500	Ponte degli Alidosi	Castel del Rio	42,2	19,0	2,2
1556 - 1566	Stari Most	Mostar	27,3	12,8	2,1
1567 - 1569	Ponte Santa Trinita	Florenz	32,0	4,6	7,0
1588 - 1592	Ponte di Rialto	Venedig	28,8	6,4	4,5
1595 - 1598	Fleischbrücke	Nürnberg	27,0	4,2	6,4

Tab. III-2: Überblick über Pfeilverhältnisse und Spannweiten von Steinbrücken vor Bau der Fleischbrücke

In England, Irland, Frankreich und Spanien finden sich in der Zeit der Renaissance im 15. und 16. Jh. keine Steinbogenbrücken mit vergleichbar flachen Bögen. Etwa zeitgleich wurde in Frankreich die Brücke von Chenonceaux (1566) errichtet, die dem bekanntesten Vertreter der französischen Renaissancearchitektur Philibert de L'Orme (* um 1505/1510, † 1570) zugeschrieben wird.¹²⁴ Sie bildete die Basis des Schlosses, das sie unterstützt. In Paris ist die Pont-

¹²² Siehe zur Ponte Trinita die Monografie Belli, Beluzzi (2003).

¹²³ Siehe Stolarski (2001 b), S. 36-37.

¹²⁴ Siehe Mislin (1997), 249 – Das Geburtsdatum von de L'Orme variiert in unterschiedlichen Quellen. Zu seinen Traktaten siehe S. 53.

Neuf erhalten, deren 1578 begonnene Konstruktion erst 1604 nach einer langen Unterbrechung während des Bürgerkrieges beendet wurde.¹²⁵

In Madrid wird 1582 oder 1584 die Ponte de Segovia in Granit mit neun Brückenöffnungen begonnen.¹²⁶ Sie ist die älteste erhaltene Steinbrücke in Madrid (Abb. III-7 und III-8). Auf Grund ihrer Proportionen, Festigkeit und Einfachheit wird der Bau der Brücke dem Architekten Juan de Herrera (* um 1530, † 1597) zugeschrieben, obwohl keine Dokumentation existiert, die diese Theorie bestätigt. In den Jahren 1955-1960 wurde die Brücke auf 6 Spuren verbreitert und verlor damit einen Teil ihrer Harmonie. Letztgenannte Brücken weisen annähernd halbkreisförmige Bogenformen auf.¹²⁷



Abb. III-7: Puente de Segovia, Madrid 1582 oder 1584. Januar 2003. Foto C. Kaiser



Abb. III-8: Puente de Segovia, Untersicht mit eingelegten Kieselsteinen als Abstandshalter. Januar 2003. Foto C. Kaiser

III. 1.5 Flache Bogenkonstruktion in China

China hingegen war Europa rund 700 Jahre voraus in der Konstruktion flacher Bögen. Mit dem Bau von Steinbrücken begannen die Chinesen etwa zeitgleich mit den Römern. Chinas älteste erhaltene Brücke, die Zhaozhou Brücke oder Anjii- Brücke in der Provinz Hebei, wurde bereits um 600 n. Christus mit einer Spannweite von 37 m gebaut (Abb. III-9 und III-10). Die gilt als eine der bedeutendsten Steinbrücken der Welt, steht seit 1961 unter Denkmalschutz und ist als Weltkulturerbe eingestuft.

Eine Inschrift an der Brücke sagt: „Ihre Wölbung ist so sanft, und ihre Sichtsteine passen so unübertroffen zusammen. Wie leicht sind der fliegende Bogen und die Öffnung ohne Pfeiler. Solch ein Werk wird die nächsten Jahrhunderte dauern.“¹²⁸

¹²⁵ Siehe Grattesat (1982), S. 82.

¹²⁶ <http://www.monumentalia.net/portal/resultado.asp?tipo=Arcos>

¹²⁷ Vgl. Edara Ediciones (1999), Beibextext zu Foto Nr. 126.

¹²⁸ Graf 2002, S. 24-25.

Der Hauptbogen besteht aus 28 parallelen Bögen, die mit Hilfe von Eisenstücken und Steinbalken miteinander verbunden sind. Bei der Restaurierung im Jahr 1955 erfolgte ein teilweiser Austausch des Bogens, dessen Originale im Museum aufbewahrt werden. Die Oberflächen der Brücke und die Geländer wurden total erneuert.



Abb. III-9: Zhaozhou Brücke, Blick von Westen, Foto 1930. Aus: Tang Huancheng (2000), Abb. 4-87



Abb. III-10: Zhaozhou Brücke, heutige Situation. Aus: Tang Huancheng (2000), Abb. 4-89

Über dem eigentlichen Bogen sind Aussparungen in Kämpfernähe angeordnet – bei wörtlicher chinesischer Übersetzung sogenannte „*Offene Schultern mit zwei Bögen*“ – jeweils mit Netto-spannweiten von 2,85 m und 3,81 m. Diese Bauweise wurde außerhalb Chinas zum ersten Mal 1883 in Frankreich bei der Pont Antoinette (auch Pont de l’Aguillou) angewandt.¹²⁹ Diese Brücke war Vorbild für viele folgende Brückenbauten in Europa.¹³⁰

Diese Bauweise in parallelen Bögen entspricht nicht dem Vorgehen bei der Mehrzahl der Steinbrücken in Europa. Üblicherweise wurde das römische Tonnengewölbe in parallelen Reihen in Querrichtung gemauert. Es besteht damit in Querrichtung der sogenannte Kufverband. Jedoch muss das gesamte Tonnengewölbe auf einem tragenden Vollgerüst errichtet werden. Hingegen kann man bei einem Tonnengewölbe aus einzelnen Bögen, die in Längsrichtung parallel nebeneinander liegen, jeden Bogen Holz sparend, separat über einem Gerüst errichten. Ein Beispiele dafür ist neben der Anjii-Brücke der Pont du Gard bei Nîmes.¹³¹

¹²⁹ <http://www.zhaozhouchina.com/xf/english/zhaozhoubridge.htm> – siehe Tang Huancheng (2000), S. 274.

¹³⁰ Vgl. Montens (2001), S. 80.. Länge 89 m, Mittelportal 47,35 m. Seit 1884 in Diensten.

¹³¹ Siehe Mislin (1997), S. 118, 151.

III. 2 Traktate und bautechnisches, handwerkliches Fachwissen

III. 2.1 Wissen - Traktate

Im 16. Jh. trug das Erscheinen illustrierter Bücher dazu bei, bautechnische oder technische Sachverhalte im weitesten Sinne zu verbreiten. Interessierte konnten sich zu Lösungen anregen lassen, durch Darstellungen von Festungen, Bauwerken oder Maschinen, wie Pumpen oder Hebewerkzeugen. Doch wie war im 16. Jh. der für einen innovativen Steinbrückenbau notwendige Stand der Wissenschaft und Technik?

Mislin unterscheidet in einer tabellarischen Übersicht die wichtigsten Traktate zwischen 1400 und 1620 nach verschiedenen Gebieten:

- A Festungsbau und Instrumentenbücher,
- B Architekturlehre, Vitruvianismus,
- C Perspektive,
- D Arithmetik/Algebra, Trigonometrie/Mechanik,
- E Steinschnitt- und Handwerkskunst,
- F Denkmäler der Antike.¹³²

Speziell über den Bogen und seine Wölbung, die Kunst des Konstruierens mittels der Mechanik und der Stereotomie, forschten Becchi und Foce.¹³³ Hier finden sich Bibliografien zum Thema „*Stereotomie, Konstruktion, Coupe des Pierres*“ (A) und zum Thema „*Theorie der Wölbung*“ (B), außerdem eine chronologische Bibliografie zu beiden Themenkreisen.

Laut W. v. Stromer erwies Wolf Jacob Stromer sein starkes Interesse an der Baukunst durch den Erwerb des fabelhaften Tafelwerks von Antonio Lafreri (* 1512, † 1577) „*Speculum Romanae Magnificentiae*“¹³⁴. Lafreri faßte darin 1577 die zahlreichen von ihm seit 1540 herausgegebenen Kupferstiche über die antiken Bauten Roms und die großen Neubauten der Renaissance in rund 300 Blättern zusammen. Doch sind die Informationsquellen der Werkmeister Wolff und Carl nicht bekannt. Einen Überblick über den Kenntnisstand oder die Interessen eines süddeutschen Baumeisters zu Beginn des 17. Jh. liefert der Baumeister Heinrich Schickhardt in seinen Handschriften und Handzeichnungen. Er erstellt 1631 einen 500 Titel umfassenden Katalog seiner Bibliothek, der zeigt, dass „*Schickhardt mit seinen Bücheranschaffungen kaum hinter dem zurückblieb, was der damalige Büchermarkt für seine Zwecke bot*“¹³⁵. Auch er sortiert sein Verzeichnis nach den Sachgebieten, u. a. Perspectiva, Architektur, Geometrica, Visierkunst, Feldmessen und Aritmetica, die er als die allerschönste Kunst in der ganzen Welt bezeichnet.

Schickhardt führt z. B. auf: Vitruv (Basel 1548), Serlio (Venedig 1569), Philibert de L'Orme (1568) „*insbesonderheit vil von Steinmetz Sachen*“, Euklid (1562) „*Euklidis hat von solcher Kunst schen geschriben, darbey die Geometri herlich an Tag gebracht, verteutsch durch Wi-*

¹³² Siehe Mislin (1997), S. 246, Abb. 7.13.

¹³³ Stereotomie behandelt den Durchschnitt der Oberflächen von Körpern, bes. den sogenannten Steinschnitt bei Gewölbekonstruktionen. Teil der Stereometrie, der Lehre von der Berechnung der geometrischen Körper. – Siehe Becchi, Foce (2002). Bibliografie A: S. 101-127, Bibliografie B: S. 215-248, Chronologische Bibliografie: S. 249-349. Die in der chronologischen Bibliografie benannten Werke zu diesem Themenkreis vor Bau der Fleischbrücke sind De l'Orme mit „*Le premier tome de l'architecture*“ von 1576 und Vandelvira mit „*Libro de trapaz de cortes de piedras*“ von 1578-1589. – Zur Entwicklung des Steinschnitts in Frankreich siehe Sakarovitch (1998). – Zur Entwicklung des Steinschnitts in Spanien siehe Rabasa Diaz (2000).

¹³⁴ Siehe Stromer (1997), S. 171.

¹³⁵ Heyd (1902), S. 332, mit einer Auswahl des von Heyd transkribierten Kataloges von Schickhardt, S. 332-342.

helm Holzman“ Palladio (1570), Johann Conrad (1580), Nic. Reymers (1583), Ramelli (1588) und Wendel Dietterlein (1593) und „*Theatrum von mancherlei schen Künsten durch Jac Bussonum, teutsch 1595*“¹³⁶.

Es folgt die Beschreibung einer Auswahl von bis 1595 veröffentlichten Traktaten der Architekturgeschichte in Bezug auf ihre Aussagen zu Steinbögen einschließlich der damals unpublizierten Studien Leonardo da Vincis.

Vitruv (* ca. 84, † 10 v. Chr.)

Die Zehn Bücher des Vitruv sind die einzige architekturtheoretische Schrift, die aus der Antike überkommen ist. Vitruv verfasste um 25 v. Chr. in mehrjähriger Arbeit ein Werk, das das gesamte Wissen von der Architektur beinhaltete, so wie es sich in den von Vitruv benutzten, im Urtext verloren gegangenen, hellenistischen Quellenschriften niedergeschlagen hatte. Dennoch vermisst man eine Analyse der spezifisch römischen Errungenschaften der Architektur, wie die des Gewölbebaus und findet statt dessen ausführlich ursprünglich griechische Themen wie Tempel und Säulenordnungen.¹³⁷

Steinbrücken behandelt Vitruv gar nicht, wohl aber im 2. Buch Mauerwerk und Baumaterialien. Vitruv weiß um den Vorteil von zumindest latent hydraulischem Mörtel, der auch ohne Zutritt von Luft abbundet: „*Es gibt eine Erdart, die von natur wunderbare Ergebnisse hervorbringt... Mit Kalk und Bruchstein gemischt, gibt sie nicht nur den übrigen Bauwerken Festigkeit, sondern auch Dämme werden, wenn sie damit im Meere gebaut werden, im Winter fest.*“¹³⁸



Abb. III-11: Verzahnung. In Rivius [1547] (1981), Von der grundtlegung / erbawung, Blatt XXII verso

Vitruvübersetzungen sind in Nürnberg im 16. Jh. bekannt, bereits Dürer zitiert Vitruv. Die erste deutsche Fassung des Vitruv wurde 1548 in Nürnberg mit 193 Holzschnitten gedruckt und stammt von dem architekturinteressierten Mediziner und Mathematiker Walter Herrmann Ryff (Gualterius Rivius, * um 1500, † nach 1550).¹³⁹ Rivius bezieht sich in seiner Übersetzung auf die damals neuesten Vitruv-Ausgaben. Er zitiert unter anderem die erste italienische Vitruvausgabe 1521 von Cesare Cesariano, die dieser kommentierte und mit Zeichnungen versah. Rivius übernahm aus dieser Übersetzung Holzschnitte in leichter Abänderung in seine Traktate (Abb. III-11).¹⁴⁰ Schon im Titel wendet sich Rivius speziell an

Handwerker, Werkmeister, Steinmetze bis hin zu Goldschmieden und Schreibern und all denen, welche Zirkel und Richtscheit zu gebrauchen verstünden und nicht an humanistisch gebildete Wissenschaftler. Ob die Übersetzung dadurch allerdings Eingang fand in die Bereiche des praktischen Baugeschehens, bleibt fragwürdig.¹⁴¹ Konkrete bautechnische Hinweise jedenfalls konnte der Nürnberger Steinmetz, Bau- oder Werkmeister diesem Vitruvtraktat kaum entnehmen.

¹³⁶ Vermutlich Übersetzung des Traktats von Jacques Besson (1569): *Theatrum instrumentorum et machinorum*.

¹³⁷ Vgl. Vitruvius Teutsch [1548] (1973), Vorwort S. V.

¹³⁸ Vitruvius, (Fensterbusch 1996) S. 95, 2. Buch Kap. VI. Als weiteren Zuschlag mit hydraulischen Eigenschaften schlägt er in Kap. V, S. 93 die Zugabe von gesiebttem, gestoßenem Ziegelmehl vor.

¹³⁹ Siehe Vitruvius Teutsch [1548] (1973) – In Rivius [1547] (1981) enthalten ist im Kapitel „von der grundtlegung / erbawung ...“ ein Gespräch zwischen einem erfahrenen vitruvianischen Architekten und einem jungen angehenden Baumeister über die „Befestigung der Stedt, Schlösser und Flecken“.

¹⁴⁰ Vgl. Vitruvius [1521] (1969) Übersetzung von C. Cesariano, Abb. III-11 hier in Liber Primus, Blatt XXI verso.

¹⁴¹ Vgl. Vitruvius Teutsch [1548] (1973), Vorwort S. XI.

Leon Batista Alberti (* 1404, † 1472)

Dagegen war Leon Batista Albertis 1485 in Florenz erschienenes Traktat „*De re aedificatoria*“ bereits mehrfach ins Italienische übertragen worden, lag bis 1600 aber noch nicht auf Deutsch vor. Mit seinen zehn Büchern über die Baukunst verfasst der vielseitig gebildete Humanist ein eigenes Werk, nachdem er sich mit den Werken Vitruvs beschäftigt hatte. Die griechischen Aspekte lässt er außer Acht, legt eigene Vorstellungen dar und befasst sich auch mit Steinbrücken. Er unterscheidet verschiedene Bogenformen, den rechten (bzw. ganzen), den vermindernden (bzw. verkürzten) und den zusammengesetzten.¹⁴² Den rechten hält er für den sichersten. Auch empfiehlt er, dass man verminderte Bögen zum rechten Bogen in die Fundamente erweitern sollte.¹⁴³ Auch die Fundamente müssten dann stärker ausgebildet sein. Im IV. Buch, im Kapitel über hölzerne und steinerne Brücken, heißt es z. B. „*Die Dicke der Pfeiler wird gegen ein Viertel der Brückenhöhe betragen*“ oder „*Die Steine nicht schmaler, als dass sie einem Zehntel der Sehne entsprechen*“¹⁴⁴. Es ist also

$$d_{\text{Alberti}} = \frac{\text{Spannweite des Bogens}}{10}$$

Alberti formuliert als Erster Faustformeln zur Bemessung von Steinbogenbrücken im Sinne einer „*geometrisch-proportionierenden Statik*“¹⁴⁵. Die literarischen Vorgaben Albertis visualisierte Straub in einer Skizze (Abb. III-12).¹⁴⁶ Es handelt sich allerdings noch um die Beschreibung von eher halbkreisförmigen Brücken, insofern boten die Regeln für die Fleischbrücke keinen direkten Anhalt.

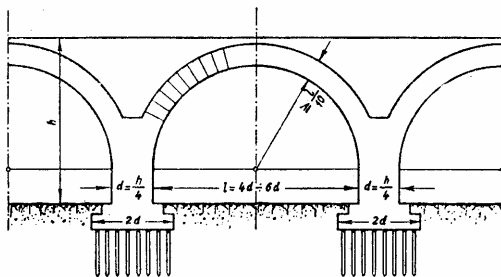


Abb. III-12: Visualisierung der Bemessungsregeln von Alberti 1485 in Straub (1992), Abb. 32

Alberti gibt Erläuterungen zum Material Stein, zu Mauerwerk und Mörtel, zum Holz und zur Pfahlgründung. Die Keilsteine möchte er „*alle aus einem breiten und möglichst großen Stein haben. Denn ein Teil jedes Körpers ist unlöslicher, wenn er von der Natur zusammengewachsen und vereinigt ist, als wenn er von Menschenhand zusammengefügt und zusammengesetzt ist. Sie sollen auch gegenseitig gleich sein, so daß sich wie im Gleichgewicht Rechtes und Linkes in Aussehen, Größe, Gewicht und dergleichen entsprechen.*“¹⁴⁷

Auch das schrittweise Ablassen des Lehrgerüsts interessiert ihn: „*Das Gerüst soll nicht geradezu weggenommen werden, sondern von Tag zu Tag allmählich gelockert werden, damit nicht das noch frische Mauerwerk nachfolge, wenn Du es vorzeitig entfernst. Nach einigen Tagen*

¹⁴² Alberti [1912] (1991), Buch I, S. 41 und Buch S. 155, 156. Der rechte Bogen ist der Halbkreis, der verminderte ist ein Kreissegment, dessen Sehne kleiner als der Durchmesser ist, der zusammengesetzte besteht aus zwei verkürzten.

¹⁴³ Eine literarische Empfehlung, die sich bei Entwürfen zur Rialto-Brücke auch in den Planzeichnungen niederschlagen hat.

¹⁴⁴ Alberti [1912] (1991), S. 202-211.

¹⁴⁵ Mislin (1997), S. 274.

¹⁴⁶ Siehe Straub (1992), S. 129, Abb. 32.

¹⁴⁷ Alberti [1912] (1991), S. 157.

aber, je nach der Größe der Wölbung, lockere es immer noch ein bißchen.“¹⁴⁸ Außerdem bestimmt er, das Gerüst nicht zu entfernen, ehe der Winter vollständig vorüber sei. Genauere Aussagen aber zur baulichen Durchbildung des Bogens und zu dessen Verband macht er nicht.

Leonardo da Vinci (* 1452, † 1519)

Während die Bemessung römischer halbkreisförmiger Steinbogenbrücken auf Erfahrung basierte, hätten die Baumeister der Fleischbrücke ein Werk benötigt, das sich mit dem veränderten Bogenschub bei veränderter Bogenform beschäftigte, wie es der italienische Maler, Bildhauer, Baumeister, Zeichner und Naturforscher Leonardo da Vincis tat. Seine Gedanken und Skizzen der „Codices Madrid“ über die Abhängigkeit des Bogenschubs von der Bogenform stellen nach Kurrer erste Ansätze zu einer Gewölbetheorie dar.¹⁴⁹

Die Zeichnungen im Codex Madrid I, fol. 142 verso und 143 zeigen Leonardos Versuch, „eine theoretische Lösung für die Stabilität des Bogens zu finden“.¹⁵⁰ In einzelne Blöcke zerlegt, betrachtet er ihn als eine Art Maschine (Abb. III-13). In anderen Skizzen scheint sich Leonardo eine Vorstellung oder Visualisierung von dem Begriff der Kraft zu machen, mit der der Bogen an den Bogenwiderlagern nach außen schiebt, dem sogenannten Horizontalschub. In seinen Skizzen verändert Leonardo das Pfeilverhältnis, lässt den Bogen flacher werden und beobachtet die Reaktion der über Rollen geführten Gewichte (Abb. III-14).

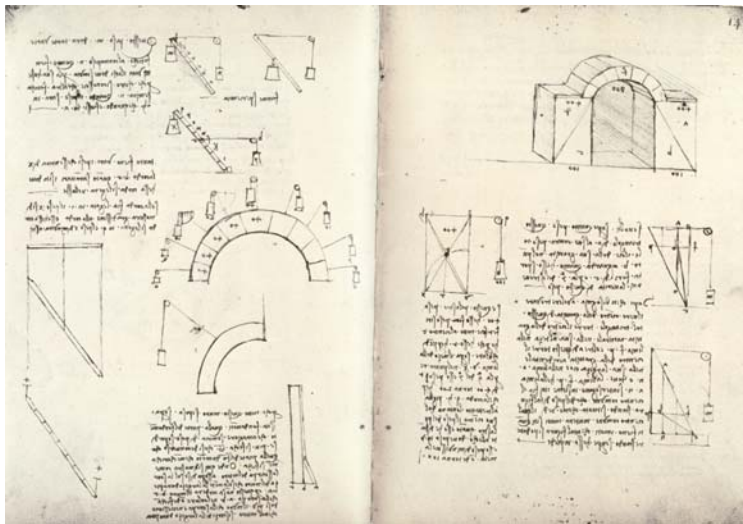


Abb. III-13: Skizzen Leonardo da Vincis. Codex Madrid fol. 142 verso und 143. Rechts: Codex Forster II, fol. 92. In Zammatio 1974, S. 210, 211

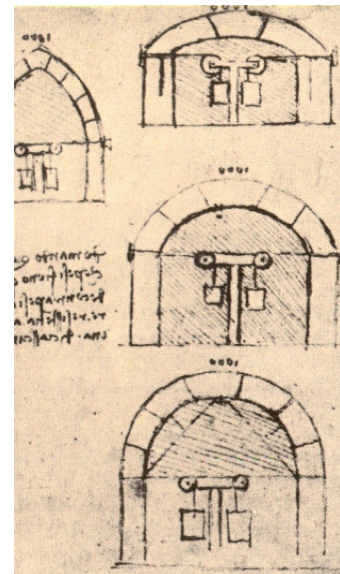


Abb. III-14: Skizzen Leonardo da Vincis. Codex Forster II, fol. 92. In Zammatio 1974, S. 210, 211, 213

¹⁴⁸ Alberti [1912] (1991), S. 163.

¹⁴⁹ Siehe Kurrer (1991), S. 109.

¹⁵⁰ Zammatio (1974), S. 210/211, Abb. der Zeichnungen mit Übersetzung des darauf befindlichen Textes.

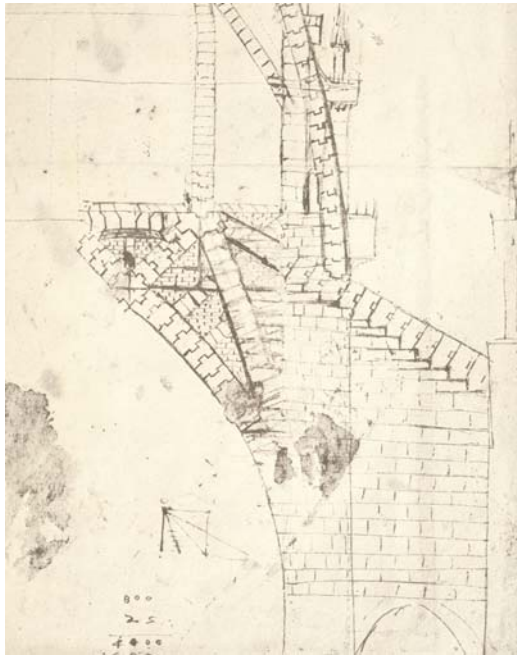


Abb. III-15: Plan aus dem Wettbewerb 1488.
Ausschnitt. Codex Atlanticus fol. 310 recto. In
Zammatio (1974), S. 215

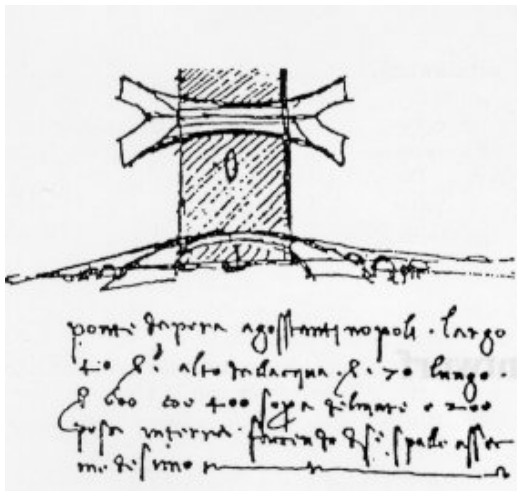


Abb. III-16: Leonardos Entwurf zur Brücke über
das Goldene Horn, spiegelverkehrt. In Stüssi
(1953) S. 113

Interessant ist der Steinschnitt der Bogensteine auf einem Plan, den Leonardo bei einem Wettbewerb zur Vollendung der Mailänder Kuppel 1488 einreichte, dann aber aus unbekanntem Gründen wieder zurück zog (Abb. III-15).¹⁵¹ Die Steine weisen einen besonderen Fugenschnitt auf, eine gegenseitige Verzahnung zu einem Bogenmauerwerk, deren Einzelsteine besser miteinander verbunden sind.¹⁵² Entfernt ähnliche Ansätze zu Bogensteinen, die von der üblichen Keilform abweichen, finden sich bei Errard de Bar-le-Duc, S. 54.¹⁵³

Ein Manuskript Leonardos enthält in Grund- und Aufriss den Entwurf zu einer Steinbrücke über das Goldene Horn mit einer Spannweite von rund 240 m (Abb. III-16). Das lag weit jenseits aller damals zu verwirklichenden Spannweiten (siehe Kap. III. 1.3, S. 40). In der Ausführung war sie als Doppelbogen gedacht, so dass sich die Steifigkeit zu den Kämpfern massiv erhöht und der Knickgefahr entgegenwirkt. Laut Stüssi war der Brückenentwurf wohl mit der festen Absicht entstanden, ihn zu realisieren, weil Leonardo sich in einem Brief von 1502 dem türkischen Sultan als Baumeister empfiehlt, wenn auch mit etwas anderen Angaben zur Spannweite und einer Ortsbezeichnung „von Galat nach Stampa“.¹⁵⁴

Die Gedanken Leonardos waren rund 100 Jahre vor dem Bau der Fleischbrücke zu Papier gebracht, aber nicht veröffentlicht. Mislin hält es durchaus für möglich, dass angehende Baumeister, die als Lehrlinge oder auf Wanderschaft an einer Bauhütte arbeiteten, Gelegenheit fanden, sich Skizzenbücher anzusehen und abzuzeichnen. Insofern ist es vorstellbar, aber nicht gesichert, dass auf diesem Wege Leonardos Wissen nach Nürnberg gelangte.¹⁵⁵

¹⁵¹ Zammatio (1974), S. 214, Abb. S. 215

¹⁵² Zur Verwendung von Dübeln bei den Bögen steinerner Brücken siehe S. 239.

¹⁵³ Vgl. Becchi, Foce (2001), S. 46.

¹⁵⁴ Siehe Stüssi (1953), S.113. Beitrag mit Nachrechnung der Brücke und Einschätzung ihrer Machbarkeit.

¹⁵⁵ Siehe Mislin (1997), S. 290.

Albrecht Dürer (* 1471, † 1528)

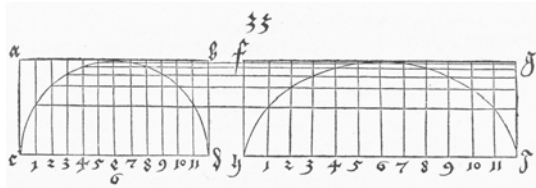


Abb. III-17: Gedrückter Bogen nach Dürer. In: Figur 33 in Dürer [1525]

Als Bürger der Stadt Nürnberg beschäftigt sich Albrecht Dürer in zwei Werken mit Problemen, die das Bauwesen berühren. In „*Unterweisung der Messung mit Circel und Richtscheit*“ will er nicht nur Maler erreichen, sondern auch „*Bildhauerern Steynmetzen Schreynern und allen den so sich des maß gebrauchen dienstlich seyn mag*“¹⁵⁶.

Er schafft ein Hilfsmittel, dessen sich die Konstrukteure z. B. beim Zeichnen eines Bogens, der von der Kreisform abweicht, bedienen konnten: „*Von nöthen ist den Steynmetzen zu wissen / wie sei ein halben zirckelriß oder bogen lini in die leng sollen ziehen / dass sie der ersten in die höch und sonst in allen dinen gemeß bleyben von der gewelb wegen die sie schliessen / diß wöll wir also so machen ...*“¹⁵⁷ (Abb. III-17). Enthalten sind auch Anweisungen zum Zeichnen von Parabeln, Hyperbeln und Ellipsen. Faustregeln zur Bemessung besonders von Mauerstärken und Fundamenten gibt Dürer in „*Etliche vnderricht zu befestigung der Stett, Schloß vnd flecken*“¹⁵⁸. Er zeigt Bögen, ohne aber dabei auf Faustformeln einzugehen (Abb. III-18). Für die Gewölbe im Schloss empfiehlt er nicht halbkreisförmige Bögen, sondern betont: „*Diese Gewölbe sollen alle in ihrem Bogen einen Drittel Teil von einem Zirkel haben.*“ Im Gegensatz dazu zeigt Dürer in einer kleinen, einer sakralen Thematik gewidmeten Federzeichnung – die Bögen dominieren den Bildaufbau – die halbkreisförmige Bogenform, wobei der Bogen nur aus einer Steinreihe konstanter Höhe gemauert ist.

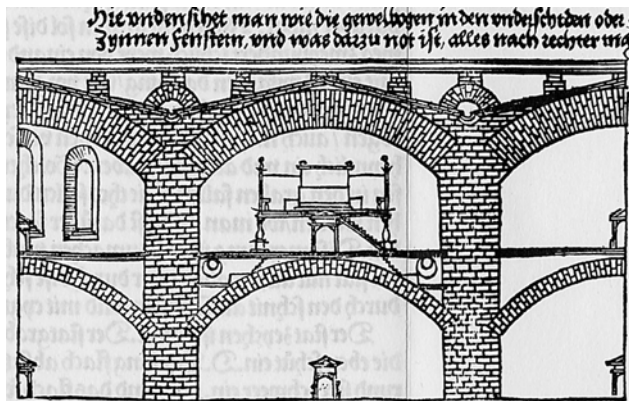


Abb. III-18: Ausschnitt einer Darstellung von im Verband gemauerten Bögen. In: Dürer [1527]



Abb. III-19: Mariae Verkündigung. Federzeichnung um 1502. Kupferstichkabinett Berlin

¹⁵⁶ Dürer [1525] (1983) ohne Seitenangaben.

¹⁵⁷ Dürer [1525] (1983) Text zu Abb. 33. Statt der Bezeichnung „Ellipse“ ist eher „Oval“ gebräuchlich. Eine Scheitelkreisstruktur für Erzeugung einer Ellipse zeigt Sebastiano Serlio in seinem „Ersten Buch der Architektur“ 1545. Wenig später präsentiert 1587 Ambroise Brachot die Gärtnerkonstruktion in „Le Tinmon“, siehe Heinrich (1979), S. 83-85.

¹⁵⁸ Dürer [1527] (1969) ohne Seitenangaben.

Andrea Palladio (* 1508, † 1580)

Palladios auf Vitruv und der Beschäftigung mit antiken römischen Bauten fußende theoretische Schriften boten bis Ende des 18. Jh. die genaueste Kenntnis antiker Bauregeln. Eine deutsche Übersetzung der ersten zwei Bücher entstand erst 1698.

In seinem Traktat „*I quattro libri dell' Architettura*“ von 1570 stellt Palladio die großformatigen Holzschnitte von Bauwerken in den Vordergrund, der Text ist eher knapp gehalten und beschränkt sich auf die wichtigsten Informationen. Damit ist Palladios Traktat „ähnlich wie die *Architekturbücher Sebastiano Serlios (1475-1554) und das Werk über die Säulenordnungen des Giocomo Barozzi da Vignola (1507-1575) angelegt*“¹⁵⁹. Palladio geht auf Brücken wesentlich ausführlicher ein als Serlio.¹⁶⁰ Denn Palladio entwarf, baute und sanierte selber Brücken, so auch die Ponte degli Angeli in Vicenza. Hier leitete er die Rekonstruktionsmaßnahmen nach Hochwasserschäden von ca. 1559-1561 und fügte noch einen weiteren Bogen an.¹⁶¹ Palladio äußert sich im III. Buch, „in welchem von den Straßen, den Brücken, den Plätzen, den Basiliken und den Xysten gehandelt wird“, dazu, was man beim Bauen von Brücken zu beachten habe und welcher Ort zu wählen sei. Nach vier Beispielen hölzerner Brücken folgen die Steinbrücken, die er in Widerlager, Pfeiler, Bogen und Pflaster unterteilt. Ohne Angabe von Größenordnungen betont er die Stärke der Fundamente, die „die Brücke zusammenhalten und verhindern müssen, daß die Bögen sich öffnen“.¹⁶² Die Steine habe man mit Eisenkeilen oder -nägeln zu verbinden, indem man sie durch diese Verankerung wie aus einem Stück werden lässt.

Palladio hält den Halbkreis für äußerst stabil und empfiehlt als flachsten Bogen für Fälle, wo es aus örtlichen Gegebenheiten unvermeidlich ist, den Bogen als „*Drittel des Kreisumfangs ... In einem solchen Fall mache man die Fundamente an den Ufern besonders fest.*“ (Öffnungswinkel 120°, Pfeilverhältnis h/l wie 1/3,464).¹⁶³

In fünf Brückenbeschreibungen mit dazugehörigen Zeichnungen – meist vermaßte Längsschnitte nebst zugehörigen Grundrissen – weist er immer wieder auf die eingangs beschriebenen Proportionen hin. Maßzahlen sind in Vicentischen Fuß¹⁶⁴ angegeben. Auch der „*bekannteste und wohl gelungenste Entwurf zur Rialtobrücke*“¹⁶⁵ ist enthalten. Palladio betont im beschreibenden Text zu diesem Entwurf, dass bei einem Brückenbauwerk für ihn neben der „*Zweckmäßigkeit*“ auch „*Würde*“, „*Schönheit*“ und „*Schmuck*“ eine wesentliche Rolle spielen.¹⁶⁶ Dazu gehört konsequenterweise auch die Gestaltung der umgebenden Plätze, ein Kapitel, das er unmittelbar auf seine Ausführungen zu Steinbrücken folgen lässt. Laut Huse verstand Palladio die Anlage selbst sogar „*offensichtlich nicht in erster Linie als Brücke, sondern als Platz, nicht als Verbindungslinie zwischen zwei Vierteln sondern als Zentrum der Stadt*“¹⁶⁷.

¹⁵⁹ Palladio [1570] (1988), S. 434. – Englische Ausgabe der Werke Serlios siehe Serlio (1996) und Serlio (2001).

¹⁶⁰ Siehe Serlio (1996 und 2001). Darstellungen von vier römischen Steinbrücken ohne Vermaßungen in Serlio (1996) Book III, S. 176/177.

¹⁶¹ Siehe Puppi (1994), S. 170.

¹⁶² Palladio [1570] (1988), S. 232.

¹⁶³ Palladio [1570] (1988), S. 233.

¹⁶⁴ Palladio [1570] (1988), S. 208, 1 Fuß = 12 Zoll, 1 Zoll = 4 Minuten.

¹⁶⁵ Zucker (1924), S. 30.

¹⁶⁶ Palladio [1570] (1988), S. 239-242 Er nennt sie nicht beim Namen, sondern spricht „Von einer Steinbrücke, die ich entworfen habe“, Abb. [105, 106].

¹⁶⁷ Huse (1979), S. 84.

Drei von Palladios präsentierten Brückenbeispielen weisen als dreibogige Brücken statt des antiken Halbkreises die Form eines Kreisabschnittes mit einem Pfeilverhältnis 1 zu 3 auf.

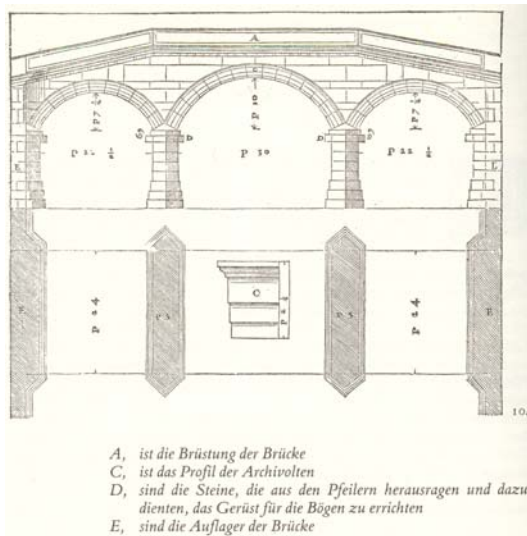


Abb. III-20: Pfeilverhältnisse von 1 zu 3 bei einem Brückenentwurf von Palladio, Holzschnitt. In: Palladio [1570] (1988) Abb. 104

Dieses Verhältnis hält er auch für die seitlichen Bögen ein (Abb. III-20). Die Brückenbahn selbst verläuft über dem mittleren Bogen horizontal, über den seitlichen geneigt.¹⁶⁸

Den Bogenring wählt Palladio bei mehrbogigen Brücken gleich stark. Damit hat der mittlere Bogen die knappere Dimensionierung. Die Steinhöhe schwankt bei seinen Entwürfen zwischen $1/12$ und $1/10$ der Spannweite, entspricht also in etwa dem von Alberti eher für Halbkreisbögen vorgeschlagenen Maß. Insofern „dimensioniert“ Palladio knapper. Aus den maßstäblichen Zeichnungen lässt sich entnehmen, dass Palladio die Steinbreiten am Intrados zwischen einem $1/11$ und $1/13$ der Spannweite wählt.¹⁶⁹

Philibert de L'Orme (* 1505/10, † 1570)

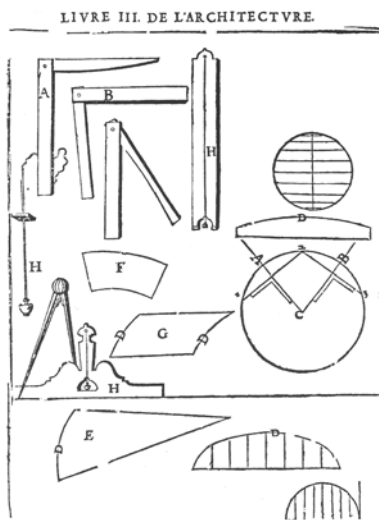


Abb. III-21: De L'Orme Messinstrumente. In Mislin (1997), S. 257

Philibert de L'Orme stammte als Sohn eines Steinmetzmeisters aus Lyon und „verkörperte das neue Berufsbild des Architekten in Frankreich“¹⁷⁰. Er verfasste einflussreiche Traktate, 1561 ein Traktat über kostensparende Holzkonstruktionen „*Invention de bien batir*“ und 1567 ein neunbändiges Werk „*Le primere tome de l'architecture*“ in der humanistischen Tradition. Dabei ist Buch II der praktischen Geometrie, Vermessung und den Fundamenten gewidmet, Buch III dem Steinschnitt und der Bogenaustragung bei Gewölben:

„In besonderem Maße wird auf die Projektions- und Gewölbegeometrie eingegangen: Das Herrichten der Quader mit dem Winkelscheit konzentriert sich auf die Flächeneinteilung der Werksteine, das Aufreißen der Bögen, die Lagerfugen, das Herstellen von Schablonen und das Zurichten der Keilsteine.“¹⁷¹

¹⁶⁸ Palladio [1570] (1988), S. 237-238, Abb. [104] „Von der Brücke in Vicenza, die über den Bacchiglione führt“ und S. 243-244, Abb. [107] „Von einer anderen Brücke, die ich entwarf“ und S. 245 Abb. [108] „Von der Brücke in Vicenza, die über die Rerone führt“.

¹⁶⁹ Für die Fleischbrücke hätte das Steinbreiten von 2,40 m bis 2,08 m bedeutet. Bei notwendiger Bogenhöhe ein nicht mehr ausführbares Maß, weil die Steine viel zu schwer geworden wären.

¹⁷⁰ Mislin (1997), S. 244.

¹⁷¹ Mislin (1997), S. 249. Weitere Darstellungen aus seinem Werk, allerdings ohne Abbildungen von den Schablonen oder der Werksteinbearbeitung, siehe http://rubens.anu.edu.au/htdocs/bytype/arch_sources/, in dieser Quelle ebenfalls Darstellungen aus der Vitruv-Übersetzung von C. Cesariano (1521) und von S. Serlios „Architettura“ (1537-1551).

Jean Errard de Bar-Le-Duc (* 1554, † 1610)

Als Mathematiker, Ingenieur, Militär und vielseitiger Geist gehört Jean Errard de Bar-Le-Duc noch zu der Nachkommenschaft der großen Ingenieure der Renaissance. Sein kleines Werk nimmt seinen Platz ein in einer langen Reihe von Lehrbüchern wie auch denen Leonardo da Vincis, die seit dem Mittelalter von Künstlern, Ingenieuren bzw. Wissenschaftlern verfasst wurden. Diese sammelten in Zeichnungsheftchen oder in Notizbüchern die mehr oder weniger detaillierten Skizzen wirklicher oder erdachter Maschinen.¹⁷²

Als erster skizzierte Errard in dieser Ausführlichkeit Steinschnitte von Gewölben oder Bögen in seinem publizierten Buch „*Le premier livre des instruments mathématique mechaniques*“¹⁷³, das 1584 in Nancy erschien, und ordnet den Bogen in die mathematischen, mechanischen Werkzeuge ein. Er fasst ihn somit als eine Maschine auf. Es geht um den Gedanken, mit einem verzahnten Steinschnitt in Form eines Schwalbenschwanzes¹⁷⁴ eine monolithische Verbindung der Steine – wie aus einem Stein – anzustreben. Aber die Idee ist alt. Sie findet sich, wenn auch nicht zu Errards Zeit publiziert, bei Leonardo in Skizzen zur Verzahnung (siehe S. 49), aber z. B. auch schon in der ersten italienischen Vitruvübersetzung von Cesare Cesariano (1521).¹⁷⁵ Auch de L’Orme beschäftigt dieses Thema.

*„Das monolithische Ideal war ein tragendes Thema der Kunst des Steinschnitts, gerade weil es auf der Notwendigkeit gründet, ein Ganzes aus allen Teile zu komponieren Das Monolithhafte konnte sich ideal in der Perfektion der Regeln der Kunst konkretisieren, aber auch in jener zusätzlichen Starrheit, die den Bauklammern beigemessen wurde und ebenso den Einsatzstücken, die zwischen den Steinen – oft wie ein Schwalbenschwanz geformt – eingefügt wurden.“*¹⁷⁶

Errard zeigt drei expressive Vorschläge zu bogenförmigem Mauerwerk (Abb. III-22, III-23 und III-24). Lediglich eine kurze lateinische Information wird zu jeder Zeichnung gegeben und eine fast identische Anmerkung in Französisch. Er präsentiert in Abb. III-22: *„Eine neue Art zu bauen, bei der die Steine untereinander wie kettenartig verzahnt werden, damit Gewölbe von großer Breite oder Bögen, die flacher als ein Halbkreis sind, beide Mauern nicht auseinander drücken“*. Zu Abb. III-23 heißt es: *„Eine andere Form von verzahnten Steinen, durch die nach innen gerade und rechtwinklige Gewölbe leicht errichtet werden können“* und zu Abb. III-24: *„Eine andere aus dem Vorangehenden hergeleitete Verbindung, mit welcher zugleich die Gewölbe als aufgehängt erscheinen.“*¹⁷⁷

Auch Errard lässt das Bemühen erkennen, die radiale Steinanordnung in die Mauern hinein fortzusetzen, die notwendige Auflast ist durch die höher gemauerten Wände betont. Bemessungsregeln allerdings gibt Jean Errard de Bar-Le-Duc nicht. Das Ringen um die Problematik des Gewölbes, das indirekte Skizzieren von Kräften ist nicht wie bei Leonardo zu erspüren. Errard

¹⁷² Siehe Errard [1589] (1979), S. VII.

¹⁷³ Errard [1589] (1979).

¹⁷⁴ Eigentliche eine Bezeichnung für ein zugfestes Verbindungselement aus dem Holzbau.

¹⁷⁵ Vitruvius [1521] (1969), als Abb. im dritten Buch eine Verzahnung bei Keilsteinen von Bögen durch Einsatzstücke in der Art wie auch in Abb. III-11, S. 47.

¹⁷⁶ Becchi, Foce (2002), S. 46. „L’ideale monolitico era un tema portante dell’arte stereotomica, proprio per il suo essere fondata sulla necessità di comporre il tutto con le parti, di realizzare l’intero con il discreto. La monoliticità poteva concretizzarsi idealmente nella perfezione delle regole dell’arte, ma anche in quell’aggiunta di solidità che era attribuita alle grappe o ai tasselli, spesso formati a coda di rondine, collocati tra un concio e l’altro.“

¹⁷⁷ Übersetzung der Bildüberschriften aus dem Lateinischen auf Abb. III-22, III-23 und III-24.

zeigt zum einen eine Verzahnung in Querrichtung, die auch die statisch wirksame Höhe bei Belastung in Querrichtung erhöhen würde, als auch Verzahnungen, die in der Stirnfläche liegen. Die Zeichnungen sind bemerkenswerte Studien zu einem Steinschnitt, der einen zug- und schubfesten Mauerwerkverband zum Ziel hat, um nicht die Außenmauern mit dem Bogenschub zu belasten.¹⁷⁸

Ferner präsentiert Errard de Bar-le-Duc in seinem Traktat auch die im 16. Jh. als Innovation auf dem Gebiet der Wasserkünste aufkommende Stangenkunst (Abb. III-25), bei deren Darstellung es sich nach W. v. Stromer um die ersten, technisch exakten Abbildungen von Stangenkünsten handelt und die ihre Anwendung bei der Wasserhaltung der Fleischbrücke gefunden haben.¹⁷⁹ Das Wasserrad betätigt Pleuelstangen, die an eine Pumpe angeschlossen sind.

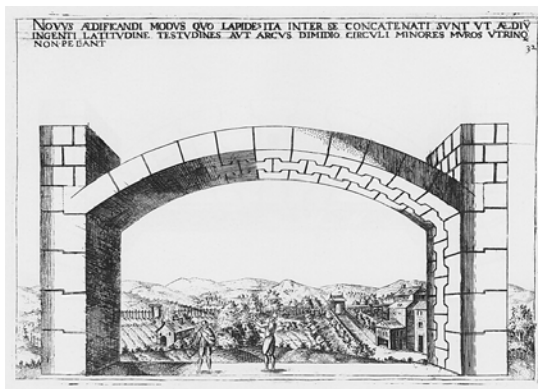


Abb. III-22: Errard de Bar-le-Duc fol. 32. Text: NOVUS AEDIFICANDI MODUS QUO LAPIDES ITA INTER SE CONCATENATI SUNT UT AEDIUM VINGENTI LATITUDINE TESTUDINES AUT ARCUS DIMIDIO CIRCULI MINORES MUROS [utrique] NON PELLANT

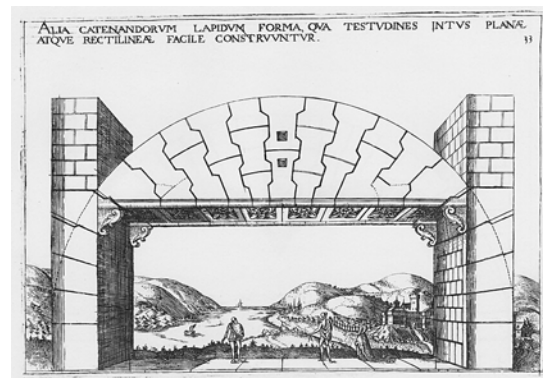


Abb. III-23: Errard de Bar-le-Duc fol. 33. Text: ALIA CATENANDORVM LAPIDVM FORMA, QVA TESTVDINES INTVS PLANAE ATQVE RECTILINEAE FACILE CONSTRUUNTUR

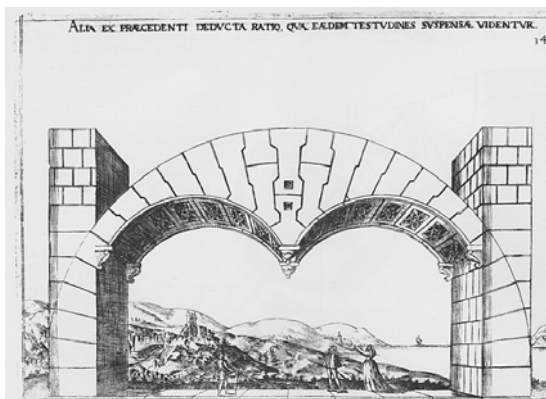


Abb. III-24: Errard de Bar-le-Duc, fol. 34. Text: ALIA EX PRAEDECEDENTI DEDUCTA RATIO, QVA EADEM TESTVDINES SUSPENSAS VIDENTUR

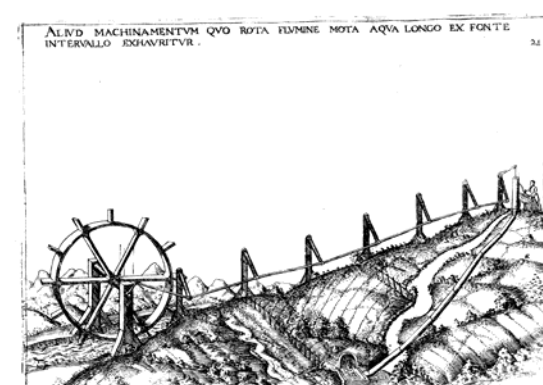


Abb. III-25: Darstellung einer Stangenkunst. In Errard de Bar-le-Duc, fol. 21. Text: ALIUD MACHINAMENTVM QVO ROTA FLVMINE MOTA AQUA LONGO EX FONTE INTERVALLO EXHAURITUR

¹⁷⁸ So gesehen wäre die Querschnittshöhe des Tragelementes nach Abb. III-23 sinnreich der Momentenlinie eines Balkens auf zwei Stützen angepasst.

¹⁷⁹ Siehe Stromer (1984 b), S. 63, 72.

Agostino Ramelli (* 1531, † ca. 1600)

Als drittes Werk der „*Theater der Maschinen*“, 19 Jahre nach dem Buch des Mathematikers Besson (* 1540, † 1576) und 4 Jahre nach dem von Errard de Bar-le-Duc erschien 1588 das Buch „*Diverse et Artificiose Machine*“ des italienischen Militäringenieurs Agostino Ramelli. Er stand im Dienst des Königs von Frankreich und war wegen seiner Qualifikation nachgefragt bei den Regenten Europas.¹⁸⁰

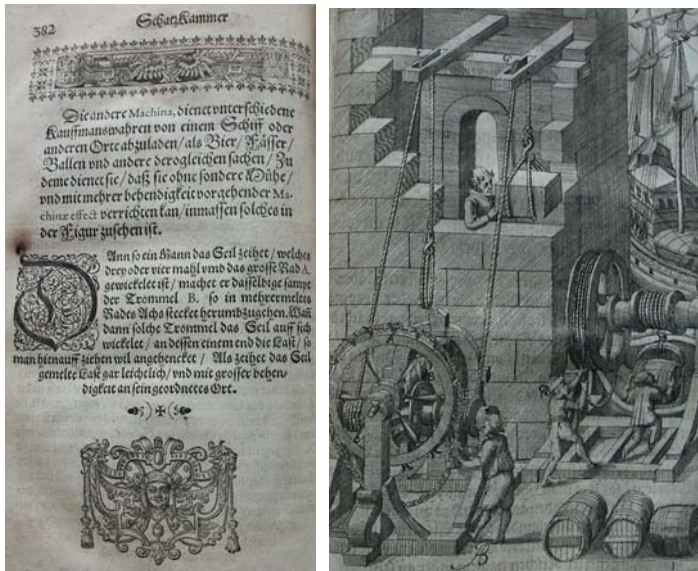


Abb. III-26: Maschine zum Heben und Versetzen von Steinen. In der dt. Übersetzung von 1620. Ausschnitt aus S. 382 und 383. In Ramelli (1620)

Auf Deutsch erschien das Werk 1620 (Abb. III-26).¹⁸¹

Ramellis Werk „enthält 195 Kupferstiche der Größe 15 auf 25 cm, die Getreidemühlen, Sägemühlen, Kräne, Wasserhebemaschinen und Belagerungsgerät wie militärische Feldbrücken und Schleudermaschinen zeigen.“¹⁸² Auch Maschinen zum Heben und Versetzen von Steinen sind vertreten. Jede Zeichnung ist durch eine Beischrift erläutert. Der Nürnberger Finanzpolitiker und Techniker Berthold Holzschuher (* 1511, † 1582) konstruierte im steiermärkischen Montanrevier automobile Wagen, Arbeitsmaschinen, Zahnräder und Hebewerkzeuge. Er erstellt schon 1556 ein handschriftliches „*Buch der Erfindungen*“ in dem ebenfalls Geräte, Zangen und Flaschenzüge zum „*Fassen*“ und „*Heben*“ schwerer Lasten präsentiert werden.¹⁸³

Er erstellt schon 1556 ein handschriftliches „*Buch der Erfindungen*“ in dem ebenfalls Geräte, Zangen und Flaschenzüge zum „*Fassen*“ und „*Heben*“ schwerer Lasten präsentiert werden.¹⁸³

Paul Pfinzing (*1554, 1599)

Auch die Vermessung spielt bei der Errichtung einer Steinbrücke eine maßgebliche Rolle. Auf diesem Gebiet ist Paul Pfinzing tätig. Als äußerst bemerkenswerte papierne Überlieferung der Reichsstadt Nürnberg enthält der große Pfinzing-Atlas 28 Karten.¹⁸⁴ Pfinzing stammte aus einer der wenigen ratsfähigen Familien, die noch im 17. Jh. im Fernhandel tätig waren – mit Handelsstützpunkten in Venedig, Salzburg, Augsburg und Regensburg. Auf seinem Weg an die Spitze des Gemeinwesens wurde Paul Pfinzing auch zu einem der „Herren über die Gebrechen der Pegnitz“ ernannt. Dieses Amt erforderte u. a. die Aufsicht über einen eisfreien Durchfluss des Wassers, damit die Brücken und Stege, Wehre und Mühlenanlagen nicht beschädigt würden. Seine

¹⁸⁰ Vgl. Gnudi (1987), S. 19.

¹⁸¹ Siehe Ramelli (1620), deutsche Ausgabe.

¹⁸² Ferguson (1993), S. 120.

¹⁸³ GNM: Buch der Erfindungen, Hs 28893.

¹⁸⁴ Siehe Abbildungen aus dem Pfinzing-Atlas Abb. III-30, Abb. IV-2 und ein Stadtplan von Nürnberg in Bd. 3 (Materialsammlung).

Liebe aber galt der Kartografie, möglicherweise in Verbindung zur Universität Altdorf bei Nürnberg gelang es ihm, die noch junge Vermessungslehre auf ein im 16. Jh. einmaliges Niveau zu heben. Neben dem großformatigen, aufwendig kolorierten Pfinzing-Atlas von 1594 verfasste er auch zwei Schriften „*Methodus Geometrica*“ 1598 und „*Geometriae unnd Perspectivae*“ 1599.¹⁸⁵

Zusammen mit dem Ratsbaumeister war er als Bausachverständiger tätig¹⁸⁶ und man darf somit davon ausgehen, dass er sein Wissen in Punkto Vermessung auch beim Bau der Fleischbrücke einbrachte.

III. 2.2 Stilles Wissen – Fachkenntnisse Nürnberger Meister

Den gedruckten Traktaten und ihrem humanistischen Gedankengut stehen die Bedürfnisse der Werk- oder Baumeister, Steinmetze und Handwerker nach bautechnischen Hinweisen, Empfehlungen, Regeln gegenüber. Am brauchbarsten in dieser Beziehung dürfte für die Werkmeister noch das Werk von Alberti gewesen sein, weil es konkrete Handlungsanweisungen enthält. Das Wissen der Praktiker hingegen wird weitergegeben, ohne publiziert zu werden, in der Ausbildung zum Meister etwa, oft auch vom Vater auf den Sohn. So ist z. B. der Text des Baumeisters Larenz Lacher aus der Pfalz von 1516 als privates Lehrwerk zu verstehen. Ohne Gliederung geschrieben, gibt der Vater in einer Art Brief bautechnische Empfehlungen an seinen Sohn Moritz, u. a. zur Durchführung einer Pfahlgründung. Er warnt ihn z. B. auch, dass er acht haben müsse bei zu erwartenden Setzungsproblemen, wenn er nämlich einen neuen Bau neben einen alten setzen wolle, dann solle er den Neubau an den alten „hängen“. Denn der Neubau setze sich, der alte aber nicht.¹⁸⁷

*„Die Stärke der Technik liegt in der Verwurzelung ihrer Grundlagen. Die hunderte von Generationen gewissenhafter und sorgfältiger Handwerker, die diese Grundlagen schufen, bewahrten das von ihren Vorvätern erworbene Wissen, um es zu verbessern, zu erweitern und dann an ihre Nachfahren weiterzugeben.“*¹⁸⁸

Dieses baupraktische, bautechnische Wissen der handwerklichen Tradition des 16. Jh. bleibt – da selten in Druckform veröffentlicht – im Wesentlichen unbekannt. Doch wie im Folgenden dargestellt, zeigen verschiedene Handschriften bautechnische Ideen und bautechnisches Wissen von Nürnberger Meistern in Bezug auf Steinbogenbrücken.

¹⁸⁵ Vgl. Fleischmann (1999), S. 9, 11, 78-80.

¹⁸⁶ Laut Sporhan-Krempel, Stromer (1962), S. 301 zum Beispiel bei Bau des Lanzinger Hauses in Nürnberg nach 1595. – Siehe Bauplatzzeichnung mit alter Fleischbrücke im Bauamtsakt StadtAN: B1/II, Nr. LIIIa 25, Abb. in Bd. 2 (Katalog).

¹⁸⁷ Siehe Reichensperger (1856), S. 140, 141. Von der Verfasserin frei ins Hochdeutsche übertragen, rät Lacher: *„Auch soll der Pfahl, wo es sich schickt und sein kann, so soll er zehn mal so lang sein, als dick. Und wenn die Pfähle alle einer nach dem anderen geschlagen sind, so füll die Felder alle wohl mit Kohlen aus, die zerstoßen sind, auf dass die Feuchtigkeit dem Pfeiler nicht schaden kann... Und wenn du den ganzen Grund ganz und gar mit Pfählen ausgeschlagen hast, so mache einen guten Rost, von gutem Holz wie nämlich Eichenholz, auch Buchenholz und Erlenholz, ist alles gut. Und wenn du den Rost gemacht hast, und hast ihn gelegt, so schlag die Felder zu mit Steinen, wie etliche tun, und schau, dass du frischen Kalk hast für diesen Grund. Und wenn du die Felder wohl fest verschlagen hast, so gieß ihn zu mit sauberen warmen Speisen, danach bau nur fleissig drauf, doch mach den Rost von so gutem Holz, bis sich der Bau setzt und leicht wird, weil du noch in dem Grund bist, so befleissige dich auf das Allerbeste, dass du ein gutes Zeug hast, es tut dies alles not.“* Vgl. Götze (1967), S. 235 Zeug = Gerät, Ausrüstung. Unter Speisen ist Mörtel zu verstehen.

¹⁸⁸ Ferguson (1993), S. 65.

Brückensanierung der Dooser Brücke bei Nürnberg durch Hans Beheim

Auch wenn der Steinbrückenbau nicht das alltägliche Aufgabengebiet der Steinmetze in Nürnberg war, so gab es dennoch in diesem Bereich tradiertes Wissen. Zum Thema Brückensanierungen im rst. Bauamt kann man einiges von dem Steinmetzmeister Hans Beheim d. Ä. (* um 1455/66, † 1538) erfahren, der um 1490 nach Nürnberg kam und dort mit der Planung und Ausführung der wichtigsten öffentlichen Bauvorhaben beschäftigt war. Ab 1503 wurde er bis zu seinem Tode als Werkmeister der Stadt verpflichtet.¹⁸⁹

„In selben Jahr nahm die Dooser Brücke merklich großen Schaden, zertrennet sich der Läng voneinander“, heißt es in seinem Bericht über die Reparatur der Dooser Brücke, die außerhalb der Stadtmauern in Richtung Führt lag. Darin beschreibt er zunächst, wie er bei einer Ortsbesichtigung den Bauherren und dem Baumeister an Hand eines geschnittenen Musters vorschlägt, dem Schaden beizukommen: *„Nemlich das ich darein wolt legen in die prucken uberzwerch¹⁹⁰, 3 gewaltig eisenstangen, und sie auf das Best an dem haupt, an peden Orten, mit gewaltigen eisenkeylen anziehen, damit sich die pruck hinfuro nit weiter khonnt voneinander drenchen, das ward pej meinen Herren fur das pest erkennt und also zu machen befolhen etc.“¹⁹¹*

Es folgt, wie er die Reparatur vornahm: *„Also lies ich solche Stangen und Keile auf das Gewaltigste schmieden und machen. Und als man das Jahr 1531 zählte, da zog ich hinab mit den Steinmetzen und Handlangern, und lies die Brücke abräumen und das Pflaster aufheben bis auf den Bogen. Davon der Schaden so groß, das der Bogen bei 7 Zoll voneinander gegangen war. Also legte ich die Stangen ein und zog gewaltig an, dass die hölzernen Zwingen, damit ich vorher den Bogen gefasst hatte, freiledig wurden. Also hab ich 28 lange Stürze über die selben Schäden an der Brücke paarweise eingezogen und nachfolgend die Brücke an beiden Orten auf dem Bogen ausgewechselt Wie wohl ich hoff, es soll dermaßen langwürdigen Bestand haben, so ist doch zu bedenken, dass jeder Bau, der also am Wetter steht, und solchen großen Schaden empfangen hat, nach einiger Zeit wieder Schäden aufweist.“¹⁹²*

Deshalb empfiehlt er eine regelmäßige Bauwerksüberwachung: *„So der Bogen jetzt mit Fleiß verbunden wird, soll künftig ein Baumeister und ein Werkmeister auf die Brücke acht haben, und besonders der Werkmeister soll jedes Jahr wenigstens zweimal fleißig selber besichtigen, ob sich die Risse ergehen oder in dem Bogen auf tun werden.“¹⁹³*

Letztlich aber sollte man einen neuen Bogen über den alten schließen. Dann benötige man keinen Abriss, man habe keine Probleme mit neuen Pfählen im Grund für ein Lehrgerüst und letztlich spare man sich das Lehrgerüst selbst, also insgesamt erhebliche Kosten.

Als letztes folgt eine Beschreibung, wie der Werkmann, der den Bogen schließen soll, mit Hilfe zweier Bleischiebe den richtigen Kreisbogen für den oberen Bogen ermitteln kann. Die dabei angesprochene Visierung A und B fehlt, wohl ist aber eine andere Zeichnung angeklebt mit einem Beirtext von anderer Hand auf der Rückseite, die wohl die Anwendung der Bleischiebe verdeutlichen soll.

Wenn auch wegen der fehlenden Muster und Visierungen das Vorgehen bei der Reparatur nicht bis ins letzte klar ist, so steht doch fest, dass dicke, geschmiedete, eiserne Stangen bei Brücken-

¹⁸⁹ Vgl. Diefenbacher, Endres (2000), S. 132.

¹⁹⁰ Siehe Götze (1967), S. 240 zwerch = quer.

¹⁹¹ StadtAN: B1/I, Nr. 2, fol. 58, 58 verso, 59, mit drei Zeichnungen, die nicht die Reparaturen betreffen, 1530.

¹⁹² Derselbe Akt, von der Verfasserin frei ins Hochdeutsche übertragen.

¹⁹³ Derselbe Akt, von der Verfasserin frei ins Hochdeutsche übertragen.

reparaturen schon vor dem Bau der Fleischbrücke Verwendung fanden. Wie ist ihre Wirkung zu verstehen? Beheim legte die eisernen Stangen quer zur Brücke ein und verkeilt sie. Er konnte so den klaffenden Bogen zusammenziehen. Im Prinzip erzeugt man mit einer Druckvorspannung in Querrichtung zusammen mit dem Eigengewicht einen mehrachsigen Spannungszustand, der sich stabilisierend auf das Tragverhalten auswirkt. Auch zur Sanierung der alten Fleischbrücken verwandten 1568 die Werkleute eiserne Querstangen.¹⁹⁴ Beim Bau der Fleischbrücke von 1598 wurden eiserne Querstangen planmäßig eingebaut.

Memorandum des Barthel Grolock zur Hallertorbrücke in Nürnberg

Barthel Grolock († 1575), Anschicker auf der Peunt von 1561-1575, war auch der Bauleiter und Architekt des 1581/82 erbauten Ostflügels der Universität Altdorf bei Nürnberg.¹⁹⁵ Das Memorandum belegt die intensive Auseinandersetzung mit der Errichtung einer Steinbogenbrücke. Es geht um den Bau der Hallertorbrücke, die 1564 als zweibogige Steinbrücke errichtet wurde.¹⁹⁶

In seinem handschriftlichen Memorandum äußert Grolock massive Bedenken, was die ausgeführte Qualität dieses Steinbauwerks anbelangt.¹⁹⁷ Er versuchte schon während der Errichtung Einfluss zunehmen, was ihm aber nicht gelang. Im Prinzip sagt er das Versagen der Konstruktion voraus, hofft allerdings, es werde nicht eintreten: „*Gott geb, das ich meiner Sorg frei werde, Amen.*“ Die totale Zerstörung der Brücke bei dem Hochwasser 1595 erlebt er nicht mehr (Abb. III-27).¹⁹⁸

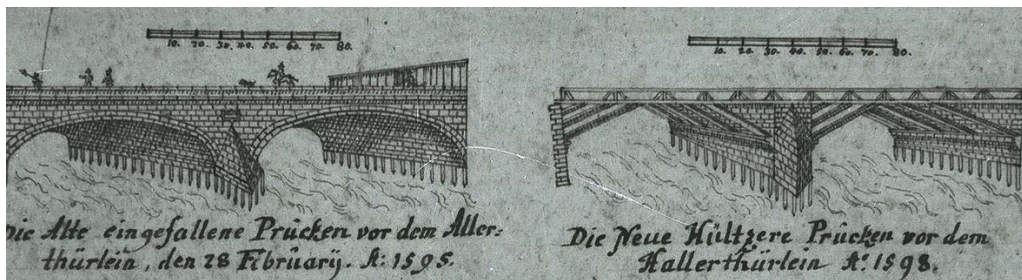


Abb. III-27: Die alte und neue Brücke vor dem Hallertürlein. Ausschnitt aus der Zeichnung des Petzold-Pokales von Maximilian Keyl. Petzold-Pokal in Schloss Grünsberg

Warum er sich mit seinen Ratschlägen bei der Errichtung nicht gegen den Baumeister und die Werkmeister durchsetzen konnte, bleibt unklar. Grolock bemängelt z. B. die zu dicken und kurzen Pfähle des mittleren Pfeilers, der mit 21 Schuh bei einem Bogen von 60 Schuh zu

¹⁹⁴ StAN: Rst. Nbg, Ratsbuch 33, fol. 209 verso, 27.4.1568

¹⁹⁵ Siehe Pfeiffer (1970), S. 57.

¹⁹⁶ Fleischmann (1995 Kalender) und Diefenbacher, Endres (2000) halten die Hallertorbrücke von 1564 für eine zweibogige Holzkonstruktion. Die Abb. auf dem Petzold-Pokal zeigt jedoch eindeutig eine steinerne Brücke vor dem Hallertürlein, die 1595 eingestürzt ist und 1598 durch eine zweibogige Holzbrücke auf einem steinernen Pfeiler neu errichtet wurde. – Siehe Müllner (IV) in StAN: Rst. Nbg. Hs 32, fol. 2413 verso. 1598 wurde die Hallertorbrücke als Holzbrücke fertiggestellt, die „zuvor steinern gewest.“

¹⁹⁷ Dieses Memorandum liegt nicht im Original vor, sondern ist als Abschrift aus dem 17. Jh. erhalten. In StAN, Rep. 52b, AStB., Nr. 324, fol. 128-130, sowie erneut auf fol. 177-179, Text nochmals kopial enthalten in StadtAN, B1/1, Nr. 11, fol. 23 verso-24 verso, alte Nr. 28. Die vielfachen Kopien weisen auf die Wichtigkeit des Textes hin. Für die Spur zu dieser Quelle und deren Transkription danke ich an dieser Stelle Herrn Helge Weingärtner. Die in diesem Text zitierten Passagen sind von der Verfasserin frei ins Hochdeutsch übertragen.

¹⁹⁸ Zu dieser Brücke von 1564 im Schadensbericht vom 1. April 1595 über das Hochwasser vom Februar des Jahres 1595 in StadtAN: B1/II, Nr. LXV 9, fol. 10 verso: „Die steinerne Brücke von 1564 ist völlig eingerissen, das nicht ein stuck Stein wie es gestanden stehent bliben.“

schmal angelegt wäre. Dann folgen seine Ideen und Vorschläge. Er hätte die Steine nicht vergossen, sondern in Mörtel verlegt, damit sie sich weniger setzten¹⁹⁹ und die Bogendicke hätte er im Verband gemauert, „*von unten auf und von oben herab ein Stück ums andere verbunden werden*“, damit der ganze Bogen zusammen trage. Er hätte eine Aufmauerung oberhalb der Fundamente, des Bogens und des mittleren Pfeilers einer Aufschüttung vorgezogen, weil letztere zum einen besonders schädlich bei Nässe sei und auch weil eine Aufmauerung dem Bogen Hilfe zum Tragen gebe. Er erklärt die Vorteile einer Überdachung und hätte sich auch dickeres aufgehendes Mauerwerk vorgestellt, weil das Bauwerk als Schutzbauwerk der Stadt gegebenensfalls auch unter Beschuss geraten könnte.

Seine erwähnte Entwurfsvisierung ist nicht erhalten. Daher fällt es an einigen Stellen schwer, die Sprache richtig zu interpretieren. Zusammen mit einer Zeichnung ließen sich manche Bemerkungen sicherer deuten. Beispielweise erwähnt Grolock die Fronfeste „*hinten bei der Seeg*“ deren steinerner Bogen zunächst eingestürzt war (linker Bogen hinter dem Henkersteg). Dann aber habe Hans Beheim d. Ä. den Bogen errichtet, wodurch dieser beim Rat zu Ansehen gekommen sei. Diese Information habe er von dessen Sohn. Dieser Meister Paulus Beheim (* um 1496, † 1568) war vor Grolock Anschicker auf der Peunt. „*Damals sei auch der Mangel des Bogens gewesen, dass sich der Bogen nicht von oben und aus der Stärke und Streb getragen habe, sondern aus dem Unterteil weshalb er unten zerdrückt und zerknirscht wurde und einfiel.*“ Was er am Tragverhalten damit andeuten will, ist ohne Kenntnis der falschen sowie der geänderten Ausführung des Bogens nicht eindeutig. Wieder begegnen wir hier der Weitergabe von bautechnischen Fragen im Handwerk vom Vater auf den Sohn und sowie innerhalb des rst. Bauamtes.

Eine etwas schwer verständliche Passage mag darauf hinweisen, dass Grolock die Bogen an den Fundamenten stärker ausgeführt hätte als in Bogenmitte, wo er von 5 Schuh Dicke spricht, aber „*der Bogenanfang sei von unten heraus mit 7 ½ bis 8 Schuh auszuführen*“.

In einer weiteren Passage widmet er sich dem Ausrüsten des Lehrgerüsts. Ehe dem Bockgestell nach Bogenschluss Luft gemacht wird, hätte er empfohlen, alle Lagerfugen auf dem Kamm wieder aufreißen zu lassen, um sie aufs Herbste auszuschlagen und zu verkeilen. Man solle sie mit harten Schiefen und je nach „*Gelegenheit und Weiten, auch nach den Tiefen der Fugen mit eichenen Keilen ausschlagen und anziehen, auf dass der Bogen nicht allein unten, sondern auch oben trage*“.

Dies ist eine Methode des Ausrüstens, die in Traktaten keine Erwähnung findet. Unklar bleibt zu einem, was er wirklich meint und, falls man seinen Vorschlag richtig versteht, welche statische Wirkung diese Methode wohl gehabt hätte (Abb. III-28).

¹⁹⁹ Als Beispiel führt er Setzungen des vergossenen „Lauffer Thor Turms“ an, wo nicht der Grund schuld gewesen sei, weil die Risse dann nämlich von oben oder von unten gekommen wären.

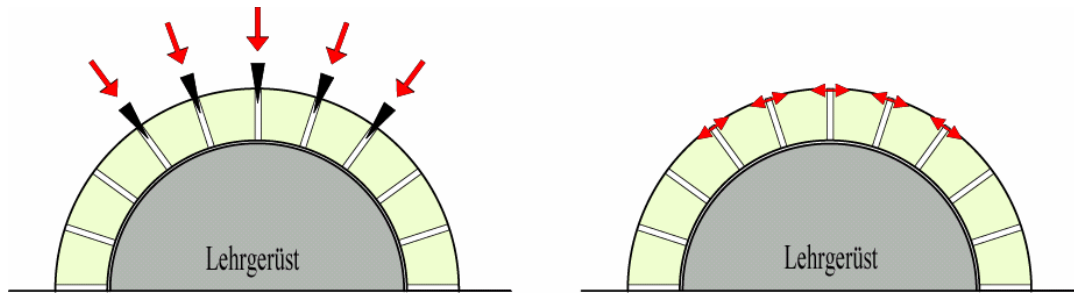


Abb. III-28: Prinzipskizze zum Vorschlag des Ausrüstens bei Grolock

Im Prinzip bedeutet dieses Verkeilen das Aufbringen einer Druckvorspannung auf dem Extrados, solange das Lehrgerüst noch steht. Die Tragwirkung des Bogens wird üblicherweise erst nach Absenken des Lehrgerüsts aktiviert, egal ob es „schlagartig“ geschieht oder wie Alberti empfiehlt, durch allmähliches Lösen der Keile. Mit dem Verkeilen könnte erreicht werden, dass schon zu diesem Zeitpunkt vor dem Ausrüsten ein Teil des Bogeneigengewichtes sich an den oberen Teil des Ringes anhängt, also die Tragwirkung schon vorher aktiviert wird. Außerdem vermeidet man damit ein Abplatzen der Steinkanten im Druckbereich, da das weichere Holzmaterial eher zerquetschen würde. Durch das Keilen hebt sich der Bogen tendenziell und auch die Fugen am unteren Bogenrand bekommen Druck, der sich aber unter Eigengewicht wieder abbaut. Grolocks Vorschlag scheint eine sehr sinnvolle Idee zu sein. In wieweit nach Absenkung des Lehrgerüsts diese Druckvorspannung im oberen Bereich des Scheitelquerschnitts, der ohnehin schon aus der Bogentragwirkung Druck bekommt, zu Problemen führt, lässt sich ohne Kenntnis von Abmessungen und Materialien nicht beurteilen.

Jedenfalls meint Grolock, das mangelhafte Bauwerk „*werde mit der Zeit selbst dartun und beweisen, dass er Beifall verdient hätte mit seinen Einwänden, was allerdings Gott verhüten wolle.*“ Darum solle man mit besonderer Sorgfalt und Schutz dieses Bauwerk bewachen.

Es ist bedauerlich, dass die von Beheim und Grolock angefertigten Muster und Visierungen fehlen. Mit diesem Arbeitsmittel wären die Texte wesentlich leichter zu interpretieren, weil sie einen Zugang zu den Gedanken der Meister jenseits der Sprache eröffnen würden. Das wäre umso wichtiger, als die Texte heute durch die zeitgenössische Rechtschreibung und teilweise fremden Worte schwer verständlich sind.

Dennoch machen diese Beispiele des 16. Jh. klar, dass die Nürnberger Werkmeister, die aus der handwerklichen Tradition kamen, sehr genaue bautechnische Vorstellungen im Umgang mit Steinbogenbrücken auf Grund eigener Erfahrungen bei Schäden oder Reparaturen entwickeln konnten, und dass dieses Wissen im 17. Bauamt weitergegeben wurde. Die angeführten Texte zeigen den Ingenieur, der eine Lösung sucht, einen Schaden behebt oder verhindern will. Ihre Vorstellungen bezüglich der Gestaltung oder Schönheit einer Brücke, wie etwa bei Palladio treten nicht zutage. Die Zeichnung, der Riss oder das Muster war fester Bestandteil der Kommunikation zwischen den Meistern. Sie wussten um die Notwendigkeit, ein Bauwerk vor Ort zu beobachten, „zu bewachen“, Verformungen und Risse zu interpretieren und sich Verfahren der Sanierung zu entwickeln. Dies waren Voraussetzungen in der Tradition der 17. Meister, um in einem Entwurf innovative Ideen auszuprobieren, sich an Neues zu wagen.

III. 3 Das reichsstädtische Bauamt in Nürnberg bis 1595

III. 3.1 Organisationsstruktur

Für alle größeren Bauvorhaben bedarf es bestimmter organisatorischer, technischer und personeller Voraussetzungen und Regelungen, die das Funktionieren einer Großbaustelle überhaupt erst ermöglichen.

In Nürnberg lag diese Funktion beim rst. Bauamt, das für alle öffentlichen und privaten Bauvorhaben der Reichsstadt zuständig war. Lediglich die Bauhütten in Nürnberg St. Sebald und St. Lorenz – es gab in Nürnberg keine dauerhafte Bauhütte wie in Wien, Straßburg oder Köln – unterstanden nicht dem rst. Bauamt. Die Stadt schuf die Einrichtung eines eigenständigen Rugamtes, welches die Einhaltung der Handwerkerordnungen regelte und überwachte. Das rst. Bauamt erließ strenge Feuerordnungen, organisierte den Hochwasserschutz und hatte mit auf Qualität vereidigten Meistern („geschworene Meister“) ein ratliches Aufsichtsorgan.

Das Nürnberger Bauamt entwickelte sich als eine der Deputationen dieses Inneren Rates, der gemäß der Stadtverfassung das zentrale Organ der Reichsstadt bildete und in dessen Hand alle städtischen Schutztendenzen lagen. Er war zunächst mit Patriziern – je 12 alten und jungen Bürgermeistern – besetzt, aber ab der Mitte des 14. Jh wuchs der Innere Rat Nürnberg mit acht Alten Genannten und acht Handwerksherren auf 42 Mitglieder an – eine Überblicksskizze hierzu siehe Bd. 3, S. 52 (Materialsammlung).

Ratsbaumeister

Einer der Alten Genannten, die von patrizischer Herkunft sein mussten, war der „Baumeister“, später auch Ratsbaumeister genannt. Als verantwortlicher Leiter des weit verzweigten Amtes hatte er alle Aufsichts- und Verwaltungsbefugnisse des gesamten rst. Bauamtes. Der Baumeister musste schon deshalb von patrizischer Herkunft sein, weil nur ein Patrizier vorlageberechtigt beim Geheimen Inneren Rat war. Gleichzeitig wird deutlich, dass er nicht dem Handwerk entstammte. Er musste „kein Techniker vom Fach“ sein.²⁰⁰

In anderen deutschen Städten waren im Mittelalter die das gesamte öffentliche Bauwesen leitenden Persönlichkeiten oft Finanzbeamte, wie zum Beispiel in Köln, wo die Rentmeister das gesamte Bauwesen beherrschten.²⁰¹ Von Amts wegen war der Baumeister in Nürnberg auch Vertreter in den Deputationen des Inneren Rates zu den „springenden Wassern“ (Eichung der privaten Wasseranschlüsse an die Wasserleitungen) und zum „Rednitz- und Pegnitzfluss“ (Mühlen und vorbeugender Hochwasserschutz).

Gegenüber der Finanzbehörde, die die öffentlichen Bauten finanzierte – dem Lösungsamt – war er zu Jahresrechnungen über Ausgaben und Einnahmen verpflichtet. Die Oberaufsicht über das gesamte Amt hatte der 3. Oberste Hauptmann aus dem „Triumphirat der Obersten Hauptleute“, der obersten rst. Regierungsbehörde. Diese drei Obersten Hauptleute bildeten gleichzeitig die Spitze des siebenköpfigen „Geheimen Inneren Rates“, der die eigentliche Regierung der Reichsstadt darstellte – auch genannt die „Herren Älteren“ oder „Septemvirn“.²⁰² Der 3. Obere Haupt-

²⁰⁰ Mummenhoff (1891), S. 164. In früheren Zeiten leiteten bis zu vier Baumeister das Amt, je zwei für jede Stadtseite St. Sebald und St. Lorenz, ab 1396 nur noch ein Baumeister.

²⁰¹ Siehe Sachs (1915), S. 2.

²⁰² Siehe Mummenhoff (1891), S. 163. Als Bauherren wurden manchmal auch eine getrennte Kommission von Herren des Inneren Rates eingesetzt.

mann kann somit als Bauherr bezeichnet werden, während die tatsächliche Amtslast auf den Schultern des Baumeisters ruhte. Meist hatte dieser über längere Zeit dieses Amt inne und war in dieser Funktion von der höherwertigen Ämterlaufbahn der Septemvirm ausgeschlossen.²⁰³

Anschicker

Als technischer Leiter stand dem Ratsbaumeister ein Anschicker oder Schaffer auf der Peunt in allen Fragen des Baubetriebs zur Seite, der auch der Aufseher über die gesamte städtische Arbeiterschaft war, sowie Verwalter des Baumaterials auf der Peunt und an anderen Orten. Des Baumeisters „*Auge und Hand*“²⁰⁴ beriet den Baumeister und konnte auch an seiner Stelle Geschäfte wahrnehmen.

Werkmeister

Die ausführenden Arbeiten leiteten die obersten Werkmeister (auch Stadtwerkmeister genannt), ein Zimmermannsmeister und ein Steinmetzmeister. Sie fungierten als Architekten und Bauleiter, waren aber auf den Baustellen auch selbst handwerklich tätig. Anschicker und Werkmeister wurden vom Baumeister jährlich auf das Amtbuch vereidigt, weshalb oft auch von geschworenen Meistern die Rede ist. Sie hatten Arbeitszeit und -leistung ihrer Leute streng zu überwachen und durften z. B. auch privaten Bautätigkeiten nicht ohne ausdrückliche Genehmigung des Rates nachgehen. Ihre materielle Lage war dennoch besser als die ihrer privaten Meisterkollegen in der Stadt.²⁰⁵ Die Werkmeister erhielten einen festen Wochenlohn und einen vierteljährlich ausgezahlten Jahresbetrag.²⁰⁶ Es seien noch im Dienstverhältnis der Stadt stehende Werkmeister genannt, wie z. B. Deckermeister, Pflastermeister, Tünchermeister, Röhrenmeister, Brunnenmeister und Schüttmeister. Ein Eichmeister ist eigens dafür zuständig, die für die öffentlichen Bauten benötigten Steine zu eichen, „... *was man sunst an stuck bedarf, die eicht man nach quadern allweg ...*“ wie Endres Tucher (* 1423, † 1507) in seinem handschriftlichen Baumeisterbuch von 1464-1475 vermerkt.²⁰⁷ Dieses Baumeisterbuch bietet Einblick in die Organisation des Amtes, die verwendeten Materialien und die Angestellten des Bauamtes. Den Meistern waren die Gesellen unterstellt, und als niedrigste Gruppe der vom Bauamt Beschäftigten fungierten die Handlanger oder Tagelöhner.

Peunt

Die Peunt – was soviel wie geschlossener Platz bedeutet – war der Bauhof, der Sitz des Bauamtes mit einem Lagerraum, dem Dienstsitz des Baumeisters, der Werkmeister und des Anschickers. 1608 hat der Kanzlist Hieronymus Braun (* 1566, † 1620) eine prunkvolle stereometrische Ansicht der Stadt Nürnberg überliefert.²⁰⁸ Auf diesem zeigt er die Peunt als einen vollkommen abgeschlossenen, rechteckigen Hof (Abb. III-29). Bis heute ist an der Stelle der Nürn-

²⁰³ Besonders erstrebenswert kann das vielschichtige Amt des Ratsbaumeisters nicht gewesen sein, es folgten Zeiten, in denen dieses Amt über längere Zeit unbesetzt blieb.

²⁰⁴ Mummenhoff (1891), S. 165.

²⁰⁵ Siehe Sachs (1915), S. 14.

²⁰⁶ Zu weiteren finanziellen Regelungen siehe Sachs (1915) und Fleischmann (1975).

²⁰⁷ Tucher [Handschrift] (1862), S. 84.

²⁰⁸ Siehe Obergäßner (1933), S. 18. – Gesamtgröße ca. 2 x 3 m.

berger Altstadt das Bauamt angesiedelt. Der Begriff Peunt wurde zum Synonym für das rst. Bauamt.

Das Handwerk der Steinmetzen entwickelte sich während des Hochmittelalters aus dem Hüttenwesen. Später aber waren die Steinmetze in den städtischen Wirtschaftskreislauf integriert, da sie im kommunalen Bereich überwiegend für profane Bauten tätig wurden und der städtischen Gewerbeaufsicht unterworfen waren. Seit dem Spätmittelalter waren in Nürnberg Steinmetze und Maurer ansässig, die sich in ihrer Arbeit wohl kaum unterschieden. Im Zusammenhang mit den geänderten Baugewohnheiten wurden jedoch die Maurer durch die Steinmetze, die eher über bauplanerische und statische Kenntnisse verfügten, verdrängt, was in der Einführung einer Meisterprüfung für Steinmetze 1507 seinen Abschluss fand und den Steinmetzen das Monopol zur Errichtung von Steinbauten gab. Doch erhielten die Steinmetze in Nürnberg nur eine dreijährige Lehre statt der üblichen fünfjährigen Ausbildung im Sinne des Hüttenwesens. Deshalb versuchte der Rat wiederholt im 16. Jh., erneut 1593 und 1597 – also während des Baues der Fleischbrücke – als gewerbepolitische Maßnahme fünfjährig ausgebildete Meister nach Nürnberg zu ziehen.²⁰⁹ Schon 1596 war dies dem Rat mit der Anstellung von Jakob Wolff aus Bamberg gelungen, er blieb jedoch während des Fleischbrückenbaues der einzige fünfjährig ausgebildete Meister.

Gegenüber dem 15. Jh. wurde im 16. Jh. nicht nur durch Ankauf die Peunt vergrößert und in sich geschlossen, die Zahl der verpflichteten Werkleute vermehrte sich bedeutend und die Aufgaben des Baumeisteramtes dehnten sich insgesamt aus.²¹⁰

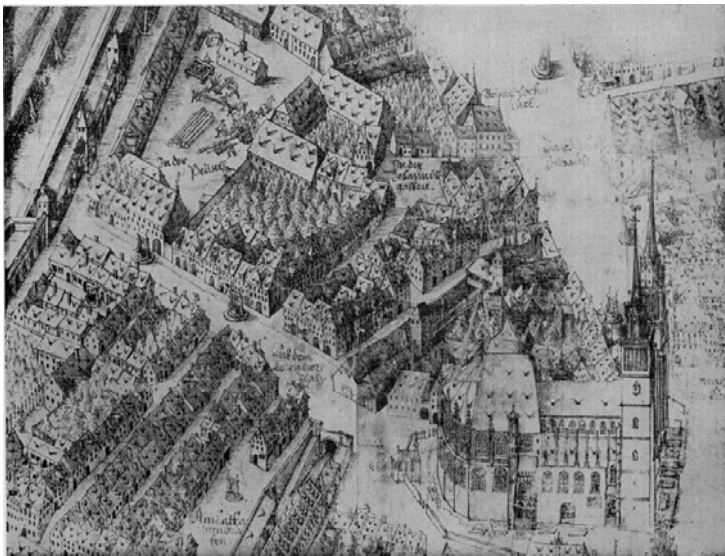


Abb. III-29: Stadtansicht mit der Peunt oben links nach Hieronymus Braun 1806 (Ausschnitt). In Obergäßner (1933), nach S. 18.

Zum Bauamt gehörten neben der Peunt noch weitere Materiallagerstätten, eigene Kalkhütten und ein eigener Fuhrpark. Als Verwaltungspersonal verfügte das Bauamt über einen Bauschreiber und einen Vorratsschreiber und spätestens ab dem Ende des 16. Jh. bildete das Bauamt eine eigene Registratur. Ein Baugericht regelte Nachbarschaftsstreitigkeiten. Da es in Nürnberg seit dem Handwerkeraufstand 1348/49²¹¹ keine Zünfte gab, unterstanden die Handwerker der strikten Kontrolle dieses Amtes.

²⁰⁹ Siehe Fleischmann (1985), S. 53-56.

²¹⁰ Siehe Obergäßner (1933), S. 15.

²¹¹ Siehe Diefenbacher, Endres (2000), S. 404.

Personelle Besetzung der oberen Ämter 1595-1598

Die Ämterbüchlein der Stadt verleihen Einblick über die Funktionsträger. Der Bauherr – immer der dritte in der Hierarchie der Septemviren – war bis 1597 Welser. Nach dem Tod eines Septemviren rücken die rangniedrigen auf (Tab. III-3)²¹². Auskunft über die Besetzung des Septemvirats geben auch die Medaillen auf die Grundsteinlegungen 1597 und 1598 (Tab. IV-1, S. 144). Bauschreiber war Friedrich Ziel.

Amt	1595	1596	1597	1598
Schultheiß	Paumgartner			
Obere Hauptleute	Paumgartner Imhof Welser		Paumgartner Welser Nützel	
Bauherr	Welser		Nützel	
Baumeister	Wolf Jacob Stromer			
Anschicker	Matthes Pfeffer			
Werkleut	Dietmair, Herdegen, Zwuheldt	Herdegen, Zwuheldt, Jakob Wolff	Herdegen, Zwuheldt, Jakob Wolff	Herdegen, Zwuheldt, Jakob Wolff
Verordnete Werkleute der Pegnitz	Peter Carl u. andere			

Tab. III-3: Übersicht ausgewählter Angaben aus den Ämterbüchlein 1595 bis 1598

III. 3.2 Baumaterial

Holz

Den Holzbedarf für die rege Bautätigkeit – bis 1450 wurden überwiegend nur Fachwerkhäuser errichtet – deckte die Reichsstadt aus den Reichswäldern St. Sebald und St. Lorenz (Abb. III-30)²¹³, die damit eine wichtige Rolle für die Entwicklung der Stadt darstellten, nicht nur wegen der Lieferung von Bauholz, sondern die Wälder wurden insgesamt intensiv bewirtschaftet und es gab eine strenge Aufsicht über die Nutzung, die eine unbefugte Entnahme verhinderte.²¹⁴

Gut 100 Jahre nach Endres Tucher sah die Bauordnung von 1597 für die privaten Meister und Gesellen eine mengenmäßige Einschränkung der zu verarbeitenden Baumaterialien und ihre Lagerung in der Stadt vor, die bei Verstoß mit 10 Gulden bestraft wurde. Besonders die Holzknappheit machte Probleme, so dass, unterstützt durch die Furcht vor Bränden, der Rat 1598 beschloss, nicht mehr nur das Untergeschoss (1522), sondern konsequenterweise „*das gesamte Erdgeschoß wie auch die Fassade der beiden folgenden Stockwerke in Stein und nur noch das letzte Geschoß als Fachwerk ausführen zu lassen*“²¹⁵.

²¹² StAN: Rst. Nbg. Ämterbüchlein Nr. 114, 115, 116, 117.

²¹³ In seiner Eigenschaft als von Rat bestellter Waldherr bot Paul Pfinzing d. Ä. 1597 dem Rat an, eine dringend benötigte Karte der Reichswälder St. Sebald und St. Lorenz zu verfertigen.

²¹⁴ Siehe Fleischmann (1994), S. 42.

²¹⁵ Fleischmann (1985), S. 83.



Abb. III-30: Die Reichswälder im Pfinzing Atlas von 1594. In StAN: Rst. Nbg. Karten und Pläne Nr. 230. Faksimile Pfinzing (1994) S. 9

Stein

Nürnberg liegt in der naturräumlichen Einheit des Nürnberger Beckens, einer Teillandschaft des übergreifenden Mittelfränkischen Beckens. Das sind eintönige Ebenen, nur durch wenige Höhenzüge gegliedert und von Verwitterungs-, Schwemm- und Flugsanden überdeckt. Für steinerne Bauvorhaben boten die Randhöhen des Nürnberger Beckens mit dem ortsüblichen Burgsandstein ein schier unerschöpfliches Reservoir. Der z. T. aus einem rötlichen, mittel- bis grobkörnigen, weichen Tonsandstein bestehende Burgsandstein ist bruchfrisch relativ weich und härtet an der Luft nach. Dem Burgsandstein gehören aber auch die quarzitgebundenen Steinlagen an, die sich z. B. um den Wendelsteiner Höhenzug erstreckten. Dieses Material eignete sich für Wasserbauten, Pflaster und Mühlsteine.²¹⁶

In rst. Zeit gab es über 30 wichtige Steinbrüche. Sie lagen in allen Himmelsrichtungen um Nürnberg verteilt, meist in den beiden großen Reichswäldern nur fünf bis zehn Kilometer von der Stadt entfernt. Viele galten als mehr oder weniger **weiche** Steingruben, deren Ausbeute *„lange Jahrhunderte hindurch stark willkürlich betrieben, es mag sogar eine Art Raubbau geherrscht haben. Zielbewusst wurde hingegen der Abbau des Kornberges bei Wendelstein betrieben, welcher im Gegensatz zu den vorgenannten Brüchen **harten** Stein lieferte, der vielfach neben Hochbauten auch zu Mühlwerken und Wasserbauten Verwendung fand, während aus den kleinen Bruchsteinen Pflastersteine geschlagen wurden.“*²¹⁷

²¹⁶ Siehe Diefenbacher, Endres (2000), S. 734, 1037.

²¹⁷ Geiger (1918), S. 148.

Damit hatte Nürnberg äußerst gute Voraussetzungen, bei kurzen Transportwegen und -kosten den Steinbau voranzutreiben. Demgegenüber verzichteten Städte wie Ulm oder Augsburg ohne nahe gelegene Steinbrüche in der entsprechenden Zeit auf Steinbrücken. Die Barfüßerbrücke in Augsburg von 1610 – ein Entwurf des Baumeisters Elias Holl (*1573, † 1646) – ist eine Ziegelbrücke, der durch aufgetragenen Putz lediglich der äußere Anschein von Sandsteinquadern gegeben wurde.²¹⁸ In Ulm verzichtete Schickard u. a. deshalb darauf, eine Steinbrücke über die Donau zu empfehlen, „sonderlich weil die Werckhstuckh zu Ulm Schwerlich zubekommen ... ein Übermäßigen grossen Uncosten erfordern“ würden.²¹⁹

Auch bei der Nutzung der Steinbrüche kommt die ordnende, regulierende Kraft des Bauamtes zum Tragen. An der Spitze der Aufsicht über die Steinbrüche der Stadt standen zwei verordnete Bergherren, von denen einer meist gleichzeitig der Ratsbaumeister war. 1546 erließen die verordneten Bergherren „Des Kornberger Steinbruchs Berggerichtsgesetze“²²⁰ mit der Ordnung des Berggerichts. Die „Amtleute zu den Steinen“ unterstanden dem Ratsbaumeister und mussten mindestens zweimal pro Woche in den Steinbrüchen die Arbeiten und den ordnungsgemäßen Verkauf der Steine kontrollieren und „die Steinbrecher hatten ausschließlich nach Nürnberg zu liefern und wurden deshalb vom Baumeister jährlich vereidigt“²²¹.

Kalk

Ebenso war der Kalkhandel strikt reguliert. Die Reichsstadt ließ bei Leinburg zwei Kalköfen betreiben, die den am Moritzberg gewonnenen Kalk verarbeiteten. Der Kalk durfte nicht außerhalb der Stadt erworben und nicht in der Stadt gespeichert werden. Außerdem verfügte ab 1595 die Reichsstadt selbst über 2 Kalköfen. Der für den Eigenverbrauch eingelagerte Kalk wurde dort mit Genehmigung des Baumeisters auch an die Allgemeinheit verkauft, wozu dem rst. Bauamt zwei Kalkmesser unterstanden.²²² Der massive Holzbedarf zum Brennen des Kalkes ließ bei wachsender Holzknappheit auch die Kalkpreise steigen. Den für die Herstellung des Mörtels notwendigen Sand bezogen die Nürnberger von sogenannten Kärren, die meist im Süden der Stadt oder in den Niederungen der Pegnitz gelegene, eigene Sandgruben hatten, die mindestens 15 m von einer befestigten Straße entfernt sein mussten.²²³

III. 3.3 Nürnberger Normsystem für Natursteine

Eine Normung der Abmessungen für Natursteine vereinfacht nicht nur die Organisation, die Abrechnung und Bezahlung, sondern gleichzeitig können Normsteine auch bautechnisch bedeutsam sein, weil genormte Steine auch die Güte der Verbände des Mauerwerks beeinflussen.

Die in den Nürnberger Steinbrüchen gebrochenen Steine hatten ein vorgeschriebenes Format (Tab. III-4 und Abb. III-31) und wurden den Steinbrechern nach einem einheitlichen, vom Rat festgelegten Tarif bezahlt, der auch die Transportkosten – gestaffelt nach den unterschiedlichen

²¹⁸ Eine Information des Tiefbauamtes Augsburg. Nach Mislin (1997), S. 289 ist sie die einzige Brücke in Deutschland und Europa, die nach dem Konzept Palladios für die Rialtobrücke errichtet wurde.

²¹⁹ StadtAU: A[3032] fol. 169. In Berlin wurde beispielsweise die erste Steinbrücke, die Schlossbrücke, erst 1824 erbaut.

²²⁰ Geiger (1918), S. 153 -163, beschreibt diese Ordnung des Berggerichts, die z. B. betrifft: Besetzung des Berggerichts, Pflichten über die Ausstattung mit Gerät, Verkaufsregelungen, Ordnung der Lehrknechte, Ordnung der verkauften Steine, Ordnung der Rechnungen und Mahlzeiten, Arbeitszeiten.

²²¹ Fleischmann (1985), S. 182.

²²² Siehe Diefenbacher, Endres (2000), S. 514.

²²³ Siehe Fleischmann (1985), S. 180, 186.

Entfernungen der Steinbrüche – mit einbezog.²²⁴ Das Nürnberger Maßsystem baute auf dem Nürnberger Stadtschuh oder –fuß mit einer Länge von 0,3038 m auf.²²⁵ Ein Schuh wurde unterteilt in 12 Zoll.

Bezeichnung	Länge [Schuh]	Breite [Schuh]	Höhe [Schuh]
Schuhiges Stück	3	1	1,5
Quader	3	1,5	1,5
Parvant	3	2	1,5
Langer Parvant	4	1,5	1,5
Halbstück	4	2	1,5
Pfeiler	2	2	1,5
Pfeilerstück	2,5	2,5	1,5
Pfeilerstück	3	2,5	1,5
Großes Pfeilerstück	3	3	1,5

Alle Normsteine der vorliegenden Quelle von 1533 mit neun namentlich unterschiedenen Normsteinen haben eine gemeinsame Seite von 1,5 Schuh (genannt Höhe). Die Normmaße bewegen sich zwischen einem und vier Schuh.

Tab. III-4: Abmessungen für Normsteine nach Fleischmann 1985, S. 184, Tabelle 12



Abb. III-31: Größenproportionen der Nürnberger Normmaße für Naturstein. Von links nach rechts entsprechend der obigen Tabelle von oben nach unten (Aufstandsfläche Breite x Länge). Zuschnitt und Foto C. Kaiser

Die Normung ist so aufgebaut, dass untereinander sehr viele Normsteine jeweils bei gleicher Höhe noch eine weitere Seite (also eine Fläche) gemeinsam haben. Dabei ist die Unterscheidung zu der nicht gemeinsamen Seite immer in Stufen von einem halben Schuh. Es gibt wenige Kombinationen, bei denen die Verdopplung eines Normsteines einem anderen entspricht oder wo sich aus zwei Normsteinen ein Dritter ergibt (Abb. III-32). Das Normsystem entspricht also keinem Baukastensystem. Doch lässt sich wegen der vielen gleichen Flächen bei verschiedenen Normsteinen in der Ansicht gleichmäßiges Mauerwerk herstellen bei unterschiedlich tiefer Einbindung in das Mauerwerk.

²²⁴ Siehe Fleischmann (1985), S. 183.

²²⁵ Abweichend zum Stadtschuh, -fuß gab es noch den kleineren Nürnberger Werkschuh, der speziell beim Hausbau verwendet wurde. Den Steinmetzen, Zimmerleuten und Werkleute wurde 1482 vorgeschrieben, ihre Werke nur noch nach dem Stadtschuh zu bauen. In StAN: Rst. Nbg. Ratsbuch 3, fol. 179 – Eingelassen in das Sandsteinmauerwerk des nördlichen Strebepfeilers an der Westseite des Nordturmes von St. Lorenz befindet sich ein eiserner Maßstab mit aufgekanteten Endigungen und einer mittigen Markierung. Der Stab hat eine Länge von 167,04 cm, das sind 6 Nürnberger Werkschuh mit je 27,84 cm, siehe Stolz (1978), S. 3/4.

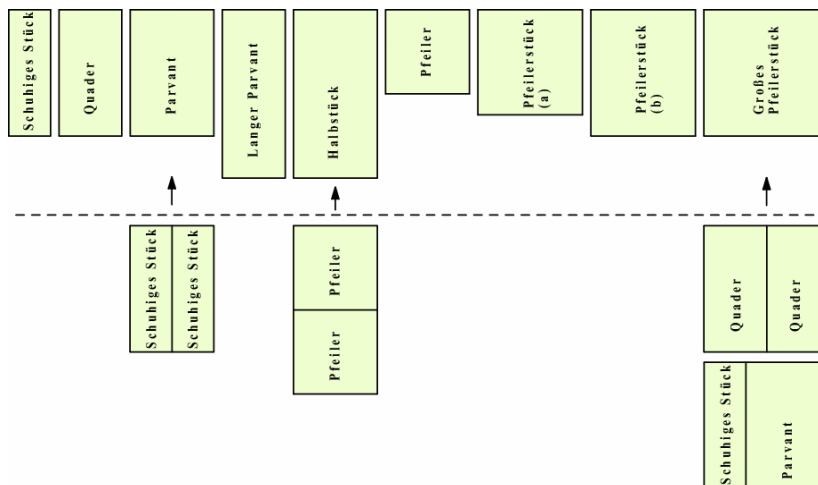


Abb. III-32: Nürnberger Normsystem für Natursteine, visualisiert nach Tabelle III-4

Von einem Steinquader verlangt man bestimmte Ausmaße, die notwendig sind, um einen guten Verband zu erzielen. Die Ausmaße bestimmen sich im Wesentlichen aus der Härte und aus der Druckfestigkeit des verwendeten Steinmaterials. Für Weichgesteine wie Sandstein, Kalkstein, Marmor, Tuff wäre ein Verhältnis von Höhe zur Breite zur Länge wie 1 : 1 : 3 oder 1 : 1,5 : 3 richtig.²²⁶ Letzteres erfüllt bei der Nürnberger Normung der Quader mit 1,5 : 1,5 : 3 am ehesten, der im übrigen bei den Nürnbergern aus Kostengründen der am häufigsten verbaute Stein war.²²⁷ Es kann aber auch der Beleg dafür sein, dass die Baumeister ihn für einen guten Verband besonders geeignet hielten.

Einfluss auf die Abmessungen der Normmaße und Verwendung der Steine dürfte das Gewicht gehabt haben. Bei einem Sandsteingewicht von 2,7 t/m³ (ausgehend vom Nürnberger Stadtschuh) ergeben sich Steingewichte für den leichtesten Stein, das Schuhige Stück, von 340 kg und den schwersten von rund 1 Tonne, während der häufig verwendete Quader bei rund einer halben Tonne lag.

Die Tab. III-5 für Normsteine benennt zusätzlich drei weitere, längere Steine.²²⁸ Die längsten von 5,5 Schuh zur Verwendung bei Stürzen liegen gewichtsmäßig auch bei einer halben Tonne.

Bezeichnung	Länge [Schuh]	Breite in [Schuh]	Höhe in [Schuh]
Bander Stück	3,5	2	1,5
Quadriga Stürzen	5,5	1,5	1,5
Schuhige Stürzen oder Bänken	5,5	2	1,5

Tab. III-5: Darstellung weiterer, in Tabelle III-4 nicht aufgeführter Normsteine. Nach Stolz (1991), S. 31

Inwieweit sich Steine in Normgrößen vor Ort an der Fleischbrücke nachweisen lassen, wird in Kap. III. 2, Bau- und Schadensaufnahme angesprochen.

Im „Wahrhaftigen Bericht und Verzeichnis aller Pfähle“ werden folgende Steinzeichnungen angesprochen: kleine und große Quader, lange und halbe Stücke, große und kleine Stücke, große und kleine Pfeiler und Kornburger Lange.

²²⁶ Siehe Pechwitz (1942), S. 5.

²²⁷ Siehe Fleischmann (1984), S. 183.

III. 4 Ponte di Rialto

III. 4.1 Errichtung des Ponte di Rialto

Den Canale Grande in Venedig querte im 16. Jh. noch immer keine Steinbrücke, sondern eine Holzbrücke von 1432 verband die beiden Quartiere San Marco und San Paulo. Sie war mit ihrem Klapp- und Zugmechanismus geeignet, um die großen Gewürzgaleeren zu den Handelshäusern vorbeizulassen. Da sich der Entwurfsprozess der Rialto-Brücke fast über das ganze 16. Jh. erstreckte, sind die namhaftesten Architekten und Künstler, die größten Talente der Architektur der Renaissance mit eingereichten Entwürfen vertreten: Fra Giocondo (mit einem Entwurf von 1513), Michelangelo Buonarroti (* 1475, † 1564), Jacopo Sansovino (* 1486, † 1570), Andrea Palladio, Giacomo Barozzi Vignola (* 1507, † 1573) und Vincenzo Scamozzi (* 1552, † 1616). Im Wettbewerbsverfahren 1587/88 setzt sich letztlich Antonio da Ponte (* um 1512, † 1597) gegen seine Mitstreiter durch und vollendet den Bau 1591.²²⁹

Nürnberg unterhielt rege Handelsbeziehungen zu Venedig. „Die >Venedische Arma<, der Markuslöwe wurde an Nürnberger Häusern angebracht, deren Besitzer vorzugsweise mit Venedig Handel trieben. Die Verfassung der Reichsstadt war der venezianischen nachgebildet. Gebürtige Venezianer gingen im 16. Jahrhundert nach Nürnberg und zählten hier bald zu den reichsten Kaufleuten, die Viatis, Odescalchi und Torrisani. Riesige Umsätze wurden von den Deutschen in Venedig getätigt.“²³⁰

Das Fondaco dei Tedesci, das Handelshaus der Deutschen, stand unweit der Rialto-Brücke und der aus Venedig stammende Kaufmann Bartholomäus Viatis (* 1538, † 1624) errang eine Schlüsselstellung im Nürnberger Handel. Sein Haus lag in der Nähe der Fleischbrücke in unmittelbarer Nähe der Barfüßerbrücke.²³¹ So konnten die Baumeister des 1. Bauamtes in Nürnberg sicher die wesentlichen Abmessungen der Rialto-Brücke erfahren: Breite, Länge und Stichverhältnis. Man darf mit Sicherheit annehmen, dass sie um die Probleme der Gründung im sumpfigen Grund des Canale Grande wussten und um die Probleme, die bei der Gründung die vorhandenen anliegenden Bauten verursachten.

Gerade weil der Frage nach dem Vorbildcharakter der Fleischbrücke nachgegangen wird, interessiert, welche Detailkenntnisse über die Rialto-Brücke die Baumeister der Fleischbrücke im Rahmen eines möglichen Technologietransfers hätten haben können, als sie 4 Jahre nach deren Fertigstellung auch vor der Herausforderung einer Steinbogenbrücke ähnlicher Spannweite standen. Darüber können Modelle der Rialto-Brücke – in Holz und auf dem Papier – Auskunft geben. Die Unterschiede oder Ähnlichkeiten zu denen der Fleischbrücke mögen die Frage beantworten helfen, ob die Baumeister der Fleischbrücke diese Pläne wohl kannten. In Folgenden werden die Informationen zusammengestellt (zum Vergleich der Pläne mit denen der Fleischbrücke siehe in Kap. IV. 1.2.4, S. 95 und in Kap. V. 2, S. 245).

²²⁸ Siehe Stolz (1991), S. 31, jedoch ohne Ausweisung der Quelle.

²²⁹ Vgl. Graf (2002), S. 54/55 – Brown (1994), S. 36/37 – Straub (1992), S. 122 – Heinrich (1979) S. 91-95 – Miozzi (1935), S. 450-464.

²³⁰ Veit (1960), S. 11.

²³¹ Vgl. Pfeiffer (1970), S. 57.

III. 4.2 Modell des Ponte di Rialto in Grünsberg, Altdorf bei Nürnberg

Modelle aus Holz waren in der Renaissance südlich und nördlich der Alpen als Entwürfe für Großbauten wie Kirchen, Palazzi oder Festungen weit verbreitet und sind relativ häufig bis heute erhalten. Von Modellen für Brücken existiert nur noch das des Ponte di Rialto in Schloss Grünsberg, das sich in der Familie der Freiherren Stromer von Reichenbach erhalten hat (Abb. III-33). Es handelt sich um ein zum Teil zerlegbares Holzmodell im Maßstab ca. 1:100 in einem metallenen, schiefergrauen Transportkasten mit herausnehmbarem, hölzernen Lehrgerüst (Transportkasten l x b x h = 76 x 29 x 39).²³² Auf dem vorderen Deckel des Transportkastens ist etwa in halber Größe die Ansicht des Modells mit Bleiweiß abgezeichnet. Das Brückengewölbe bildet beim Modell ebenso wie bei der Brücke selbst etwa einen Viertelkreis. Erkennbar am Modell und auf der Zeichnung des Kastens ist die schräge Orientierung der Steine im beginnenden Widerlagerbereich. Dem Modell fehlen die drei seitlichen Zugangstreppen und der Figurenschmuck der Stirnseiten.

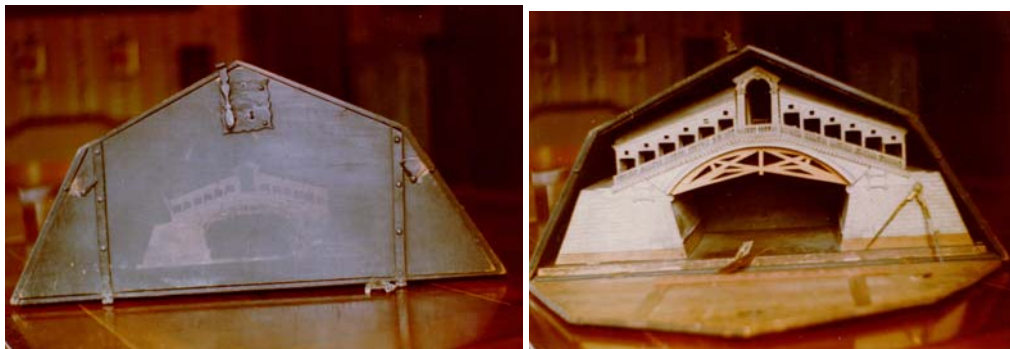


Abb. III-33: Transportkasten und Modell des Ponte di Rialto in Schloss Grünsberg. Foto: Nachlass Stromer

Laut W. v. Stromer gelangte es „*offenbar*“ in Hände des Ratsbaumeisters Stromer wie auch Profilzeichnungen zweier florentinischen Brückenentwürfe im Baumeisterbuch.²³³ Es sei „*anscheinend jenes Modell, mit dem Antonio da Ponte 1587 in Venedig den Wettbewerb gewonnen hatte*“.²³⁴

Bei Autoren, die sich auf W. v. Stromer beziehen, liest es sich – ohne den Zusatz „*offenbar*“:

- Man benutze das Modell der Rialtobrücke während des Entwurfsprozesses²³⁵,
- es ist das Modell da Pontes.²³⁶

Belege dafür, wann und wie es in Stromers Hände geriet, liefert W. v. Stromer nicht. In den italienischen Abhandlungen über die Rialtobrücke wird dieses Modell aus Grünsberg nicht ab-

²³² Es ist jetzt in der Stiftung zu besichtigen. Noch 2002 befand es sich in einem Zustand, der dringend eine Restaurierung erforderlich macht. Der Kasten klemmte und das herausnehmbare Lehrgerüst war teilweise beschädigt.

²³³ Siehe Stromer (1988), S. 163.

²³⁴ Stromer (1997), S. 174, hier wird ein anderes Jahr genannt: „Offenbar auf solchem Wege kam ein zerlegbares Modell des Ponte di Rialto im Maßstab 1:100 in einem besonderen Transportkasten in Stromers Hände ... Den Umständen nach handelt es sich um jenes Modell, mit dem Antonio da Ponte im Januar 1588 in Venedig den Wettbewerb gewonnen hatte ...“, siehe S. 175, Abb. 4 und 5.

²³⁵ Siehe, Falter, Bögle (1998), S. 47.

²³⁶ Siehe Hoff (1998), S. 66.

gebildet. Ob es tatsächlich schon beim Bau der Fleischbrücke zur Verfügung stand, ob es tatsächlich das Modell da Pontes war, bleibt in den Augen der Verfasserin offen.²³⁷

III. 4.3 Akten- und Planlage zur Konstruktion der Rialto-Brücke

Die Aktenlage im Archivio di Stato, Venezia (ASV), über die Wettbewerbseingänge zur Rialto-Brücke ist sehr umfangreich.²³⁸ Um die Planzeichnungen, die ehemals zu den Wettbewerbsgutachten gehörten, ist es schlechter bestellt als um die Akten. Von Michelangelo ist keine Zeichnung erhalten. Von Palladio finden sich ein Entwurf in den *Quattro Libri* und ein Entwurf in Vincenza, Museo Civico, von Scamozzis Entwürfen ein Entwurf in London, Royal Institut of British Architects (RIBA) ansonsten nur Nachzeichnungen als Holzschnitte.²³⁹

Von den Plänen im Archivio di Stato zum Kontext der *Provveditori* über das Wettbewerbsverfahren zeigen insgesamt nur 11 einen Bogenlängsschnitt, insgesamt sind viele Grundrisse der anschließenden Bebauung oder Varianten für die Anordnung der Läden dabei. Alle Zeichnungen sind in brauner Tusche, teilweise in bräunlichem Ton koloriert und manche mit einer Skala versehen, meist in *passi* (Schritt) mit einer Feinunterteilung von einem *Passi* in fünf *piedi* (Fuß). Auf Grund der Skala lassen sich zwei Pläne ausmachen, die für einen Entwurf zur Rialto-Brücke eine zu geringe Spannweite haben. Aus welchen Gründen sie in der entsprechenden Schatulle landeten, ist nicht bekannt. Jedenfalls ist die Planlage wesentlich dürtiger als bei der Fleischbrücke: Von Plänen mit massiven Wasserschäden existieren Nachzeichnungen.

Von den Entwurfsplänen zur Rialto-Brücke wird im Folgenden nur eine bestimmte Auswahl diskutiert. Es geht in der Auseinandersetzung nur um Entwürfe, die etwa den Bogen als Dreiteilsegment zeigen – flachere sind nicht enthalten in dem Konvolut – und sich mit der Gründung und dem Steinschnitt beschäftigen.

Für diese Betrachtungen kommen acht Pläne in Frage.²⁴⁰ Sieben davon sind aus der Schachtel zum Konvolut „*Provveditori alla Fabbrica del Ponte di Rialto*“ im ASV. Die wenigen weiteren Brückenlängsschnitte zeigen entweder nicht die Rialto-Brücke, sind Halbkreisentwürfe oder beschäftigen sich eher mit den Aufbauten und der Anschlussbebauung mit der Ausführung der Gründung oder des Steinschnitts. Ein weiterer interessanter Plan stammt aus einer Handschrift in der Bibliothek Marciana, Venedig (BMV). In dieser Handschrift sind zwei weitere Entwurfspläne – laut dem entsprechenden Findemittel – Pläne der Rialto-Brücke, doch stellen sie nicht die Rialto-Brücke dar.²⁴¹ Die Gestaltungselemente, auch die angegebenen Abmessungen entsprechen

²³⁷ Siehe Cessi, Alberti (1934) – Miozzi (1935) – Zorzi (1967) – Calabi, Moraschiello (1987) – Bisà, Masobello (1991) – Vgl. Reuther, Berckenhagen (1994), S. 113-115, hier ist ein Brief W. v. Stromers zu diesem Modell abgedruckt, der aber auch keine genaueren Daten enthält. Akten über den Erwerb dieses Modells durch den Ratsbaumeister konnten seitens der Verfasserin nicht nachgewiesen werden.

²³⁸ Die meisten Akten in ASV: *Provveditori alla Fabbrica della Ponte di Rialto*. Weitere siehe im ASV, Findemittel *Indice 270*, Prefacine S. 2 von Dott. Giustiniana Colasanti, Migliardi O’Riordan. Transkriptionen bei Cessi, Alberti (1934) – Zorzi (1967). Bisà, Masobello (1991) berichten über die Sanierung und bieten eine Chronologie der Brücke.

²³⁹ Als Abbildungen in Zorzi (1967), Palladios Entwurf in Vincenza als Abb. 237, 238, Scamozzis Entwurf in London als Abb. 246, die Holzschnitte Abb. 248, 249.

²⁴⁰ ASV: *Provveditori alla Fabbrica del Ponte di Rialto*, disegno 1, 2, 3, 7, 11, 12 und BNM: Ms. It. VII, 295 (10047), S. 5/6.

²⁴¹ BNM: Ms. It. VII, 295 (10047), S. 7, unsignierter, undatiertes einbogiger Entwurf, der halbseitig die Ausgestaltung der Brücke mit Obelisk, Löwenköpfen am profilierten Bogen und einer aufgelösten Steinbrüstung zeigt, als gestrichelte Linie des Intrados zum Halbkreis verlängert. Die Fundamente und Pfahlgründung sind nicht dargestellt. Obwohl in dem Content zur Rialto-Brücke zeigt diese Brücke nicht die Rialto-Brücke, sondern die *Ponte della Guglie*, wie auch Prof. Ruggero Maschio (Univ. Padua) 1980 in dem *Inventario* zu diesem Plan handschriftlich vermerkt.

nicht der Rialtobrücke, sondern der Ponte della Guglie. Da diese aber 1580 in einem Seitenarm des Canale neu erbaut wurde, mag sie mit ihrem flachen Bogen als Experiment bei der Wahl des Bogens für die Rialtobrücke in Frage gekommen sein.

Nur einer der acht Pläne ist datiert, aber vier sind signiert von Dionisio Boldi aus Bresciano (zwei Pläne), Cesare Franco vom 16. August 1588 und Giacomo di Guberni. Ein weiterer wurde – mit Fragezeichen versehen – von Calabri, Morachiello (1987, dort Abb. 96) Francesco Zamberlan zugeschrieben, der auch als Gutachter im Wettbewerb 1587/1588 tätig war.

III. 4.4 Statisch-konstruktive Inhalte der Entwürfe zum Ponte di Rialto

Dreistufige Gründung

Dionisio Boldi zeigt neben dem getrepten Fundament in drei Stufen in einem Entwurf einen Kreissegmentbogen gleicher Stärke aus einer Steinreihe, der bis in die erste flusseitige Fundamentstufe verlängert hineingemauert ist (Abb. III-34). Im Alternativentwurf zeichnet er einen Korbbogen, bei dem abzweigend vom ersten verlängerten Bogen ein zweiter Bogenabschnitt ein Stück in Richtung der 2. Fundamentabstufung weitergeführt wird (Abb. III-35). Das Weiterzeichnen des Bogens gleicher Stärke bis zum vollendeten Halbkreis ist ein typisches Merkmal auch bei anderen Plänen.

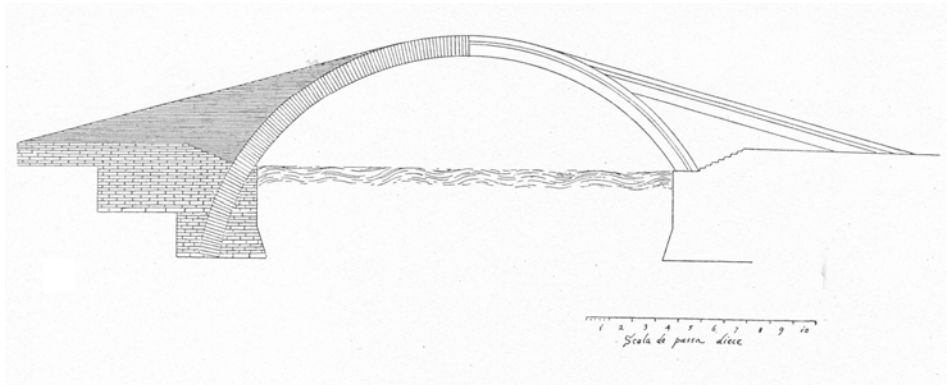


Abb. III-34: Entwurf Boldis. Original 56 x 43 cm. In ASV: Provveditori alla Fabbrica del Ponte di Rialto, disegno 2. Nachzeichnung erstmals durch Cessi, Alberti (1934)

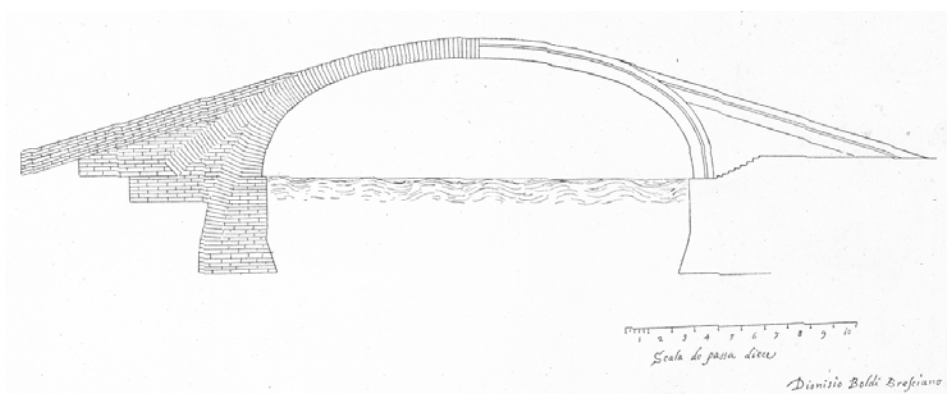


Abb. III-35: Korbbogenentwurf Entwurf Boldis. Original 56 x 42,5 cm. In ASV: Provveditori alla Fabbrica del Ponte di Rialto, disegno 3. Nachzeichnung erstmals von Cessi, Alberti (1934)

Bis auf den Entwurf von Giacomo di Guberni (disegno 1) bieten alle Pläne ein in meist drei Stufen getrepptes Fundament an. Die erste, flussseitig gelegene Stufe hat jeweils meist die größte Breite. Die Pfahlreihen sind – soweit dargestellt – Pfahl an Pfahl mit gleicher Pfahllänge gezeichnet. Zwischen Hauptpfählen und Füllpfählen wird nicht unterschieden. Es erfolgt auch keine Darstellung des Pfahlrostes im Grundriss oder in räumlicher Darstellung.

Unterschiedliche Materialien und Steingrößen für Bogen und Hintermauerung

Es ist in den Plänen zwischen dem eigentlichen Bogen und der Hintermauerung unterschieden, deren Steine wesentlich kleinere Formate haben. Die Richtung der Steine der Hintermauerung wird thematisiert. So finden sich nicht nur horizontale Hintermauerungen, sondern auch radial angeordnete oder parallel zur Straßenoberfläche gemauerte Schichten. Ein Plan zeigt diese Schichten unterbrochen durch senkrecht zur Straßenoberfläche gemauerte Schichten, als wolle der Konstrukteur neben dem Verband im Kleinen eine Verzahnung im Großen erreichen (Abb. III-36).

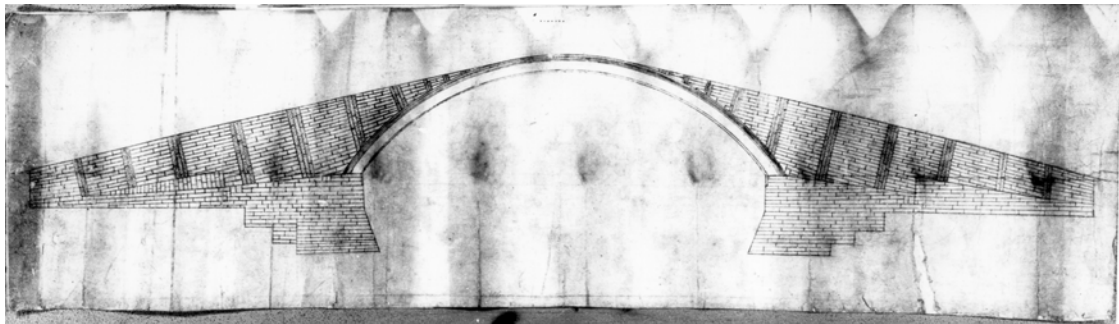


Abb. III-36: Entwurf zur Rialtobrücke. Undatiert, unsigniert, 75,5 x 20 cm. In ASV: Provveditori alla Fabbrica del Ponte di Rialto, disegno 6

Variantenstudium durch Darstellung von Alternativlösungen rechts/links

Der Gutachter Cesare Franks vergleicht eine getreppte Pfahlgründung mit einer Pfahlgründung unter horizontaler Sohle (Abb. III-37) und zeigt sich verbreiternde radiale Steinschichten des Bogens zu den Widerlagern hin, die auf Höhe der Wasserlinie in horizontale Schichten des Bogens übergehen. Die Ausrichtung der Steine im Fundament oder in der Hintermauerung – alternativ links/rechts verschieden dargestellt – ist das häufigste Thema bei den Variantenstudien innerhalb einer Zeichnung.

Eine ähnliche Studie findet sich in Abb. III-38, bei der die Pfahlgründung nebst flussseitigen Spundwänden auf beiden Seiten gleich, wohl aber die Orientierung der Steine variiert dargestellt ist.²⁴² Der nur lückenhaft lesbare Text deutet auf eine gutachterliche Bewertung hin, ist aber wegen der nur bruchstückhaften Übersetzung in seiner Gesamtheit nicht interpretierbar. *„Außerdem sehe ich, dass alle Steine dieses Bogens, dass alle Maße dieser Steine frei in Richtung Zentrum ausgerichtet werden müssen, und schnell wird sich der eine mit dem anderen verbinden, für die größte Stabilität. Ich spreche von dieser Mauerung in den Bögen [?.] falls diesem Bogen eine Veränderung widerfährt durch die Verschiebung des Fundamentes oder*

²⁴² Vgl. Calabi; Morachiello (1987), Abb. 96. Die Bildunterschrift enthält eine mit Fragezeichen versehene Zuschreibung des Plans zu Francesco Zamberlan.

durch die Gewalt eines Erdbebens oder anderer Vorfälle. Aber Verzeihung, wir sind ja hier bei modernen Architekten, die nicht mehr viel von so etwas wissen.“²⁴³

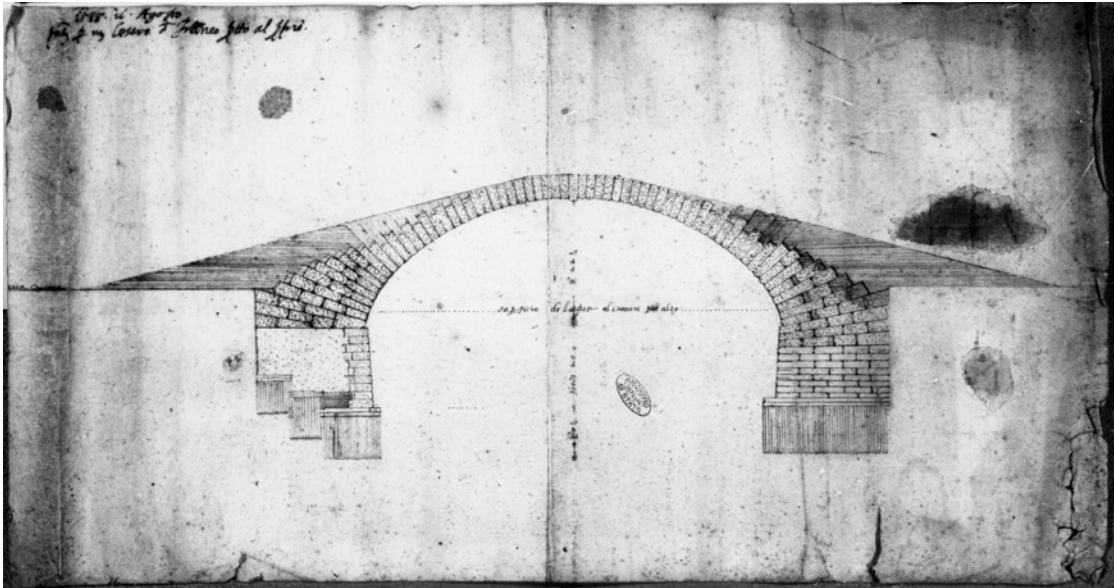


Abb. III-37: Entwurfsplan für die Rialto-Brücke von Cesare Franks, 16. August 1588, 41,4 x 21,2 cm. In ASV: Provveditori alla Fabbrica del Ponte di Rialto, disegno 7

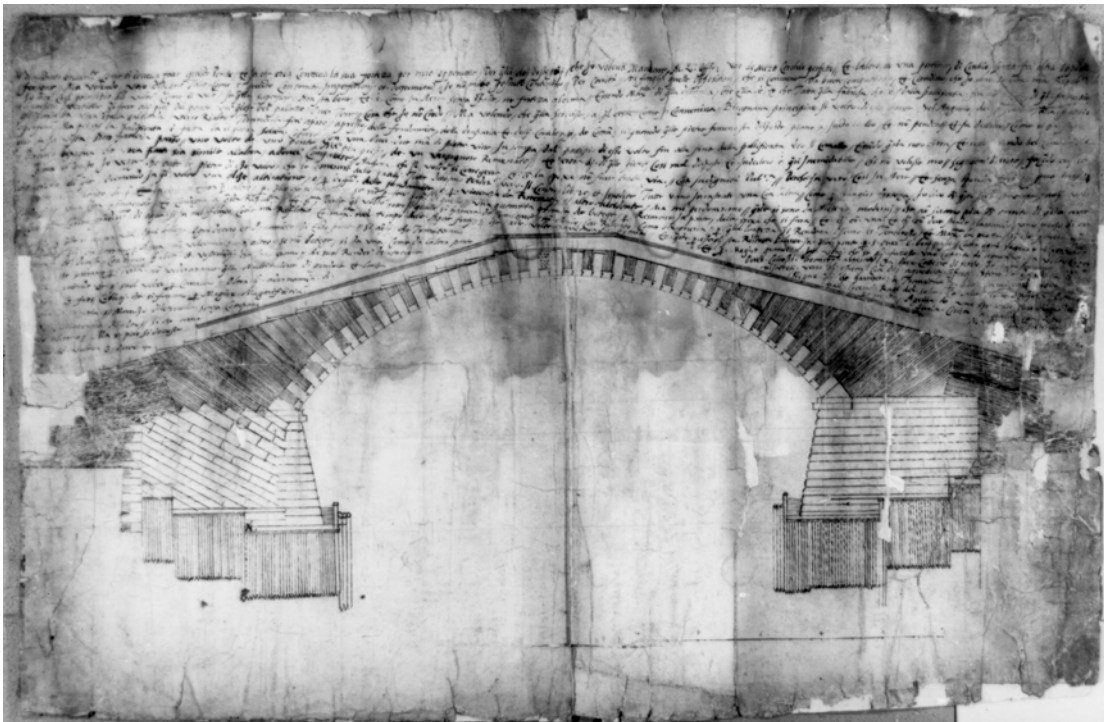


Abb. III-38: Entwurf für die Rialto-Brücke. Undatiert, unsigniert (Francesco Zamberlan ?) 74,6 x 49,5 cm. In: ASV: Provveditori alla Fabbrica del Ponte di Rialto, disegno 11

²⁴³ Übersetzung einer Textpassage des Beitemtextes aus dem Italienischen zu Abb. III-38 durch Anna Lent.

Gezeichneter Rissverlauf

Besonders interessant ist in dem Plan der Handschrift in der Biblioteca Marciana (Abb. III-39), dass auf der rechten Fundamentseite eine rot gezeichnete Linie bestimmten Fugenverläufen folgt. In einer Debatte oder Diskussion um die Orientierung der Steine könnte der Zeichner angedeutet haben, dass dem radialen Fugenverlauf der Vorzug zu geben sei, weil der Bogenschub nicht so leicht das Fundament abscheren könnte – im Gegensatz zu dem horizontal gemauerten Fundament auf der linken Seite, wo ein Abscheren auf ebener Fläche möglich wäre (ohne eine entsprechende Linie in Zick-Zack-Form). Die gleiche Argumentation würde auch für die Aufmauerung gelten.

Mislin schreibt ohne nähere Erläuterung die Zeichnung nach Abb. III-39 da Ponte zu.²⁴⁴ Die Handschrift Ms. It. VII, 295 (10047), in der sich dieser Plan befindet, ist kein zusammenhängender Textband, sondern es sind Archivalien, die zusammengefügt, eingeklebt und nachträglich in Bleistift nummeriert wurden – nebst zwei weiteren Brückenzeichnungen (siehe Anm. 241, S. 72). Im Findmittel der BNM ist der Plan Seite 5/6 nicht da Ponte zugeschrieben, wohl aber sind in der Handschrift ein weiteres Schriftstück von da Ponte zum Palast Ducale von 1580 und auch ein Plan „*Dissegno della pregoni di S. Marco*“ der Meister Antonio dal Ponte und Zan Maria dai Piombi.²⁴⁵

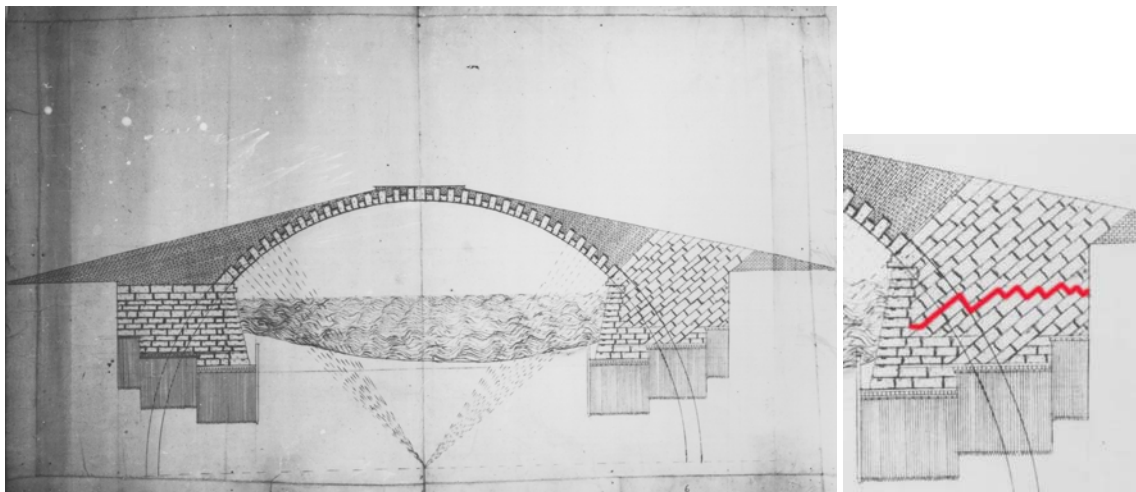


Abb. III-39: Entwurf für den Ponte di Rialto. Undatiert, unsigniert, 77 x 49,5 cm. In BNM: Ms. It. VII, 295 (10047), Seite 5/6. Im Detail Nachzeichnung der roten Linie

In Richtung Flussmitte verbreiterte Fundamente

Auffallend bei den bislang diskutierten Plänen ist, dass die Baumeister versuchen, unterhalb der Wasserlinie das Fundament am Bogenende nicht vertikal abzumauern, sondern die Fundamente zum Fluss hin zu verbreitern, so dass optisch im Längsschnitt sich ein Oval anzudeuten beginnt, wie die angefangene Fortsetzung des Bogens als Negativbild im Fundamentbereich.²⁴⁶

Ganz extrem zeigt ein Plan eine erste „Fundamentsohle“ mit Pfählen direkt nach innen versetzt im Kanalbett liegend, ohne Verbindung zum Bogentragwerk, so dass von Fundament nicht ge-

²⁴⁴ Siehe Mislin (1997), S. 288.

²⁴⁵ Siehe Findmittel in BNM: Zorzanollo (1956).

²⁴⁶ Auch bei den hier nicht diskutierten Plänen aus den Provveditori ist dies zu beobachten.

sprochenen werden kann, möglicherweise als Maßnahme gegen Grundbruch gedacht (Abb. III-40). Es kann auch ursprünglich eine Verbindung zum Bogen in der Zeichnung dargestellt gewesen sein, da die Fläche unterhalb des Segmentbogens bis zur Gründung in der Zeichnung entfernt ist.

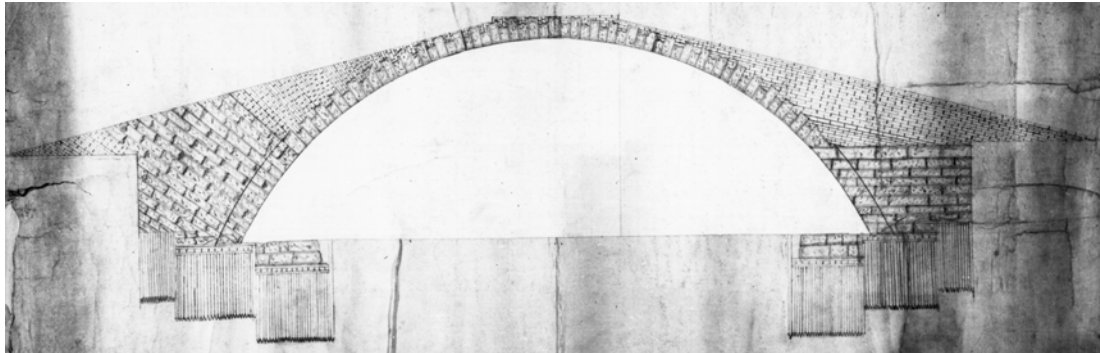


Abb. III-40: Entwurf zur Rialto-Brücke. Undatiert, unsigniert, Ausschnitt, Original 76,3 x 58,9 cm. In ASV: Provveditori alla Fabbrica del Ponte di Rialto, disegno 12

Statisch-konstruktive Lösung da Pontes

Eine Zeichnung, die von italienischen Autoren da Ponte zugeschrieben wird, zeigt keinen Längsschnitt mit den entsprechenden Gründungsdetails oder der Orientierung der Steine. Der Bogen ist in der Ansicht bei gleichzeitiger Aufsicht auf die Brücke zu sehen, wodurch die Läden auf der Brücke quasi wie in einem Grundriss sichtbar sind. Die anschließende Bebauung ist in der Ansicht dargestellt. Der Übergang mit Treppen vor der Brücke zum Fluss ist ähnlich dargestellt, wie tatsächlich ausgeführt (Abb. III-41).²⁴⁷

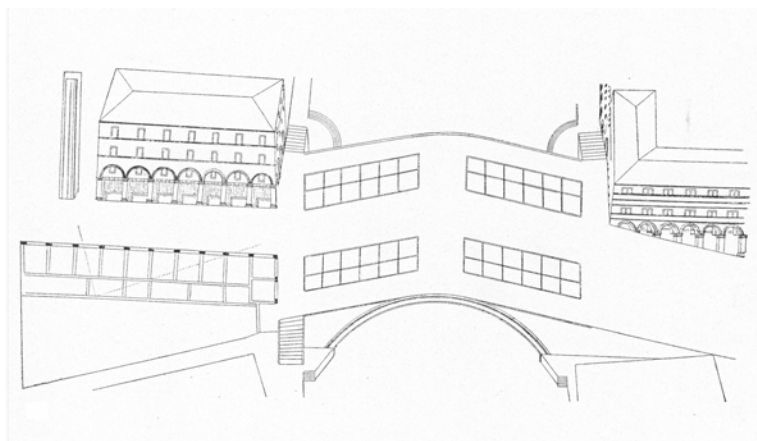


Abb. III-41: Zeichnung da Ponte zugeschrieben. Original 112,5 x 43,7 cm. In ASV: Provveditori alla Fabbrica della Ponte di Rialto, Disegno 10. Nachzeichnung erstmals durch Cessi; Alberti (1934)

In der Literatur besteht kein Zweifel an dem Vorgehen da Pontes. „*Er wählte ein Fundament in drei Höhenstufen, radial ausgerichtete Hintermauerung aus kleinformatigeren Backsteinziegeln und orientierte auch im Widerlager die Steine schräg.*“²⁴⁸

Die dargelegten Beispiele von unterschiedlichen Konstrukteuren zeigen, dass da Pontes Lösung für die von ihm gewählte radiale Hintermauerung und schräge Orientierung der Bogensteine bis in die

Widerlager hinein Thema in

²⁴⁷ ASV: Provveditori alla Fabbrica della Ponte di Rialto, Disegno 10. Dieser ist von Cessi, Alberti (1934) nachgezeichnet und laut Zorzi (1967) sowie Calabri, Morachiello (1987) da Ponte zugeschrieben.

²⁴⁸ Brown (1994), S. 37. In Browns Darstellung der Rialto-Brücke enden die Fundamente flussseitig vertikal und verbreitern sich nicht nach unten in Richtung der Flussmitte, wie es bei den gezeigten Plänen typisch war.

unterschiedlichen Entwurfsplänen des Wettbewerbs war – unabhängig davon, ob die Zeichnung nach Abb. III-39, S. 76 auch von da Ponte stammt. So scheint diese Lösung nicht einzig allein sein Gedankengut gewesen zu sein, sondern es entstanden auch in Venedig Lösungen durch eine Analyse mittels der Zeichnung und durch den Austausch, der mit einem Wettbewerbsverfahren unter den Baumeistern zustande kam.

III. 5 Zusammenfassung: Historischer Kontext

Nürnberg war dank seiner Quarzit gebundenen Sandsteinvorkommen im Kornberg des Wendelsteiner Höhenzuges und der städtisch betriebenen Kalköfen von der Materialseite her bestens gerüstet, sich auf ein entsprechend großes Bauwerk aus Sandsteinmauerwerk einzulassen. Für die Beschaffung der Gründungspfähle und –roste und für das hölzerne Lehrgerüst standen die Holzvorkommen in den nahe gelegenen Reichswäldern zur Verfügung. Detaillierte Erfahrung in der Beschaffung, der Verwaltung, dem Transport und der Nutzung der Rohstoffe innerhalb eines straff hierarchisch strukturierten, rst. Bauamtes mit einem System geschworener Meister garantierte die Qualitätssicherung für das Bauwesen, die sich u. a. durch ein Normsystem für Natursteine, vielfältige Kontrollen und jährliche Vereidigungen der Meister auszeichnete (Abb. III-42).



Abb. III-42: Überblicksskizze zum Steinbrückenbau in Nürnberg am Ende des 16. Jh.

Das finanzielle Rückgrat für ein öffentliches Bauwerk dieser Größenordnung war ebenfalls für die Reichsstadt gegeben, die es – als technisch innovativ bekannt – sicherlich auch aus Prestige-Gründen anstrebte, im Bauwesen ihre führende Stellung in Europa zu unterstreichen.

Während in der Zeit bis zur Renaissance der Steinbrückenbau sich zu größeren Spannweiten hin entwickelt, ansonsten eher eine Stagnation in der Weiterentwicklung der Bautechnik der römischen Brücken vorliegt, entstehen in der Renaissance flachere Bogenformen vor allem in Italien. Einhergehend mit der Wiederentdeckung der Antike in der Renaissance sind die Wiederentdeckung von Vitruv und die Architekturtraktate von beispielsweise Alberti und Palladio zu sehen sowie vielfältige andere ebenfalls im weiteren Sinne das Bauwesen betreffende Druckwerke.

Erste Schritte in Richtung einer Gewölbetheorie zeichnen sich in den Forschungen Leonardo da Vincis ab, die theoretische Weiterentwicklung begann jedoch erst nach dem Bau der Fleischbrücke Ende des 17. Jh.. Die Baumeister der Fleischbrücke waren auf ihre Erfahrung, entsprechende Musterbauten und innovative Ideen angewiesen, was die Dimensionierung anbelangte. In den veröffentlichten Traktaten findet man jedoch vor dem Bau der Fleischbrücke keine zutreffenden Bemessungsregeln für sehr flache Steinbrücken, auch wenn Alberti literarisch viele Details zur Errichtung von Bogentragwerken beschreibt, baupraktische Hinweise gibt und geometrisch-proportionierende Faustformeln zur Dimensionierung bei üblicherweise halbkreisfö-

migen Bögen – etwa der Pfeiler und der Bogenstärke – anbietet. Palladio wendete Albertis Empfehlung für die Bogenstärke (in Höhe von etwa einem Zehntel der Spannweite) auch bei seinen Entwürfen in Form von Drittelkreis-Segmentbögen an. Palladios Denken zielt jedoch über das Konstruktive hinaus. Er strebt an, Einzelbauten in größere Zusammenhänge zu stellen und auch die umgebenden Plätze unter Gesichtspunkten der Schönheit und Würde zu gestalten.

In Nürnberg bildete besonders der schon frühzeitig vorangetriebene Steinbau im Hausbau, aber auch Erfahrungen mit bestehenden und zu sanierenden Steinbogenbrücken den technischen Hintergrund für die Entscheidung zu einem innovativen Steinbauwerk, dessen Bogen es in möglichst kurzer Zeit zu schließen galt, weil die häufig Hochwasser führende Pegnitz während der Bauarbeiten nicht umgelenkt werden konnte. Zwar hatten die Steinmetze in Nürnberg nur eine dreijährige statt der im Hüttenwesen üblichen fünfjährigen Ausbildung, doch konnte gezeigt werden, dass das „stille Wissen“ der Steinmetze und Werkmeister in der Tradition des rst. Bauamtes weitergegeben wurde. Sie wussten Bauten zu beobachten, auf Risse als Ausdruck von statischen Problemen zu achten und Sanierungen an Steinbrücken kleiner Spannweite oder an steinernen Fundamenten für hölzerne Brücken vorzunehmen.

Vier Jahre, bevor Nürnberg vor der Herausforderung stand, eine neue Steinbrücke über die Pegnitz zu bauen, war die Rialtobrücke mit ähnlicher Spannweite – und vor allem bei einer ähnlich problematischen Gründungssituation wie in Nürnberg – fertig gestellt worden. Der Bogen, der zwischen einem Drittelkreissegment und einem Viertelkreissegment liegt (Pfeilverhältnis 1 zu 4,5), war deutlich flacher als die Entwürfe von Palladio. Wegen der regen Handelsbeziehungen zu Venedig darf mit Sicherheit angenommen werden, dass die Baumeister die wesentlichen Abmessungen der Rialtobrücke kannten. Ob ihnen auch Pläne bekannt waren, darauf wird später eingegangen. Entwurfspläne des Ponte di Rialto thematisieren insbesondere die Ausrichtung der Bogensteine in der Hintermauerung sowie in den Widerlagern und eine abgetreppte Pfahlgründung unter drei Sohlen auf unterschiedlicher Höhe. Vor allem zeigen alle Entwürfe das Bestreben, die Fundamente in Richtung der Flussmitte nach unten zu verbreitern.

Nachdem Nürnberg 1596 Jakob Wolff aus Bamberg als Werkmeister mit fünfjähriger Ausbildung verpflichtet hatte, bleibt festzustellen, dass in dem straff organisierten rst. Bauamt – mit einem engagierten bautechnisch interessierten Ratsbaumeister an der Spitze – Personal zusammenarbeitete, das über fundiertes Fachwissen in den Einzeldisziplinen Holzbau, Steinbau und Gründungsmaßnahmen oder „Wassergepeu“ (Wassergebäude) verfügte. So konnte man sich an die Planung und Umsetzung eines innovativen, herausfordernden Brückenbaus wagen.

IV Bauforschung

IV.1 Bau- und Nutzungsgeschichte

IV.1.1 Vorgängerbauten

Alle im Nürnberger Stadtkern gelegenen Brücken hatten hölzerne Vorgänger. Die Fleischbrücke wird erstmals 1335 urkundlich erwähnt. Die Konstruktionen der verschiedenen Holzbrücken an den Fleischbänken ist nicht überliefert. Eine wurde durch Feuer zerstört: „*Im 1418 Jahr an St Nicolaus abend hier in Nürnberg die fleisch bruck abgebrannt*“²⁴⁹, zusammen mit dem Fleischhaus, vom dem auch der Brand ausging. Einem Kohlebecken, das als Heizung diente, wird die Schuld zugeschrieben. Den Nachfolgebau riss 1432 die Pegnitz mit sich.²⁵⁰ Wieder folgte eine Holzbrücke, für die der Rat 1478 die Pflasterung anordnete und die Zulassung des Betriebes von Kramläden auf der Brücke.²⁵¹ Offensichtlich war diese Brücke aber schon 1479 so „*gebrechlich*“, dass man beschloss, sie neu zu bauen. Auf Kramläden wollte man nun verzichten. Es wurde jedoch beratschlagt, ob man Ausladungen (Kanzeln) vorsieht, um mit Lust über das Wasser zu schauen.²⁵² Letztendlich entschied sich der Rat erst rund 10 Jahre später für einen steinernen Neubau. Am 5.12.1486 beratschlagte er „*Deßgleich die Flaischprucken, auch von Stainen zu machen*“²⁵³, was dann am 20.4.1487 direkt beschlossen wurde: „*Item Es ist Ertailt, die Flaischprucken mit Zwayen Swynpogen uf ain pfeiler zu pawen wie davon geratslagt is, Hanns Tucher dem paumaister zu befelhen.*“²⁵⁴

Die erste steinerne Fleischbrücke wurde mit zwei Bögen und einem Mittelpfeiler errichtet. Wenig ist über die genaue Bauzeit und den Bauablauf bekannt und Entwurfspläne zur Baumaßnahme sind nicht vorhanden. Die Fränkische Chronik schildert den Abbau des Ohrenstocks wegen der Bauarbeiten sowie die Probleme mit der Wasserhaltung, die noch mit verschiedensten Schöpfergeräten wie Trögen und Wannen erfolgte. Schließlich erleichterte man sich die Arbeit durch Anlage einer hölzernen Rinne.²⁵⁵

Nur wenige Darstellungen zeigen die zweibogige steinerne Fleischbrücke.

1. Die anno 1601 von Wolff Neubauer d. J. verfasste und reich bebilderte Chronik²⁵⁶ beinhaltet farbig aquarellierte Darstellungen, die die zweibogige Brücke mit und ohne Ausladung über dem Mittelpfeiler zeigen. Auf die Darstellung der Gründung wird verzichtet (Abb. IV-1).

²⁴⁹ StadtAN: F1 Nr. 126, fol. 92. Das Baujahr ist mit 1478 auf fol. 44 (bzw. 39) falsch angegeben.

²⁵⁰ Müllner (II), S. 298.

²⁵¹ StAN: Rst. Nbg. Ratsbuch Nr. 2, fol. 249.

²⁵² StAN: Rst. Nbg. Ratsbuch Nr. 2, fol. 294 verso

²⁵³ StAN: Rst. Nbg. Ratsbuch Nr. 4, fol. 212 verso.

²⁵⁴ StAN: Rst. Nbg. Ratsbuch Nr. 4, fol. 240.

²⁵⁵ Fränkische Chronik, Bd. 4/5 S. 380: „Item in dem jahr da hub man an zu machen die stainen flaischpruken in der vasten und man prach den ornstok und den petlerstok ab, die stunden vor an der pruken am kandelgiessergang, und man hat daran gemacht pis Michaelis; und man kunt sich des wassers nit erwern und schopften ir 20 mit schaffen, multern, wannen und mit schufen. da vand man doch einen sin, machet ein rinnen mit vier pretern unter der Pegnitz untz über das were pei der fleismul, das tet reht, und torst niemer schopfen. und es gieng selber damit, ersparet vil geltz.“ Siehe Götze (1967) multer = Trog, schaff = Kübel, Kanne

²⁵⁶ StadtAN: F1 Nr. 42. Enthält auch eine Skizze der einbogigen Fleischbrücke, in der die Orientierung der Steine aber falsch wiedergegeben ist.

2. Der Pfinzing-Atlas enthält den Flusslauf der Pegnitz mit Abbildungen der Brücken, Mühlen, Wasserräder und umgebender Bebauung (Abb. IV-2).²⁵⁷
3. Der Petzold-Pokal der Familie Stromer von Reichenbach stellt eingraviert am oberen Rand sehr klein die alte Fleischbrücke sowie die alte und 1598 neu errichtete Brücke am Halberthörlein dar, sogar mit Maßstabsskalen versehen. Auch die Pfahlgründung wird dargestellt. Maße der Gravur der alten Fleischbrücke ca. 6 x 3 cm (Abb. IV-3).²⁵⁸
4. Zusammen mit anderen Nürnberger Brücken der rst. Zeit ist auch die alte Fleischbrücke in der Sammlung Nicolai mit der angrenzenden Bebauung dargestellt (Abb. IV-4).
5. Die 34,7 x 21 cm große, eingeklebte Federzeichnung in schwarzer Tusche mit Maßstabsskala aus dem Baumeisterbuch I „*Pons vetus macello vicinus*“²⁵⁹ diente laut W. v. Stromer als Vorlage für die Gravur auf dem Petzold-Pokal. Die Gründung ist nicht dargestellt (Abb. IV-5).²⁶⁰
6. Die Bauakte des rst. Bauamtes über das Baugesuch des Wolf Lanzinger 1598-1601 beinhaltet einen Plan mit dem Gelände neben der alten Fleischbrücke, das nach Einsturz der Häuser durch das Hochwasser 1595 wieder zur Bebauung aussteht, siehe Bd. 2 (Katalog).²⁶¹



Abb. IV-1: Skizzen der alten Fleischbrücke in der Chronik von Wolff Neubauer d. J., 1601. In StadtAN: F1 Nr. 42

²⁵⁷ Siehe Pfinzing (1994), S. 27. Mehr zum Pfinzing-Atlas siehe S. 4 und S. 56. – Die zweibogige Fleischbrücke ist auch auf der leicht lavierten Federzeichnung eines unbekanntes Künstlers dargestellt, die den Lauf der Pegnitz genau in dem Zeitraum zwischen dem Hochwasser 1595 und dem Abriss der alten Fleischbrücke zeigt. In GNM: HB SP 8984.

²⁵⁸ Der Petzold-Pokal befindet sich in der „Stromer’schen Kulturgut-, Denkmal- und Naturstiftung“ auf Schloss Grünsberg in Altdorf bei Nürnberg.

²⁵⁹ Übersetzung: „Die alte dem Fleischhaus benachbarte Brücke“.

²⁶⁰ StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 31 recto. Nach Notizen von W. v. Stromer nach der Art von laut Stromer nach der Art von Wolf Eisenmann.

²⁶¹ StadtAN: B1/II, Nr. LIIIa 25. – Siehe auch Schultheiß (1967), S. 292 Anm. 114: Lanzinger war Genannter des Rates und bebaute jenen großen Gebäudekomplex zwischen Pegnitz, Plobenhofstraße und Hauptmarkt, der auf der Süd- und Flusseite durch hölzerne Galerien geschmückt war und in das eine eigene Gasse hineinführte.

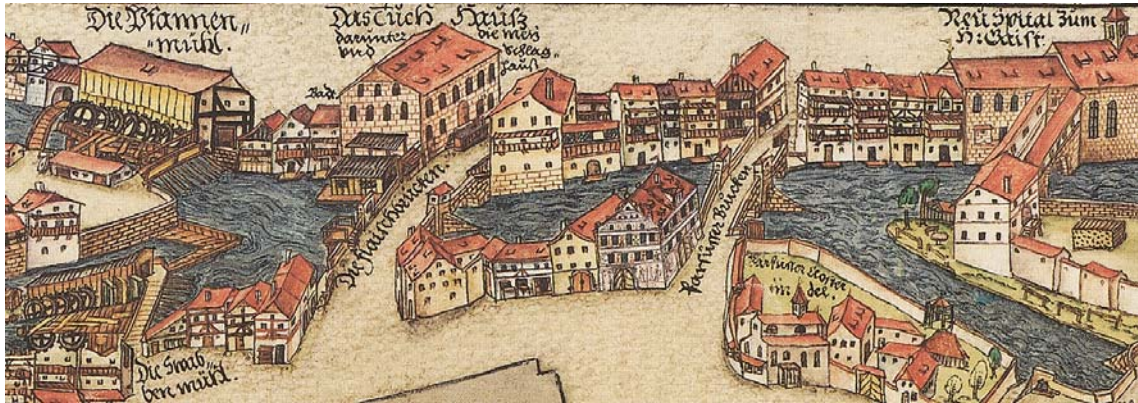


Abb. IV-2: Alte Fleischbrücke im Pfinzing-Atlas von 1594, StAN: Rst. Nbg. Karten und Pläne Nr. 230. Im Faksimile Pfinzing (1994), S. 27, Ausschnitt

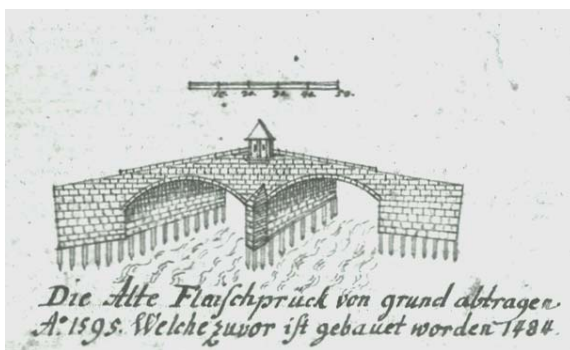


Abb. IV-3: Ausschnitt der Zeichnung des Petzold-Pokals von Keyl

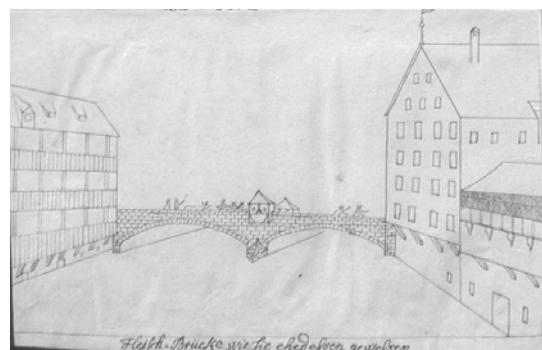


Abb. IV-4: Alte Fleischbrücke als Federzeichnung, Ausschnitt. WLB: Sammlung Nicolai, Bd. 102 fol. 28

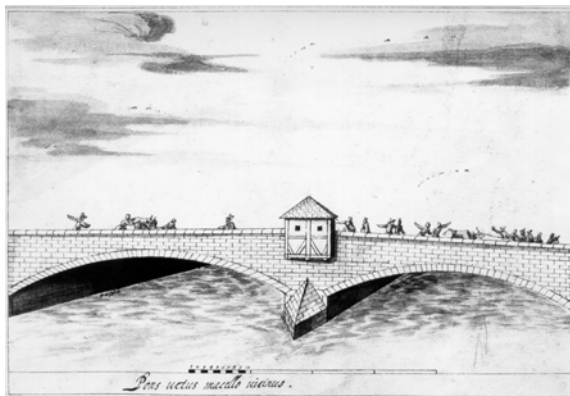


Abb. IV-5: Alte Fleischbrücke aus dem Baumeisterbuch I, die eine zu geringe Stichhöhe vorspiegelt. In: StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 31 recto

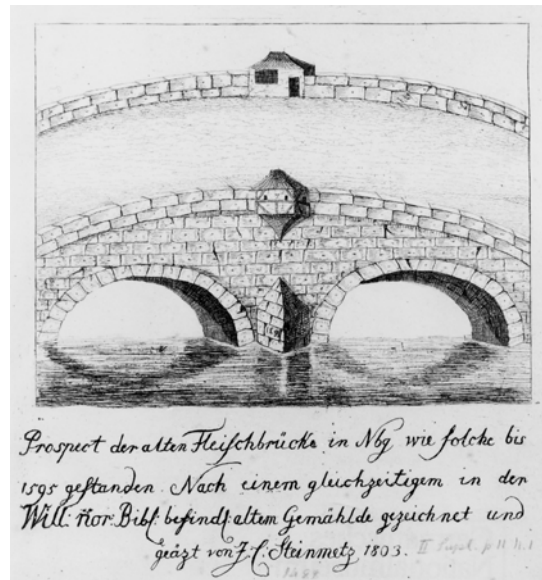


Abb. IV-6: Prospekt der alten Fleischbrücke, 1803. In GNM: Sp 5513b

Wie man unschwer erkennt, lassen sich aus diesen Darstellungen keine Abmessungen oder bautechnische Informationen verifizieren. Die Darstellung auf dem Petzold-Pokal ist so klein, dass man sie eher als Prinzipskizze werten muss, und der Bogen auf der Zeichnung im Baumeisterbuch ist unverhältnismäßig flach dargestellt, mit einem wohl kaum ausgeführten Pfeilverhältnis von ca. 1 zu 7,3. In den Gutachten der Werkleute für den Brückenneubau wird auch die Ge-

sambbreite der zweibogigen Brücke genannt, etwa 94 Schuh. Das Pfeilverhältnis der alten Brücke wird wohl dem der zweibogigen Brückenentwürfe für die neue Fleischbrücke geähnelt haben. So zeigt z. B. Balthasar Hoffstädter zwei Kreissegmente von 42 Schuh lichter Weite, 8 Schuh Pfeilerbreite und 12 Schuh Stichhöhe. Das entspricht einem Pfeilverhältnis von 1 zu 3,5.²⁶²

Über dem Pfeiler auf der Brüstung sind Fachwerk-Erkerchen mit Spitzgiebeldach angeordnet, die nach W. v. Stromer „*vielleicht Kapellen oder Zollstellen waren*“²⁶³, aber wohl den Ohrenstock darstellten. Auf dem Plan von Pfinzing ist das Erkerchen nur auf einer Seite zu sehen, auf der anderen ist eine Ausladung angeordnet.

Die Steinbrücke von 1487 hatte über 100 Jahre allen Belastungen standgehalten, bis sie 1595 jenem schweren Hochwasser zum Opfer fiel.

²⁶² GNM: Hs 31700, № 5^{ee}. – Stromer (1988), S. 163 meint dagegen, es habe sich um zwei sehr flache Kreissegmentbogen gehandelt von ca. 42 Schuh Stützweite und ca. 10 Schuh Pfeilhöhe.

²⁶³ Stromer (1988), S. 163.

IV. 1.2 Entwurf und Planung der Fleischbrücke

IV. 1.2.1 Hochwasser von 1595

1595 wurde das verheerende Hochwasser in Nürnberg als Strafe Gottes aufgefasst und in eindringlichen Gedichten besungen:

*„... thue bueß unnd bekehr sich zu gott
damit nicht baldt der gleichen nott
wie dießmal Gemeiner Statt beschehen
er unuß möchte wieder lassen sehen.“²⁶⁴*

Bereits am 17. Januar fiel der Henkersteg durch Hochwasser ein,²⁶⁵ aber erst am 28. Februar kam es zu dem Hochwasser, das nahezu alle Brücken der Stadt beschädigte und zerstörte. Von den Auswirkungen des Hochwassers auf die Brückenanlagen der Reichsstadt für das Jahr 1595 seien aus dem *„Verzeichnis der Brückenbauten und Reparaturen auf dem Land von 1579-1629“²⁶⁶* nur einige genannt:

- Der auf der Insel Schütt weggerissene Steg wird durch einen hölzerner Neubau ersetzt.
- Neues Erdreich wird aufgeschüttet, wo es bei den zwei steinernen Brücken beim Spital ausgeschwemmt ist.
- Für die von Grund auf eingerissene Barfüßerbrücke samt ihren Kramläden wird eine neue Holzbrücke errichtet.
- Der Henkersteg wird abgetragen und ein neuer Holzsteg gebaut.
- Die an dem Pfeiler und Widerlagern („Stirnen“) unterspülte Fleischbrücke wird abgetragen.
- Von der im Grund eingerissenen steinernen, zweibogigen Brücke vor dem Hallertörlein werden wegen der Mühlwerke möglichst viele Steine aus der Pegnitz ausgeräumt.

Andere Quellen verlauten, dass das Wasser bei der Fleischbrücke durch das Gewölbe gedrungen ist, das Pflaster aufgequollen hat und der Wasserstand viel höher als die Bögen war.²⁶⁷ Weil die Anwohner der Fleischbrücke zur Anzeige brachten, dass es in der Nacht dermaßen gekracht habe, besichtigte man die Brücke: der Pfeiler im Fluß war aufgelöst und die Grundpfähle weggeschwemmt, so dass man mit einer Stange rund 5 m tief hinunterlangen konnte. Ein eben sol-

²⁶⁴ StadtAN: F1 Nr. 131 Ein 5-seitiges Gedicht „Von dem grossen Wasser, dass Anno 1595 Zu Nürnberg gewesen ist“. – Auch Hannß Weber empfindet so und ruft in seinem 8-seitigen Gedicht nicht nur zu Buße, sondern auch zu Dankbarkeit auf. In StBN: Nor. H. 271, „Wacht auf, Du edle Bürgerschaft!“ von Hannß Weber 3. März 1595. Der Schluss lautet: „Erkenndt darbey Eurers nechsten noth, / Last euch erbarmen rufft zu gott / Auff das gott behuet Leuth Landt Unnd Stath, / Ein gantze gemain Ein Erbaren Rath, / Auff dz wir leben Inn fridt Unnd Ruehe, / Gott Dancken Unnd Loben Immertzu, / Durch Unnsern Herrn Jesus Christ, / Der Unnsere Allen Tröester Ist, / Dann Gott ist alles guetes ein geber, / So spricht zu Nürnberg Hannß Weber.“ Dieses Gedicht auch in StBN: Starcksche Chronik, Amb. 612, 2°.

²⁶⁵ Zeichnung mit Text in StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 53: „Anno 1595 hat sich ein erschrecklich eisz auff der Pegnitz gezeigt. Der gleichen man zuvor nie genwnt gewesen. Haben sich ein anzahl Bürger und Frembte, auf dem Henckersteg befunden, In mainung dem Eis zu zue sehen. alls aber dasselb mit gewalt über Hande genommen, Ist dem 17 Januarij der Steg eingebrochen, 13 Personen hinunder gefallen. Darunder 3 ertruncken, alls Lorenz Steinhauser Leberer, Daniel Holzmann Etmaler, und Niclas Hübmänn ein Potth.“

²⁶⁶ StAN: Rst. Nbg. Bauamtsakten Nr. 94. Auswahl von Brückenreparaturen aus 1595.

²⁶⁷ Siehe Müllner (IV) in StAN: Rst. Nbg. Hs 32, fol. 2398, Schäden an anderen Bauwerken fol. 2396, 2397 und 2397 verso.

ches Loch habe es auch auf der Seite gegen den Lanckamer Brunen gegeben, so dass die Werkleute sich wunderten, wie die Brücke überhaupt so lange stehen bleiben konnte.²⁶⁸

Neben den vielen Aufräum- und Reparaturarbeiten, die das rst. Bauamt 1595 durchführen musste, stand für die Fleischbrücke damit ein Brückenneubau an, der geplant und durchgeführt sein wollte, und der erneut eine technische Weiterentwicklung darstellen sollte, von der Holzbrücke über die zweibogige mittelalterliche Steinbrücke hin zu einer flachen Steinbogenbrücke.

IV. 1.2.2 Ausschreibung eines Entwurfswettbewerbs

Am 18.6.1595 fiel die Entscheidung zum Neubau der Fleischbrücke.²⁶⁹ Nur knapp 8 Monate später, am 1. März 1596, war der Baubeginn.²⁷⁰ Im Prinzip hatte man etwa ein Jahr Zeit für die Planung. Nach einer Art Wettbewerbsverfahren kam das rst. Bauamt zu schnellen Entscheidungen. Die Entscheidung für eine einbogige Brücke fiel am 31.1.1596: „*Dieweiln die Werckleut Bogen alle dafür rathen, das man die Flaisch-Prucken, nur mit einem Bogen machen unnd schließen soll alß ist bey den H. Eltern verlassen und befolhen, berürte Prucken nur mit ainem bogen, yedoch auff dz aller bestandigist machen unnd Pauen zu lassen. P. H. H. Welser unnd H. Paumaister.*“²⁷¹

Bereits am 7. April 1596 legte der Rat die Stichhöhe des Bogens und Widerlagerabmessungen auf der Lanckamer- und der Hauptmarktseite fest.²⁷² Knapp 1 ½ Jahre später im November 1597 wurde der erste Grundstein an der Hauptmarktseite gelegt.

Die in einem Konvolut zusammengefassten Wettbewerbsunterlagen²⁷³ gewähren Einblick in den Planungsprozess und in konstruktive Gedanken damaliger Werkleute und Baumeister, „*wobei immerhin betont werden kann, daß sowohl Steinmetzen wie Zimmerleute für befähigt gehalten wurden, einen brauchbaren Entwurf für die große Brücke zu liefern*“²⁷⁴.

Es beteiligen sich an diesem Wettbewerb mehr als 20 namentlich bekannte Werkleute, auch Baumeister aus Bamberg, Regensburg und Prag.

Der Rat hatte von den Steinmetzen Eraßmus Braun aus Bamberg und Balthaser Hoffstädter aus Regensburg ein Gutachten erbeten und zusammen mit drei Zeichnungen erhalten. Wie man diesem Gutachten entnehmen kann, hatten sie zusammen mit dem Ratsbaumeister vorher einen Ortstermin an der Brücke. Die Werkleute, Steinmetze und Zimmerleute der Peunt wurden nun ebenfalls vom Ratsbaumeister Wolf Jacob Stromer zu einem gemeinsamen Gutachten mit Braun und Hofstädter sowie zu Einzelgutachten aufgefordert. Die Nürnberger Werkleute verfassten am 27. Okt. 1595, bereits ein knappes halbes Jahr nach der Entscheidung, die Fleischbrücke neu zu errichten: „*Der Werkleut gegebenes Bedenken, wie man die Fleischbrücken von Steinen beständig bauen kann*“: Das gemeinsame Gutachten verfassen die Steinmetzen Erasmus Braun aus

²⁶⁸ Siehe Müllner (IV) in StAN: Rst. Nbg. Hs 32, fol. 2403 und 2403 verso.

²⁶⁹ StAN: Rst. Nbg. Ratsbuch 54, fol. 156, 156 verso.

²⁷⁰ StAN: Lüdersche Chronik, Rst. Nbg. Hs 49, fol. 255.

²⁷¹ StAN: Rst. Nbg, Ratsbuch Nr. 55, fol. 98

²⁷² STAN: Rst. Nbg. Ratsverlass Nr. 1658, fol. 33, 33 verso. Lanckamerseite meint das Widerlager auf der Südseite, bezeichnet nach dem Lanckamer Brunnen, siehe Bd. 3 (Materialsammlung), Kap. 1.3.

²⁷³ GNM: Hs 31700, „*Allerley Vißirung*“. Die gesamte Transkription dieses Konvolutes neben einigen der darin enthaltenen Pläne findet sich in Pechstein (1975). Die Transkriptionen der Gutachten durch Pechstein sind alle auch in Bd. 3 (Materialsammlung) zu finden.

²⁷⁴ GNM: Hs 31700. Namen oft in unterschiedlicher Schreibung: Mathes Herdegen oder Eraßimus Praun. Transkription siehe Pechstein (1975) übernommen in Bd. 2 (Katalog). Hs 31700 im Katalog ab S. 92.

Bamberg, Bathasar Hoffstädter aus Regensburg, die Meister Hans Zirfeldt, Hans Dietmair, Peter Carl, Mattheus Herdegen sowie namentlich ungenannte „*Steinmetz, Zimmerleut, Actum 27 Oktobris anno 1595*“.²⁷⁵

Ohne einen eigentlichen Wettbewerbsgewinner zu nennen, wurde die Ausführung dann doch Personen übertragen, die im Dienst der Stadt standen. Das erscheint Pechstein²⁷⁶ rätselhaft, ist aber erklärbar. Der Leiter des rst. Bauamtes und der Bauherr, die beide nicht aus der handwerklichen Tradition kamen, aber Entscheidungen zu treffen bzw. die Gelder zu bewilligen hatten, beschafften sich über den Wettbewerb Informationen zum Stand der Wissenschaft und Technik, wünschten aber die Durchführung mit eigenem Personal. So holte man rechtzeitig vor Baubeginn Anfang 1596 Jakob Wolff aus Bamberg nach Nürnberg, einen Steinmetzmeister mit fünfjähriger Ausbildung, der dann als Werkmeister im Dienst des rst. Bauamtes die Steinmetzarbeiten leitete. Peter Carl wurde später mit den Gründungsarbeiten und mit der Erstellung des Lehrgerüsts betraut, an seiner Seite Mattheus Herdegen und Hans Schweher.

IV. 1.2.3 Planungsüberlegungen der Wettbewerbsteilnehmer

Die Baumeister und Werkleute in der Reichsstadt waren in besonderem Maße bestrebt und gehalten, durch bauliche Maßnahmen die Brücken vor den „großen Wassergüß“ zu schützen und die Hochwasserproblematik zu entschärfen. Folglich zeigt sich als stärkster Gestaltungsgedanke bei der Planung der neuen Fleischbrücke, dem Hochwasser zu trotzen. Das bedeutete, mit einem größeren Durchflussprofil für möglichst freien Abfluss des anstauenden Wassers zu sorgen. Ein Flusspfeiler aber engt den Querschnitt ein. Dahingehend äußern sich die Nürnberger Werkleute in ihrem Gutachten:

„Und für das erste konnten die Werkleut nicht raten, daß man gedachte Fleischbrücken widerumben wie zuvor mit zweyen Bögen machen sollt, dann der mittelste Pfeiler dem Fluß ganz schädlich, sonderlichen bei großen Wassergüßen weil ohne das dies Orts das Wasser sehr gesperret und gefangen und der Fluß, welcher in der Mitte am stärksten und am gewaltigsten ist aufgehalten und dadurch dann verursacht, daß das Wasser den mittelsten Pfeiler am ehesten durchspüelet, derohalben die Werkleut für ratsam hielten, daß diese Brücken in einem Bogen geschlossen werd, damit das Wasser in großen Güßen seinen starken und geraden Fortlauf und nicht so sehr seinen Ausfluß auf die Gassen hätt.“²⁷⁷

Die Entscheidung zugunsten einer **einbogigen** Brücke fiel somit in Hinblick auf die Hochwasser, die Entscheidung zugunsten eines **flachen** Bogens war durch die innerstädtische Situation bedingt.

Die Fleischbrücke musste als Hauptverkehrsader den innerstädtischen und den Fernhandelsverkehr aufnehmen, was einen geringen Anstieg der Fahrbahn bis zum Scheitel notwendig machte, damit die Brücke auch für schwer beladene Fuhrwerke noch gut befahrbar blieb. Somit schied eine Lösung mit Treppen wie bei dem Ponte di Rialto aus. Auch ein Halbkreis- oder Dreiecksbogen wie in etwa bei der Vorgängerbrücke kam nicht in Frage, weil das bei einer einbogigen Brücke zwangsläufig zu einer stärkeren Wölbung als bei einer zweibogigen Brücke geführt hätte. Außerdem musste die Fleischbrücke in einem bebauten Umfeld errichtet werden. Je höher

²⁷⁵ GNM: Hs 31700. Jacob Wolf d. Ä. ist nicht in dem Sammelbrief erwähnt, wohl aber mit eigenen Entwürfen in dem Konvolut vertreten.

²⁷⁶ Siehe Pechstein (1975), S. 74.

²⁷⁷ GNM: Hs 31700, Transkription Pechstein (1975), S. 80.

der Bogen, desto stärker wären auch die Anwohner betroffen gewesen, deren Hauseingänge und Fenster dann von den Anrampungen verschüttet worden wären.

Eine kolorierte Federzeichnung dokumentiert diese Beeinträchtigung der Eingänge und Fenster, die der Neubau für den vorhandenen Altbestand bedeutete hätte (Abb. IV-7). Mit vor Ort gespannten Schnüren verdeutlichten sich Werkleute eine Höhe des Bogen von 18 Schuh über dem Wasser, nahmen davon Abstand und empfahlen:

„... alsdann würd die Brücke dem Zirkel nach 16 Schuh hoch, unter welcher Höh und nicht niederer es sein kann, würde also die ganze Brücken 80 Schuh weit und 50 Schuh breit.“²⁷⁸

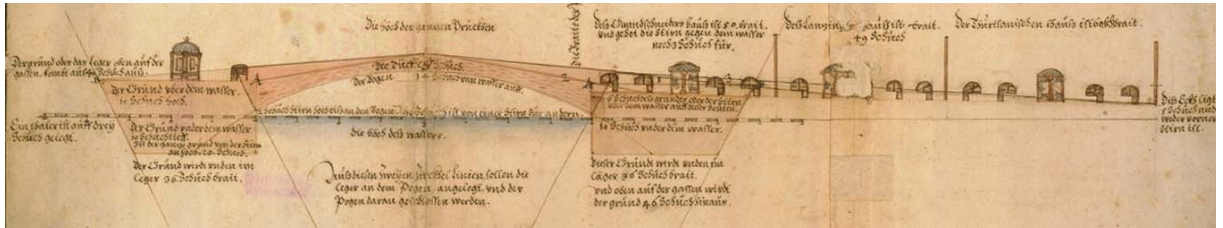


Abb. IV-7: Neubauplanung im Altbestand, Ausschnitt. In StadtMN, Graphische Sammlung: Hopf 5590 (vgl. Bd. 2)

Die Erfüllung der beiden zentralen Entwurfsvorgaben – nur ein Bogen wegen der Hochwasserproblematik und eine möglichst geringe Anrampung – führte zu der Entscheidung zugunsten einer flachen einbogigen Brücke, wobei sich die Baumeister sehr wohl der Tatsache bewusst waren, dass bei einem flachen Bogen ein größerer Horizontalschub in dem wenig tragfähigen Grund aufzunehmen war.

IV. 1.2.4 Entwurfspläne und Entwurfsgutachten

Statisches Verständnis in den Entwurfsplänen und Entwurfsgutachten

Theoretische Erkenntnisse zum Tragverhalten von Gewölben in Abhängigkeit der Pfeilhöhe konnten die Planer und Baumeister der Fleischbrücke nicht aus Traktaten entnehmen. Ebenso wenig war die radiale Mauerung des Bogens bis zur Oberkante Straße und bis hinein in die Fundamente – wie es bei der Rialto-Brücke rund fünf Jahre zuvor angewendet wurde – schon in einem Traktat empfohlen. Selbst wenn die Baumeister das venezianische Vorgehen als Anregung aufgenommen haben sollten, soll hier die These aufgestellt werden, dass die Entscheidung in Nürnberg für die spezielle Ausbildung der Gründung und des Bogens nicht direkt von einem Vorbild übernommen wurde, sondern nach gründlicher Auseinandersetzung der Werkmeister und Werkleute mit statisch-konstruktiven Überlegungen in einem innovativen Entwurfsprozess fiel. Deshalb sollen die Vorstellungen der Werkmeister zum Tragverhalten oder ihren statisch-konstruktiven Ausdrucksformen in den Zeichnungen und ihren Beischriften sowie in den verbalen Gutachten näher betrachtet werden.

In den Gutachten oder Zeichnungen der Werkmeister finden sich tatsächlich keine schriftlichen Hinweise darauf, dass man das Pfeilverhältnis bestimmter Musterbauten einzuhalten oder gar zu überschreiten suchte, noch dass man sich bei den konstruktiven Details an Vorbildern orientierte. Auch Begründungen für die Wahl der Dimensionierungen sind in den erhaltenen Konstruktionsunterlagen nicht zu finden. Sehr deutlich wird der Konflikt der Planer, eine absolute Ober-

²⁷⁸ GNM: Hs 31700, Transkription Pechstein (1975), S. 82.

grenze für die Pfeilhöhe aus städteplanerischer Sicht einzuhalten, gleichzeitig aber den Bogen bei vorgegebener Flussbreite nicht zu flach anzulegen.

Um die absolute Brückenhöhe bei günstigerem Pfeilverhältnis gering halten zu können, erscheint die mehrfach vorgeschlagene Lösung für die einbogige Brücke logisch: die Verringerung der lichten Weite des Flusses. Die Werkleute schlugen ein Hineinmauern der Widerlager in den Fluss um bis zu 12 Schuh vor, entweder einseitig oder auch gleich verteilt auf beide Ufer.

Wenn jenseits der Pfeilhöhe überhaupt in den verschiedenen Gutachten statische Probleme angesprochen werden, dann ist es das Problem der Beweglichkeit, der Nachgiebigkeit der Widerlager. Peter Carl betonte: „... die langen hauptpfäl allein, deß hauptgrundts müssen eingespundet werden, damit der rost und die pfäl dermassen ineinander verbunden seyen, das keiner von dem andern willen könne, die Pfäl nach der zwerch, wieder das landt hinein geschlagen werden, wirdt sich befinden das dieselben alß ein rechte streb, den grossen last an der wiederleg, desto sterckher tragen, damit sich der zirckehl oder pogen desto weniger schieben könne...“ (Abb. IV-8).²⁷⁹

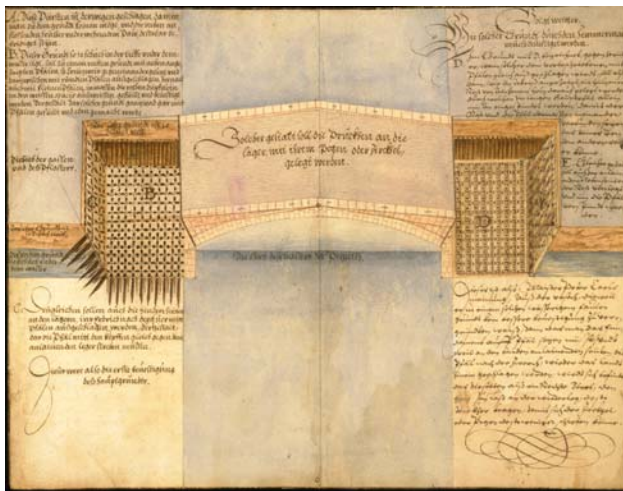


Abb. IV-8: Baubeschreibung des Peter Carl. In: StadtMN, Graphische Sammlung: Hopf 5584 (vgl. Bd. 2)

Das Problem „dass sich die Bogen nicht schieben“ oder „schwanken“, wird immer wieder in den Gutachten betont und zeigt, dass das Auseinanderweichen der Fundamente den Baumeistern als der problematischste Lastfall für einen flachen Bogen erschien. Die Ratsverlässe berichten von nur einer Auseinandersetzung um eine bautechnische Lösung: Peter Carl habe versucht, den Steinmetzen Jacob Wolf dahingehend zu überreden den Bogen in konstanter Dicke auszuführen und nicht wie im Rat beschlossen mit zunehmender Stärke zu den Widerlagern hin.

Der Ratsbaumeister aber entscheidet, den Bogen so wie vorher beratschlagt auszuführen, nämlich „die Uexsen und Bogen mit einander schliessen und verbinden zu lassen, und gedachts Maister Peter Carls einstreuen nicht in acht zu haben. H. Paumaister“²⁸⁰.

Leider ist die kontroverse Diskussion an sich nicht belegt.

Doch verdeutlichen die Zeichnungen ein grundsätzliches Prinzip des ingenieurmäßigen Denkens, das auch die Fähigkeit zur Kommunikation erkennen lässt. Nicht nur die Tatsache, dass in dem Wettbewerb viele namentlich bekannte Meister eingebunden waren, deren Angebote man als Grundlage zur Entscheidung für den Bau nutzte, zeigt die Bereitschaft zur Auseinandersetzung, sondern diese lässt sich auch an den Zeichnungen selbst ablesen: das ausgeprägte Studieren und gegeneinander Abwägen verschiedener Lösungen mit dem Zeichenstift in ein und derselben Zeichnung oder in verschiedenen abgegebenen Varianten egal, ob es die Ausbildung der

²⁷⁹ Beischrift auf der Zeichnung auf Abb. IV-8, die vollständige Transkription des Beitemtes siehe Bd. 2 (Katalog).

²⁸⁰ StAN: Rst. Nbg. Ratsverlass Nr. 1686, fol. 44, 44 verso, 8.7.1598.

Gründung und der Widerlager, das Errichten des Lehrgerüsts oder die bauliche Durchbildung des Bogens betrifft.

Varianten der Gründung diskutierte Borrmann²⁸¹, Varianten des Lehrgerüsts Falter²⁸². Im Folgenden wird insbesondere die Auseinandersetzung der Werkleute mit den Widerlagern und dem Bogen thematisiert.

Einbogige kontra zweibogige Lösung

Die Pläne in „*Allerley Vißirungen und Abriß wegen der Flaischbrucken*“ zeigen die ersten Entwürfe zu einem Neubau der Fleischbrücke. Etliche der Wettbewerbsteilnehmer bieten zunächst mehrere Lösungen an, Entwürfe für eine herkömmliche zweibogige Brücke und eine einbogige, so z. B.:

- Jacob Wolff d. Ä., Steinmetzmeister, (GNM: Hs 31700 № 5^{hh}, № 5ⁱⁱ und HB 1402),
- Phillip Reuter d. J., Zimmermann (GNM: Hs 31700 № 5^{xx}),
- Mattheus Herdegen, Zimmermann (GNM: Hs 31700 № 5^{pp}),
- Wolf Spehr, Steinmetz (GNM: Hs 31700 № 5^{zz}) und
- Lorenz Schacht, Steinmetz (GNM: Hs 31700 № 5ⁱⁱⁱ).

Etliche Zeichner entwerfen nicht nur beide Varianten, sondern stellen den ein- und zweibogigen Entwurf im direkten Vergleich übereinander auf ein Blatt (Abb. IV-9 und IV-10),²⁸³ ja man findet sogar die einbogige Lösung in den Entwurf der zweibogigen hineingestrichelt.

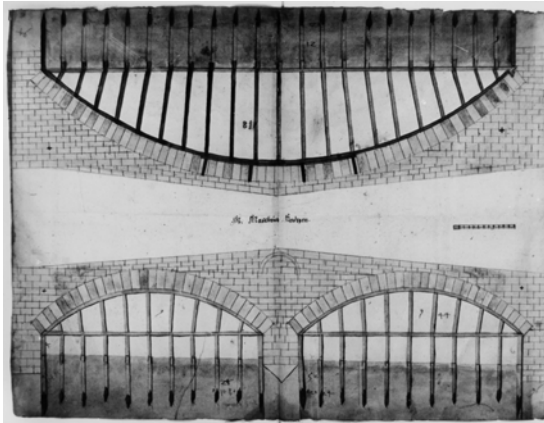


Abb. IV-9: Aquarellierte Gegenüberstellung einer ein- und zweibogigen Lösung mit Darstellung des Lehrgerüsts von Mattheus Herdegen. In GNM: Hs 31700 № 5^{pp} (vgl. Bd. 2)

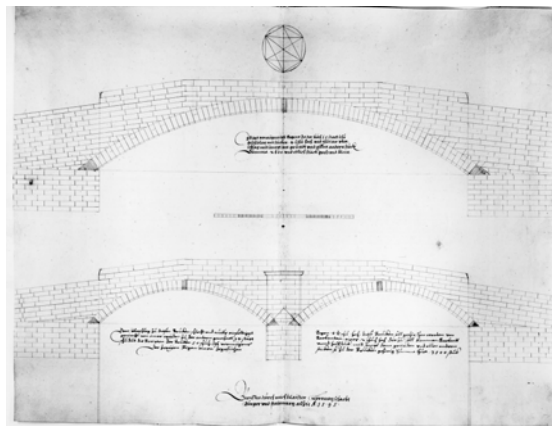


Abb. IV-10: Ein- und zweibogiger Entwurf von Lorenz Schacht. In GNM: Hs 31700 № 5ⁱⁱⁱ (vgl. Bd. 2)

Ganz offensichtlich sollten diese verschiedenen Vergleiche einbogig/zweibogig mit den entsprechenden verbalen Gutachten die Entscheidung des Ratsbaumeisters beeinflussen, sich auf

²⁸¹ Vgl. Borrmann (1992), S. 164-172.

²⁸² Vgl. Falter (1999), S. 144-146. Diskussion von vier mit A-D bezeichneten Plänen. Ebenso in Falter, Kahlow, Kurrer (2001 a) – Falter, Kahlow, Kurrer (2001 b) – Kurrer (2002), S. 127-132.

²⁸³ Eine Ausführung der lastabtragenden Pfähle ohne jede Verstrebung und noch dazu geneigt, hätte zum Knicken der Pfähle geführt und ist in dieser Zeichnung wohl nur als Skizze zu verstehen.

eine einbogige Konstruktion einzulassen. An den frühen Plänen sind gut die unterschiedlichen Typen der Ausführung des Mauerwerks erkennbar, die normalerweise Steinmetze für Brückenbögen und die Aufmauerung anwandten.

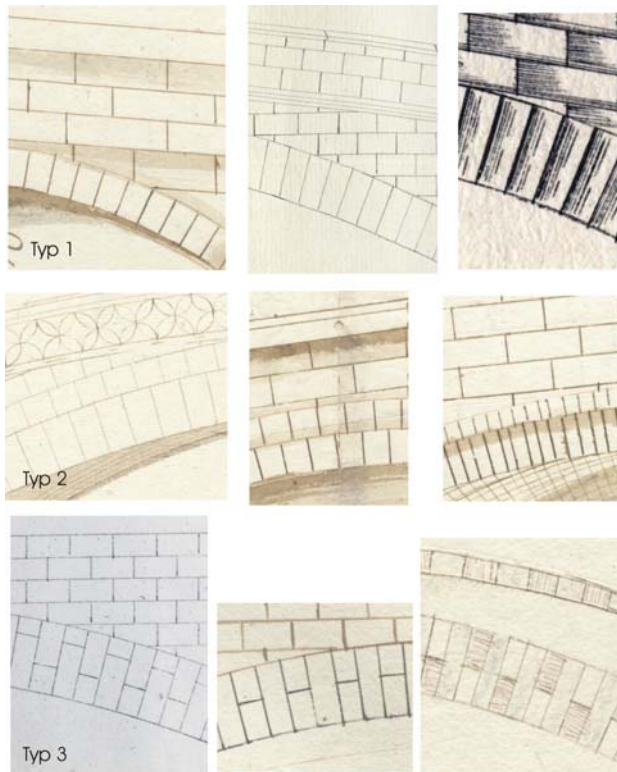


Abb. IV-11: Unterschiedliche im 16. Jh. übliche Ausführungen eines Brückenbogens, Details aus Entwurfsplänen für die Fleischbrücke aus der Handschrift „Allerley Vißirungen und Abriß wegen der Flaischbrucken“ GNM: Hs 31700

Grob lassen sich drei Arten herausstellen, wie der Bogen selbst üblicherweise ausgebildet wurde:

1. aus einer Steinreihe (Abb. IV-11, Typ1),
2. aus mehreren übereinander liegenden Steinreihen (Abb. IV-11, Typ 2),
3. aus Steinen im Verband oder aus zwei Steinreihen, wobei jeder zweite Stein über die volle Höhe geht (Abb. IV-11, Typ 3).

Überwiegend zeigen diese Pläne Bögen, die am Kämpfer bei horizontal geschichtetem Widerlagermauerwerk enden, vereinzelt wird der Bogen an den Kämpfern etwas weiter geführt. Jedoch gelangten die Baumeister im Entwurfsprozess zu einer anderen Ausführung des Bogen- und Widerlagermauerwerks, wie im folgenden gezeigt wird.

Variation der Pfeilhöhe

Die Schwierigkeit der Werkleute, sich für eine zu wählende Pfeilhöhe zu entscheiden, drückt sich in einer Zeichnung aus, die in gestrichelten Linien verschiedene flache, kreisförmige Bogenformen bis hin zum Halbkreis studiert, von einer Pfeilhöhe von 10 Schuh bis hin zu 48 Schuh (Abb. IV-12). Quasi optisch scheint der Zeichner zu prüfen, wie weit er eine Abflachung des Bogens für machbar hält, wobei er auch noch den Ansatz des Bogens über der Fundamenthöhe variiert. Oder es werden zwei flache Bögen mit verschiedener Pfeilhöhe – 12 Schuh und 15 Schuh – in einer Zeichnung gegenüberstellt (Abb. IV-13).

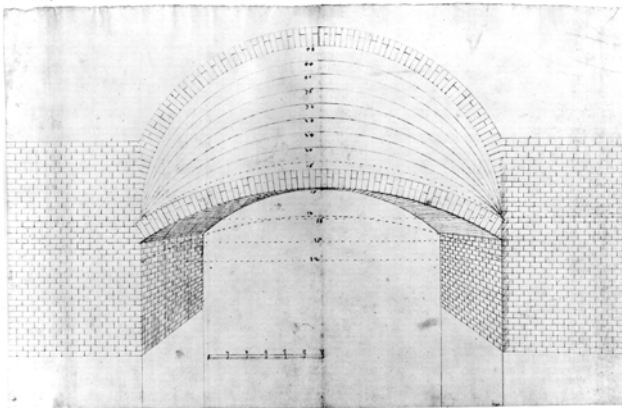


Abb. IV-12: Studien über die Pfeilhöhe. In GNM: HB 1427 a (vgl. Bd. 2)

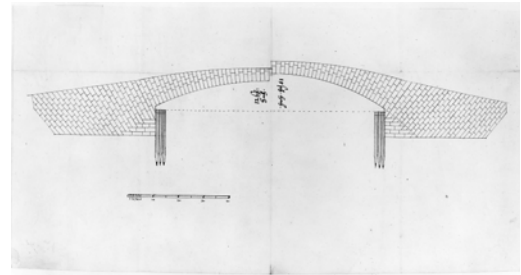


Abb. IV-13: Studien über die Pfeilhöhe. In GNM: HB 1417 (vgl. Bd. 2)

Variation der Einbindung des Bogens im Kämpferbereich

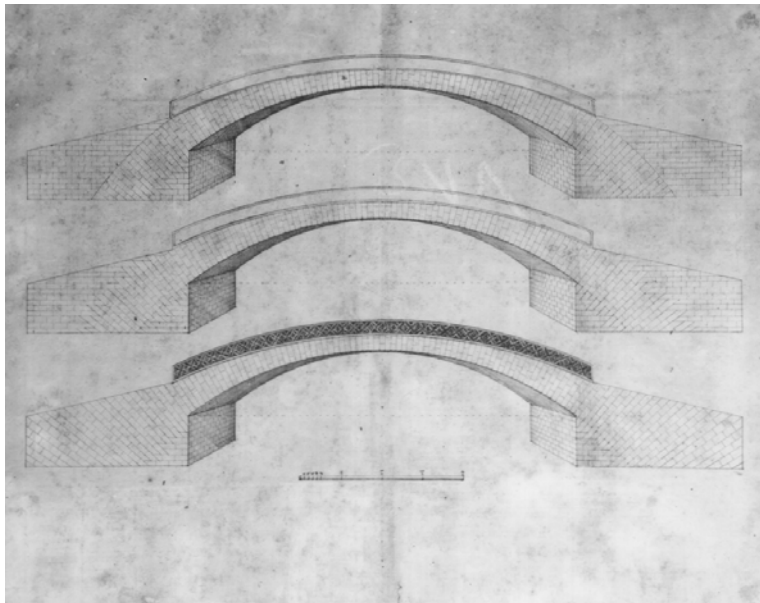


Abb. IV-14: Studie über die Anlage des Mauerwerks im Widerlagerbereich, Ausschnitt. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 31 verso (vgl. Bd. 2)

Die „radiale“ Anordnung der Steine im Bogen bis in die Widerlager hinein, ist durchaus nicht von vornherein auf allen frühen Entwürfsplänen erkennbar, auch nicht auf denen von Jakob Wolff. Sie hat sich in der Diskussion und in den Plänen erst nach und nach durchgesetzt, wie beispielsweise auf Abb. IV-14 stufenweise entwickelt. In der oberen Darstellung wird nur der Bogen im Fundament radial weitergemauert, in der mittleren greift der fortgeführte Bogen schon stärker in das Widerlager hinein, bis sich der Konstrukteur klar gemacht hat, dass in der untersten Version das radial durchgemauerte Fundament die Kräfte des Bogens am besten in den Untergrund ableitet.

Studien über dieses radiale Hindurchmauern finden sich auf sehr vielen der Pläne wieder, wie in der Zeichnung nach Abb. IV-15. In diesem Beispiel ist das gesamte Widerlager schräg gemauert bis zur uferseitigen senkrechten Fundamentwand, also ohne dass ein horizontal gemauerter Zwickel entsteht.

Studien über dieses radiale Hindurchmauern finden sich auf sehr vielen der Pläne wieder, wie in der Zeichnung nach Abb. IV-15. In diesem Beispiel ist das gesamte Widerlager schräg gemauert bis zur uferseitigen senkrechten Fundamentwand, also ohne dass ein horizontal gemauerter Zwickel entsteht.

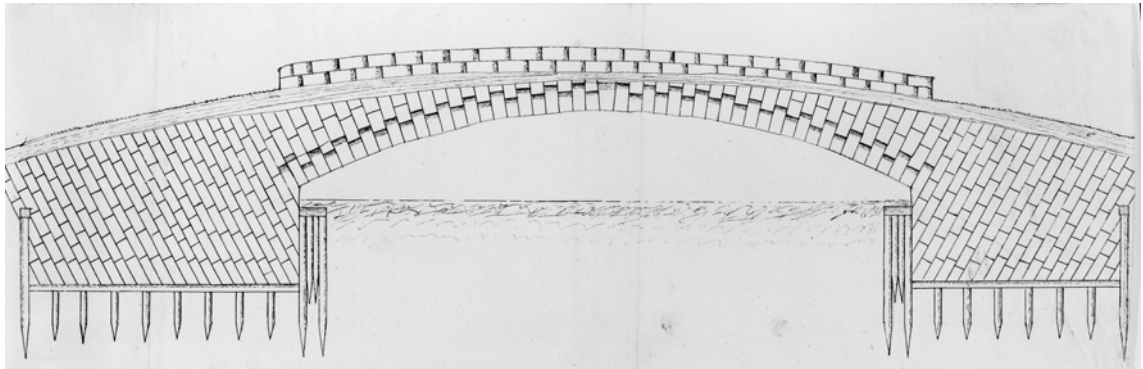


Abb. IV-15: Entwurf zur radialen bzw. schrägen Mauerung der Widerlager, Ausschnitt. In GNM: HB 1418, rst. Signatur № 5^u (vgl. Bd. 2)

Der Übergang vom Bogen zur senkrechten Abmauerung wird verschiedentlich studiert, so auch in zwei Details mit verschiedenen Steinschnitten. Zum unteren Vorschlag für den Steinschnitt ist vermerkt: „... Also hatts Jakob Wolf Steinmetz gemacht ... 3. August Ao 98“ (Abb. IV-17, unsigniert auch Abb. IV-16).

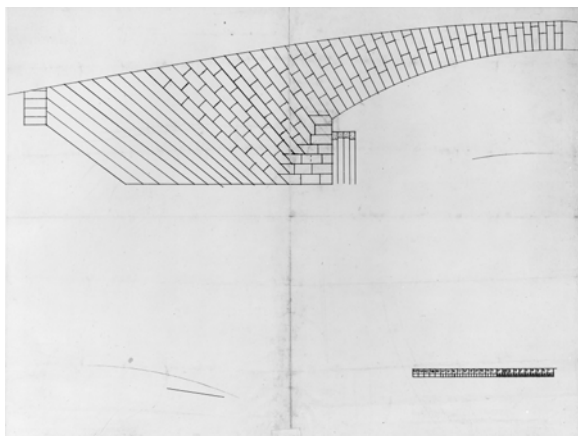


Abb. IV-16: Übergang Bogen/Widerlager. Einbinden der senkrechten Abmauerung. GNM: HB 1409 (vgl. Bd. 2)

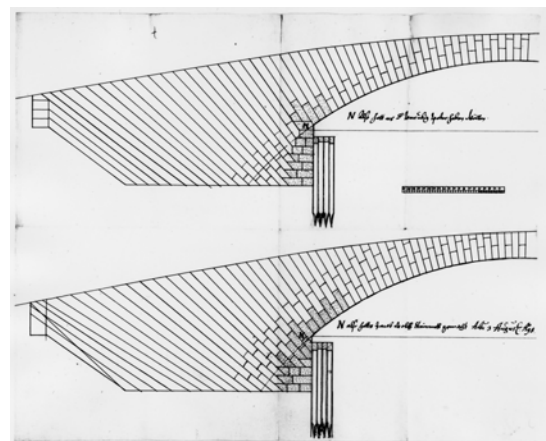


Abb. IV-17: Übergang Bogen/Widerlager. Einbinden der senkrechten Abmauerung. Untere Variante ist eine Ausführung durch Jakob Wolff. In ArchMM: Fleischbrücke Nr. 6 (vgl. Bd. 2)

Unterschiedliche Entwurfsvarianten existieren auch zur Problematik der Gründung. Gründungen mit Widerlagern, die in drei Höhenstufen abgetreppst sind, wurden in den Zeichnungen durchgespielt, aber verworfen. Dagegen kam die Idee auf, den Bogen mit schrägen Pfählen ins Erdreich fortzusetzen, als wenn sich der Bogen gegen eine geneigte Lehne stützt. In Abb. IV-18 weitet sich schon der Bogenquerschnitt zu den Kämpfern auf, die Ausführung der Fundamente erscheint hier jedoch nicht stark genug. Die der Ausführung nahe kommenden Varianten zeigen deutlich längere Fundamente.

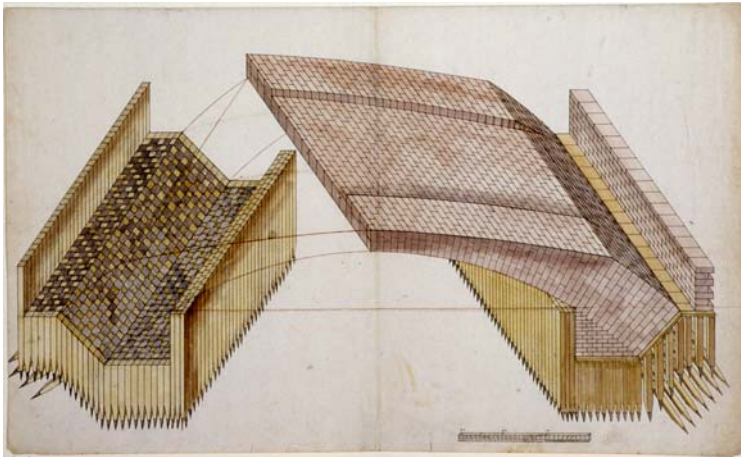


Abb. IV-18: Entwurf zur Fleischbrücke. In GNM: HB 1403 (vgl. Bd. 2)

Ausgeführt wurde eher ein gezimmerter Pfahlrost auf vertikalen Tragpfählen und Schrägpfählen, der zimmermannsmäßig mit den Pfählen verbunden wurde, etwa nach Abb. IV-19 bzw. IV-20, hier im Vergleich „Original“ und der „Kopie“ im BMB I.

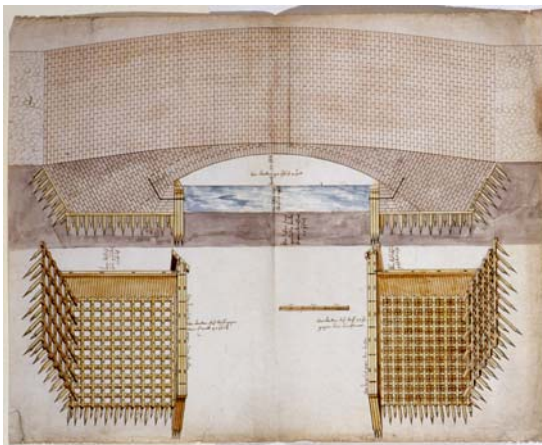


Abb. IV-19: Radial durchgemauert Bogen als Antwort auf statisch-konstruktive Überlegungen, Entwurf zur Fleischbrücke mit dargestellter Pfahlgründung. In GNM: HB 1406 (vgl. Bd. 2)

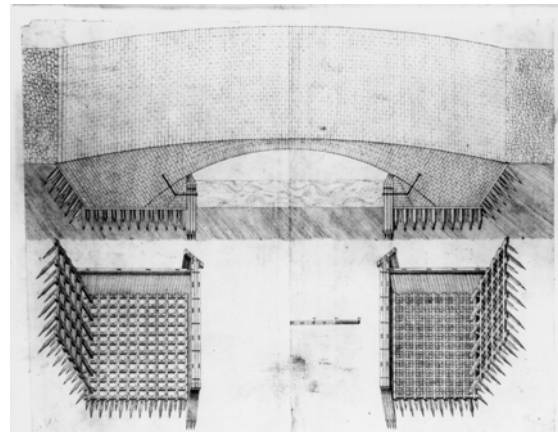


Abb. IV-20: Fast identischer Plan. In StAN, Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 45 (vgl. Bd. 2)

Die Auswertung der verschiedensten Entwurfspläne und verbalen Ausführungen Peter Carls bezüglich der Fundamente und Jakob Wolffs bezüglich der Verbindung des Bogens mit den Widerlagern verdeutlichen die Auseinandersetzung mit dem Kraftverlauf und die bautechnische Antwort: Ein zu den Widerlagern zunehmender Bogenquerschnitt, ein Einbinden und Übergehen des Bogens in das Fundament mit ebenfalls schräger Steinanordnung und im Verlauf des fortgesetzten Bogens Schrägpfähle zur Weiterleitung des Bogens bis hinein ins Erdreich (Abb. IV-21).

Die Entscheidung für Jakob Wolffs Entwurfsvariante, das Mauerwerk massiv zu den Kämpfern hin radial zunehmen zu lassen, entstand in einem kommunikativen Prozess und bedeutet die Abkehr vom typischen, bekannten Brückenaufbau, der aber auch weiterhin Anwendung fand: dem radialen Ring aus einer Steinreihe mit entsprechender horizontaler Aufmauerung

(Abb. IV-22), wie ihn die römischen Brücken aufwiesen.²⁸⁴ Ein radial im Verband zu mauernder und zu den Widerlagern massiv zunehmender Ring stellte an die Steinmetze größere Ansprüche als ein Ring mit keilförmigen Steinen und horizontaler Hintermauerung, müssen doch sämtliche Steine des Bogens keilförmig behauen werden.

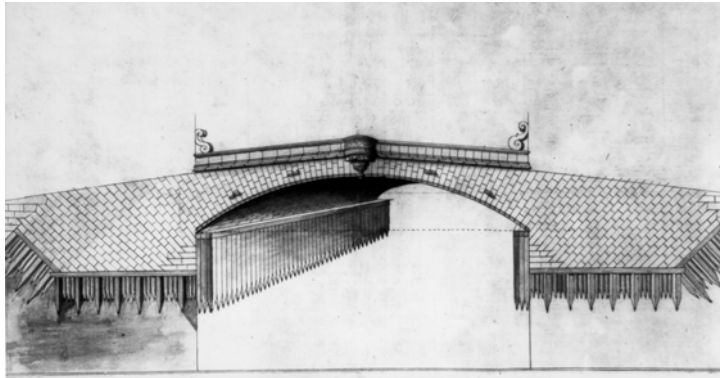


Abb. IV-21: Eine der Ausführung des Bogens sehr nahe kommende Darstellung. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 45 verso (vgl. Bd. 2)

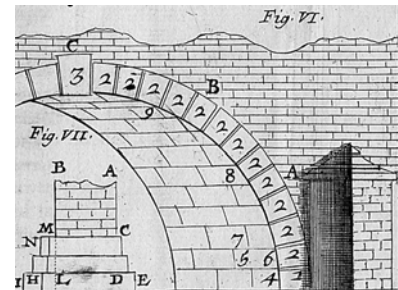


Abb. IV-22: Gleichmäßig starker Ring mit waagerechter Hintermauerung. In Gautier 1728, Ausschnitt aus Tafel 19

Anregungen durch Technologietransfer

Nach dem Vergleich der Entwurfspläne beider Brücken ist die Frage, ob die Nürnberger Kenntnis von den Entwurfsplänen von 1587/88 zur Rialtobrücke hatten, zu verneinen. Zwar findet sich unter den Entwurfsplänen zur Fleischbrücke auch die Idee einer getreppten Pfahlgründung in drei Höhenstufen, doch wäre bei Kenntnis der Pläne stark zu vermuten, dass die Nürnberger Baumeister auch versucht hätten, sich zeichnerisch mit der Aufweitung des Fundamentes in Richtung der Flussmitte – ein typisches Element der vorgestellten venezianischen Pläne – auseinander zu setzen und auch diesbezüglich Variantenstudien durchzuführen und gegebenenfalls zu verwerfen, aber keiner der Entwurfspläne zeigt dieses Konstruktionselement.

Keines der Gutachten zur Fleischbrücke bezieht sich auf die Rialtobrücke. Auch auf den Planzeichnungen findet man keine Verweise auf die Rialtobrücke. Dennoch gibt es den schriftlichen Beleg eines Technologietransfers Italien – Deutschland im Brückenbau während der Errichtung der Fleischbrücke. Im Baumeisterbuch I des Ratsbaumeisters ist ein Brief des florentinischen Architekten Pietro Cecini vom 30. Mai 1597 eingeklebt (Abb. IV-23). Er liest sich wie die Antwort auf die Frage: „Kann man die Fleischbrücke in einem flachen Bogen bauen?“

Die Antwort lautet: „*Hochverehrte Herren. Man wird die Brücke für die Stadt Nürnberg mit nur einem Bogen, dessen Spannweite 90 bis 100 Ellen beträgt, bauen können, und diese wird weniger kosten als jene mit drei Bögen...*“²⁸⁵ Cecini legt seine Gründe dar, betont die Schönheit, jedoch „*das Wichtigste von allem ist die Güte des Fundaments, auf der die Stabilität des Baus beruht, und man muss alle Sorgfalt in dieses Fundament legen, und besonders in das Flussbett, wo man Sand, angespülte Erde oder ähnliches finden kann, was stets abrutscht und nachgibt und größte Störungen ... verursacht ...*“

²⁸⁴ Vgl. Gautier (1728), Tafel 19.

²⁸⁵ StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 79. Übersetzung des italienischen Textes vollständig in Bd. 2 (Katalog).

Er erwähnt ferner die Profilzeichnung mit Grundriss der Ponte Santa Trinita, die er schon geschickt habe.²⁸⁶

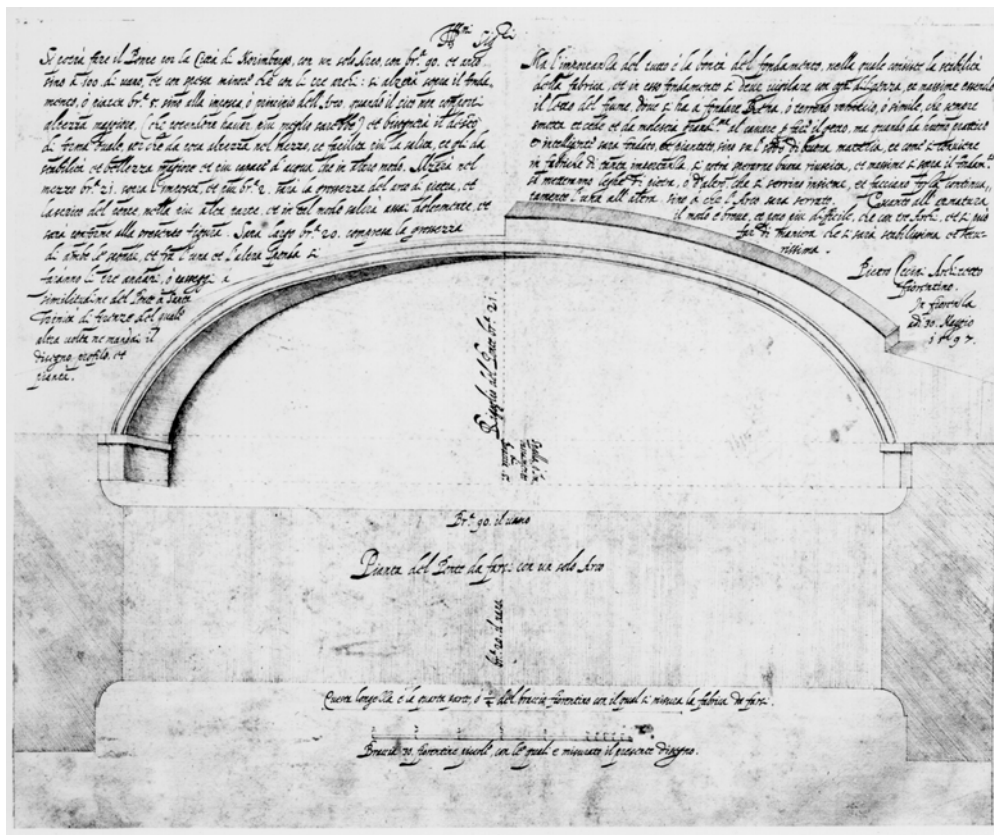


Abb. IV-23: Elliptischer Entwurf des Florentinischen Architekten Cecini. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 79 (vgl. Bd. 2)

Als Cecini den Brief schrieb, war die Entscheidung des Rates für eine einbogige Brücke jedoch schon längst gefallen; die Erdbauarbeiten waren seit ca. einem Jahr im Gange. Dennoch bedeutete dieser Brief eine Absicherung oder Bestätigung für das Vorgehen in Nürnberg. Denn im 1. Bauamt suchte man nach Anregungen. So lag dort Ende des 16. Jh. auch ein Plan der Scaliger-Brücke vor.²⁸⁷ Sein Interesse an anderen Brückenbauten zeigte der Ratsbaumeister Stromer dadurch, dass in seinem Baumeisterbuch verschiedene andere Brückenzeichnungen neben der Fleischbrücke eingeklebt sind, die allerdings weit weniger konstruktiven Charakter haben als manche der Entwürfe zur Fleischbrücke oder Rialtobrücke.

Durch den in den Entwurfsplänen erkennbaren Analyseprozess ist die These belegt, dass es den Baumeistern Peter Carl oder Jakob Wolff aus „statisch-konstruktiven“ Erwägungen heraus zwingend erschien, mit dem radialen Steinschnitt bis hinein in die Fundamente möglichst klar die Kräfte in den Baugrund und zu den Schrägpfehlen hin zu leiten, nachdem die Auseinandersetzung mit den Meinungen der anderen Werkleute erfolgt war.

²⁸⁶ Auch diese Zeichnung befindet sich im StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 81 recto. Sie ist nach W. v. Stromer vermutlich die älteste erhaltene Abb. von Ammanatis Brücke mit Grundriss und Querschnitt.

²⁸⁷ GNM: HB 1432 und StAN, Stromer-Archiv B 15, fol. 81 verso.

IV. 1.3 Errichtung der Fleischbrücke

IV. 1.3.1 Baumeister und Bauleute der Fleischbrücke

Um die Urheberschaft am Bau der Fleischbrücke einschätzen zu können, werden im Folgenden die an der Errichtung maßgeblich Beteiligten vorgestellt – sowohl in Bezug auf ihre Beiträge am Bau der Fleischbrücke als auch in Bezug auf ihr sonstiges Schaffen.

Wolf Jacob Stromer von Reichenbach

Über den Ratsbaumeister Wolf Jacob Stromer (* 26.5.1561, † 29. 6.1614) hat insbesondere W. v. Stromer so umfangreich publiziert, dass an dieser Stelle nur die Eckdaten genannt seien.²⁸⁸



Abb. IV-24: Wolf Jacob Stromer. Kupferstich von Andreas Khol

Sein 1575 an der rst. Akademie in Altdorf begonnenes Studium beendete Wolf Jacob Stromer (Abb. IV-24) 1579 in Bologna nach einer kurzen Zwischenphase in Ingolstadt. Von hier aus bereiste er Padua, Florenz, Rom und Venedig und fand hier möglicherweise über die italienische Renaissance sein Interesse an der Baukunst. 1584 wurde er Oberster Forstmeister im Sebalder Reichswald, um vier Jahre später in den Inneren Rat aufgenommen und am 10.4.1589 zum Baumeister vereidigt zu werden.²⁸⁹ Dieses Amt bekleidete er 25 Jahre bis zu seinem Tod. In seine Amtszeit fällt die Errichtung einer ganzen Reihe hervorragender Einzelbauten, außerdem der Neubau des Baumeisterhauses in der Peunt, die Verstärkung der Festung Lichtenau sowie die Fertigstellung der Befestigungsanlagen an der Wöhrdortorbastei. Neben der Sanierung sämtlicher 18 Brücken über die Pegnitz nach den verheerenden Hochwassern 1595 und 1602 gehen auch die Vorplanungen zum Neubau des Rathauses von 1616 auf Wolf Jacob Stromer zurück.²⁹⁰ Von 1590 bis 1613 war er auch einer der Bergherren (siehe S. 67) des Kornberger Steinbruchs.²⁹¹

Zu der Frage, wie die anteilige Leistung seines Vorfahren am Fleischbrückenbau einzuschätzen sei, äußert sich W. v. Stromer:

„Wenn auch der Bau von Brücken schon immer eine Gemeinschaftsleistung vieler verschiedener spezialisierter Fachleute war, so wird man letztlich Wolf-Jacob Stromer auch heute noch als den entscheidenden Baumeister der Fleischbrücke über die Pegnitz in Nürnberg bezeichnen müssen.

Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts bestritt ihm der Stadtarchivar und angesehene Stadthistoriker Nürnbergs, Ernst Mummenhoff, vehement diesen Rang und seine Leistung aus einem allgemeinen Vorurteil gegen das Patriziat, dem der Weg über handwerkliche Ausbildung zu

²⁸⁸ Insbesondere siehe Sporhan-Krempel, Stromer (1962) – Stromer (1984 a) – Stromer (1997).

²⁸⁹ StAN: Rst. Nbg. Ratsverlass Nr.1568, fol. 20, vom 10.4.1589. Der Ratsbaumeister Wolf Jacob Stromer selbst äußerte sich 1605 zu seinen Ämtern in GNM: Rst. Nbg. XVIII, Stromer Nr. 3.

²⁹⁰ Vgl. Diefenbacher, Endres (2000), S. 1054 – Thieme, Becker (1907), Bd. 32, S. 204.

²⁹¹ Siehe Geiger (1918), S. 172.

*technischem Können verschlossen gewesen sei. Wegen Mummenhoffs Autorität hält sich diese Meinung, obwohl sie generell, etwa durch die Leistungen und Erfindungen des Kartographen Paulus Pfinzing oder des Montaningenieurs Bertold Holzschuher, wie durch zahlreiche Schrift- und Bildzeugnisse von und über Wolf-Jacob Stromer selbst widerlegt ist.*²⁹²

Wie nachfolgend gezeigt werden kann, stritt nicht Ende des 19. Jh. Mummenhoff ihm diesen Rang ab,²⁹³ sondern Wolf Jacob Stromer war auch vor Mummenhoff dieser Rang als „*der entscheidende Baumeister*“ historisch gar nicht zugeschrieben worden. W. v. Stromers o. g. Passage ist ein Beispiel dafür, wie geschickt durch Auslassung von Informationen, Behauptungen (Mummenhoffs Vorurteil gegen das Patriziat) und angeführten Beweisen ohne weitere Quellenangaben W. v. Stromer mit seiner Autorität als Professor für Wirtschafts- und Technikgeschichte daran arbeitet, seinem Vorfahren diese Bedeutung zuzuschreiben.

Vom Ratsbaumeister signierte oder ihm eindeutig zugeschriebene Entwurfspläne der Fleischbrücke sind der Verfasserin nicht bekannt.²⁹⁴ Dass Wolf Jacob Stromer die zweibändigen Baumeisterbücher mit einem großen Fundus an Plänen, Karten, geometrischen Gebilden und Werkzeugen verfertigen ließ, zeichnet ihn aus, und sein Engagement ging über das eines Verwaltungsbeamten sicherlich weit hinaus. Er war in seiner Funktion als Ratsbaumeister beim Fleischbrückenbau sehr wohl derjenige, der die *Entscheidungsgewalt* hatte. Nur ist er damit noch nicht – obwohl sprachlich korrekt – der „*entscheidende Baumeister*“, zu dem W. v. Stromer ihn erheben will.

Interessant wäre die Klärung der Frage, wie die Verantwortlichkeit für den Fall eines Brückeneinsturzes ausgesehen hätte, mit welchen Konsequenzen der Ratsbaumeister bzw. die Werkmeister Peter Carl und Jakob Wolff hätten rechnen müssen. Mit dieser Kenntnis hätte man möglicherweise ein weiteres Indiz in der Diskussion um den eigentlichen Erbauer der Fleischbrücke in den Händen. Wegen der Vernachlässigung des eingestürzten Brückenbaus beim Irhertürlein hatte man 1489 nicht den Ratsbaumeister, sondern Jacob Grimm entlassen, der seit 1484 Stadtwerkmeister war, die weitgespannte Halle des Chores von St. Lorenz vollendet und die erste steinerne Brücke in Nürnberg errichtet hatte.²⁹⁵

Peter Carl

Peter Carl (* 1541, † 12.2.1617), geboren zu Helling (Rheinland-Pfalz), war seit 1580 in Nürnberg und trat ein Jahr später auf Lebenszeit in städtische Dienste. Neben seiner zentralen Rolle beim Bau der Fleischbrücke waren seine Hauptwerke die Errichtung des Dachstuhles für das Prellerhaus 1605 und die neue Fundamentierung 1612 für die vom Einsturz bedrohte Heilig-Geist-Kirche. Außerhalb Nürnbergs betätigte er sich u. a. in Sulzbach (1582/85), in Amberg beim Aufbau eines kurfürstlichen Schlosses (1601-1603), in Heidelberg bei Restaurierungsarbeiten am Schloss (1617/18) und in Mannheim beim Ausbau einer Festung.²⁹⁶ Über seine Fachkompetenz und auch über seine geistige Urheberschaft am Bau der Fleischbrücke lassen histori-

²⁹² Stromer (1988), S. 167.

²⁹³ Siehe Mummenhoff (1891), Kap. V, S.159-196.

²⁹⁴ Vgl. Sporhan-Krempel, Stromer (1962), S. 301 „Wolf Jacob Stromer verstand auch durchaus, Pläne und Risse zu zeichnen.“ Verwiesen wird auf eigenhändige Zeichnungen Stromers in StAN: Rst. Nürnberg, Karten und Pläne Nr. 210, 214 und 304. – Vgl. Schäfer (1897), S. 125 „Daß Wolf Jakob Stromer einige von den Blättern seines Baumeisterbuches [gemeint ist BMB I] selbst gezeichnet habe, haben wir keine Veranlassung anzunehmen.“

²⁹⁵ Zu Grimm siehe Stolz (1993), S. 43-46. – Zur Verantwortung von Brückenbauern vgl. Lorenz (1998), S. 105-132.

²⁹⁶ Vgl. Diefenbacher, Endres (2000), S. 180 – Thieme, Becker (1907) Bd. 5 S. 600-601 – Saur (1997) Bd. 16, S. 401.

sche Schriften keinen Zweifel, so Merian (1648): „*Der Erfinder unnd Werckmeister dieser Brücken / war der berühmte Peter Carl von Nürnberg bürtig / welcher auch den saal zu Heydelberg / im dicken Thurn am Schloß / von hundert Schuh weit / ohne Mittelsäulen / erbawet.*“²⁹⁷ Joachim von Sandrart meint: „*Unter allen Teutschen Architecten, deren fürtreffliche Werke ihren Namen berühmt gemacht, ist insbesondere zu benennen Peter Carl, Baukünstler zu Nürnberg, als welcher von Jugend auf viel Bauwerk glücklich geführet.*“²⁹⁸ Auch in Marpergers „*Historie und Leben der berühmten Europäischen Baumeister*“ wird „*PETER CAROLUS*“ als berühmter Baumeister in Nürnberg beschrieben, der „*bauete Anno 1597. die aus einem Bogen bestehende Wunderwürdige so genante Fleischbrücke daselbst*“.²⁹⁹

Hampe nimmt ca. 30 Ratsverlässe über Peter Carl in „*Nürnberger Ratsverlässe über Kunst und Künstler (1449-1618)*“ auf und zählt somit ihn, ebenso wie Jakob Wolff d. Ä. und d. J. zu den Künstlern. Aber er spart jegliche Ratsverlässe mit Bezug zur Fleischbrücke aus. Viele aufgeführte Ratsverlässe verdeutlichen das Problem des Rates mit dem gefragten Baumeister, weil dieser wiederholt nicht in der ihm gesetzten Frist von auswärtigen Aufträgen nach Nürnberg zurückkehrte, auch nicht nach mehrfacher Aufforderung des Rates, besonders im Jahr 1585. Der Rat erwog sogar, „*wie man einen feinen erfahrenen und deß waßergepeu verstendigen gellen neben dem maister Karlh aufziehen und im fall der nott und in abwesen seiner mit demselben versehen mecht.*“³⁰⁰

Nachdem der Rat diese Erfahrungen mit Peter Carl gemacht hatte, verwundert es nicht, dass ihm der Ratsbaumeister 1598 ein Reise gesuch verwehrte.³⁰¹ Konflikte zwischen dem Ratsbaumeister Wolf Jacob Stromer und dem 20 Jahre älteren Peter Carl beschreiben Sporhan-Krempel/Stromer anhand eines Briefes von 1608, den der Ratsbaumeister gegen Peter Carl verfasste. Darin legt der Ratsbaumeister besonders den schwierigen Charakter Peter Carls dar, rät von seiner weiteren Berufung zum Stadtmeister ab und schlägt Hans Schweher vor, der letztlich dann dieses Amt übernimmt.³⁰²

Peter Carl hinterlässt keine signierte Zeichnung in den derzeitig bekannten Plänen, wohl aber weist eine kolorierte Planzeichnung nebst Baubeschreibung der Gründung ihn als Zeichner aus, weil in anderer Handschrift auf dem Plan vermerkt ist: „*Dieses ist also maister Peter Carls mainung, auß der ursach, dieweil er in einem solchen wässerigen faulen grund kein bessere beuestigung zu vergründten waiß ...*“³⁰³

Peter Carl selbst beschreibt seinen Anteil am Fleischbrückenbau: „*... ich dann alls ein werck und zimmerman das meinige auch gethan, und was ich für mühe, arbeit, sorg, bei tag, und nacht, wie ouch darsetzung leibs und lebens bei diesem grosen werck angewendet, daz wirdt E. E. und H. gleichfalls ne verborgenn sein, verhoffennt es sei dieses werck durch verleyhung*

²⁹⁷ Merian (1648), S. 43.

²⁹⁸ Sandrart [1675] (1925), S. 264. – Eine ältere Quelle, die Lüdersche Chronik, hebt in Bezug auf der Herstellung der Gründung, des Lehrgerüsts und der Wasserpumpen lobend Peter Carl hervor und erwähnt eine Inschriftentafel aus Eiche mit einem Vers Peter Carls, die mit der Gründung eingebaut wurde, siehe in StAN: Rst. Nbg. Hs 49, fol. 302, 304, 304 verso, 313 verso. Transkription siehe Bd. 3 (Materialsammlung).

²⁹⁹ Marperger (1711), S. 381.

³⁰⁰ Hampe (1904), S. 139, Nr. 799, Ratsverlass vom 26. 5. 1585. Reise gesuch in sein „*Vatterland*“ (Heimat).

³⁰¹ StAN: Rst. Nbg. Ratsverlass Nr. 1689, fol. 11 vom 12.9.1598.

³⁰² Sporhan-Krempel, Stromer (1962) S. 297-298. Hans Schweher oft auch als Hans Schwer geschrieben.

³⁰³ StadtMN, Graphische Sammlung: Hopf 5584.

*göttlicher gnade, unnd unzehlicher arbeit, sorg und großer müe, dermassen vollendet, das daran E. E. und H. ein gönstiges wolgefallen, unnd dessen nicht wenigen rumb haben werden. ...*³⁰⁴

Die wöchentliche Entlohnung für die Arbeit an der Fleischbrücke betrug für Peter Carl 6 Gulden und für den Zimmermann Hans Schweher 4 Gulden nach einem Verlass vom 15.4.1596.³⁰⁵

Jakob Wolff d. Ältere, Jakob Wolff d. Jüngere

Über das Leben von Jakob Wolff d. Ä. (* um 1546, † 4.4.1612), der von 1596 bis 1612 in der Reichsstadt Nürnberg wirkte, ist man, zumindest was seine berufliche Laufbahn anbelangt, informiert. Geboren um 1546 in oder bei Bamberg war er nach seiner 5-jährigen Lehrzeit als Steinmetz einige Jahre als Steinmetzgeselle tätig. 1572-1595 leitete er die Arbeiten des Domkapitels zu Bamberg, vor allem hatte er die Entwürfe zu fertigen. Dennoch trat er am 5. Januar 1596 als Stadtwerkmeister für 8 Jahre in die Dienste der Reichsstadt Nürnberg.³⁰⁶

*„Dieweil Jacob Wolff Stainmetz zu Bamberg ein Kunstreicher Maister sein soll, und sich für einen Stattmaister alhie gebrauchen lassen will, soll man mit Ihme handtlen, und do er wochentlich 2½ oder 3 fl und Jährlich 40 oder 50 fl zu sampt den accidentalien nommen tuet, Ihme Auff Acht Jahr lang bestellen.“*³⁰⁷ Der Herr Baumeister und – was sich selten in den Ratsverlässen findet – auch Herr Welser, der derzeitige Bauherr der Stadt, zeichnen diesen Verlass.

Wolffs Ruf reichte über Nürnbergs Grenzen hinaus und mehrfach richteten auswärtige Auftraggeber Gesuche an den Nürnberger Rat, ihnen den Meister Jakob Wolff zur Beratung, „Visierung“ und Leitung ihrer Bauvorhaben für einige Zeit zu überlassen. Er war in Nürnberg der einzige Steinmetz mit 5-jähriger statt der in Nürnberg üblichen 3-jährigen Ausbildung.³⁰⁸ Vorstellbar ist, dass der Rat 1596 Jakob Wolff d. Ä. speziell wegen seiner qualifizierten Ausbildung als Werkmeister einstellte, da der Bau der Fleischbrücke bevorstand. Ob Wolffs Entwürfe zur Fleischbrücke dem Rat schon vor seiner Ernennung zum Stadtmeister bekannt waren, lässt sich nicht ermitteln, da seine drei signierten Entwürfe nicht datiert sind. Wohl aber zeigen spätere signierte und datierte Zeichnungen, dass Jakob Wolff die Entscheidungen für den Steinschnitt traf.

Wie ein Ratsverlass vom 29.8.1605 besagt, wurde *„... M. Jacob Wolfen, stainmetzen, vor disem von den herren Eltern das bürgerrecht geschenckt ...“* und sein Vertrag als Stadtwerkmeister nach 8 Jahren im Gegensatz zum Vertrag von Peter Carl verlängert.³⁰⁹

Auch für Jakob Wolff findet sich ein Beleg, der ihn als den eigentlichen Baumeister beschreibt. In der Starckschen Chronik betont der letzte Eintrag über den Fleischbrückenbau Jakob Wolffs Stellung: *„Diese Prucken hat gepaut meister Jakob, Steinmez von Bamberg“*.³¹⁰

Wolff selber meint dazu, er habe *„... dies Fleischbrucken, mit grosser sorg mühe und arbeit naher bißhero verrichtett, und neben andernn maistern, welche ein große besoltung, ich aber*

³⁰⁴ StadtAN: B1/II, Nr. XVI 9, № 2.

³⁰⁵ StadtAN: A 26 (aus Rep. 87), Nr. 814.

³⁰⁶ Siehe Diefenbacher, Endres (2000), S. 1202 – Schwemmer (1969), S. 194- 213 — Thieme, Becker (1907) Bd. 36, S. 201-203.

³⁰⁷ StAN: Rst. Nbg. Ratsverlass Nr. 1655, fol. 6 vom 5.1.1596 (fl = Gulden).

³⁰⁸ Fleischmann (1985), S. 55.

³⁰⁹ Hampe (1904), S. 356, Nr. 2024, Ratsverlass vom 29.8.1605.

³¹⁰ StBN: Amb. 616, 2°, fol. 298 verso.

mich wochentlich mit zweyen güldten hab müssenn benügen laßen, dar zu man auch nebenn mir keinen perlier oder setzmaister gebraucht. sonndernn solich groß werckh mit einem und meiner söhnn, großen mühe unnd arbeit vom grundt auff in das werckh gericht.“³¹¹

Sein Sohn Jakob Wolff d. J. (* vermutlich 1571, † 24.2.1620), der – wie auch Peter Carls Sohn – in die Fußstapfen seines Vaters trat, beschreibt seine Tätigkeit am Bau der Fleischbrücke wie folgt: „... *biß inn daz vierte jahr, willig und gern, auch darzue habe gebrauchen lassen, sonnderlich was die Fleischbrucken belangt, also ich neben meinem vatter, für einen perlier, daz gannze fundament habe sezenn und verrichten helffen ...*“³¹²

Obwohl dieser zu der Zeit noch Geselle unter seinem Vater war, erhielt er bereits 1600 einen Dienstvertrag mit dem Rat, der ihm sogar eine bezuschusste Reise durch Deutschland gewährte. Offenbar standen beide – Jakob Wolff der Ältere und auch Jakob Wolff der Jüngere, die auch nach dem Bau der Fleischbrücke immer wieder zusammenarbeiteten – in der besonderen Gunst des Rats und des Ratsbaumeisters. Jakob Wolff d. J. verfertigte vermutlich auch verschiedene Zeichnungen für dessen Baumeisterbuch.³¹³ Später ebenfalls Stadtwerkmeister ist Jakob Wolff d. J. vor allem als der Baumeister der Wöhrder Torbastei, des Baumeisterhauses und als Erbauer des neuen Rathauses bekannt, das als sein Hauptwerk angesehen wird.

Meister, Gesellen und Tagelöhner

Neben Peter Carl und Jakob Wolff waren außerdem 6 Meister und 150 Gesellen der Steinmetzen, Zimmerer und anderer Gewerke sowie etwa 160 gemeine Arbeiter, Handlanger und z. B. Tagelöhner am Bau der Fleischbrücke beteiligt.³¹⁴ Das waren rund sechs mal soviel Arbeiter, wie normalerweise im 16. Jh. für die Errichtung eines Bauwerks eingestellt wurden.³¹⁵

Einen Einblick in die Arbeitsbedingungen der verschiedenen Berufsgruppen beim Fleischbrückenbau liefert eine Akte mit Bittschreiben, die Wolf Jacob Stromer zusammenfasste und sie beim Rat einreichte: „*Der samtl. Beamten, Meister, Gesellen und Handlanger, so an der Fleischbrücken gearbeitet übergebene Supplicationes um eine Verehrung Ao 1600 betr.*“³¹⁶ Es war im rst. Baugeschehen üblich und auch in der Handwerkerordnung von 1597 geregelt, dass nach „*Fertigstellung eines ansehnlichen Hauptbaus / ein Bauherr dem Meister, der den Bau gemacht hat / ... über die bestimpte Belohnung / noch ein zimliche Verehrung und Erstattung thun soll.*“³¹⁷ Um solch eine Verehrung baten die, die am Bau der Fleischbrücke beteiligt waren. Die Schreiben sind nach Hierarchie sortiert. Nach dem Schreiben des Ratsbaumeister Wolf Jacob Stromer, der darin auch wertende Bemerkungen zu den Tätigkeiten seiner Fachleute macht, folgen die Bittschreiben von Peter Carl, Hans Schweher, Jakob Wolff d. Ä., Jakob Wolff d. J., dem Pflasterer Cunrath Becherer, dem Zimmermann Mattheus Herdegen und dem

³¹¹ StadtAN: B1/II, Nr. XVI 9, № 4.

³¹² StadtAN: B1/II, Nr. XVI 9, № 5.

³¹³ Siehe Schwemmer (1969), S. 202.

³¹⁴ StadtAN: B1/II, Nr. XVI 8a.

³¹⁵ Vgl. Obergaßner (1933), S. 15.

³¹⁶ StadtAN: B1/II, Nr. XVI 9 mit über 80 Namen: Jedes der Schreiben meist in dreifacher Kopie (№ 1^a, № 1^b, № 1^c), enthaltend: № 1: Wolf Jakob Stromer; № 2: M: Peter Carl, Zimmermann; № 3: Hans Schweher, Zimmermann; № 4: M: Jakob Wolff, Steinmetz; № 5: Jakob Wolff der Jüngere, Steinmetzgeselle; № 6: M: Cunrath Becherer, Stadtpflasterer; № 7: M: Mathes Herdegen, Zimmermann auf der Peunt; № 8: Friedrich Ziel, Bauschreiber; № 9: 50 Steinmetzgesellen; № 10: 13 Pflasterergesellen und 6 Pfastererhandlanger; № 11: 8 fremde Steinmetzgesellen und Maurer; № 12: 20 Tagelöhner auf der Fleischbrücke; № 13: Wolf Jakob Stromer (Abrechnung).

³¹⁷ Zwei Druckseiten, eingeklebt in STBN: Starcksche Chronik, Amb. 612, 2°.

Bauschreiber Friedrich Ziel. Es schließen sich Sammelbriefe von einheimischen Steinmetzgesellen, von Pflastergesellen und -handlangern, von fremden Steinmetzen und Maurern sowie von den Tagelöhner an.³¹⁸

Besonders die Eingabe der Tagelöhner zeigt deren schwierige soziale Lage sowie ihre harten und gefährlichen Arbeitsbedingungen an der Fleischbrücke, wie auch der Unfall mit Todesfolge eines Handlagers.³¹⁹

Inständig bitten sie „... *untertänigst den ehrenwerten, umsichtigen, ehrbaren, weisen und gepriesenen Rat, doch die kalten Nächte anzuschauen, die sie im Grund im Wasser bei diesem Wasserbauwerk Tag und Nacht arbeiteten wie sonst kein angestellter Arbeiter der Peunt. Wo sie doch auch Sorge haben mussten in jedem Augenblick, dass Gott ein Unglück schicken könnte oder einer lahm oder krumm würde oder gar ganz bleiben müsste. Und das man ihnen doch deshalb diese Verehrung nicht abschlagen möge, wo sie doch willig und gehorsam jede Arbeit übernehmen würden, egal wo man sie bräuchte.*“³²⁰

Aus den beigefügten Tecturzetteln ist ersichtlich, wieviel an „*Verehrung*“ jeweils gezahlt wurde, betragsmäßig gestaffelt nach der Wichtigkeit der Position. Der Ratsbaumeister erhält 200 fl, Jakob Wolff 125 fl, Peter Carl, Hans Schweher und Mattheus Herdegen je 50 fl, der Bauschreiber Friedrich Ziel 24 fl und die Tagelöhner letztlich werden an den Ratsbaumeister verwiesen, wobei unklar bleibt, ob und wie viel dieser ihnen zahlte.³²¹

Wenn auch das stillschweigende Wissen und das Geschick der Arbeiter nicht die zentrale oder die führende Rolle beim Bau der Fleischbrücke spielte, trugen sie dennoch entscheidend zum Gelingen bei und gingen hoffentlich als letztes Glied in der Kette bei der Zuteilung der „*Verehrung*“ nicht leer aus.

³¹⁸ Die Sammelbriefe liegen in Bd. 3 (Materialsammlung) transkribiert vor.

³¹⁹ Der Bauschreiber Friedrich Ziel gibt den Tod eines Handlangers bekannt, der beerdigt werden soll. In StAN: Rst. Nbg. Ratsverlass Nr. 1675, fol. 17, vom 28.7.1597.

³²⁰ In Hochdeutsch übertragen nach StadtAN: B1/II, Nr. XVI 9.

³²¹ StadtAN: B1/II, Nr. XVI 9, №13. – Vgl. dazu StadtAN: A 26 Nr. 816. Es sei am 24. Novembris 1601 zur Erstellung eines Verzeichnisses gekommen, das nicht mehr vorhanden sei, aber die Meister hätten berichtet, das durch den verstorbenen Herrn Nützel die Verehrung ausgeteilt worden sei.

IV. 1.3.2 Baustelleneinrichtung

Werkzeuge, Maschinen

Statt verbaler Beschreibungen der Baustelleneinrichtung sind nur Zeichnungen aus verschiedenen Stadien überliefert. Einen frühen Zeitpunkt des Baugeschehens hält quasi fotografisch eine Federzeichnung aus dem Baumeisterbuch I fest (Abb. IV-25). Die Blickrichtung ist stromabwärts, rechter Hand liegt der Hauptmarkt, linker Hand die heutige Kaiserstraße.

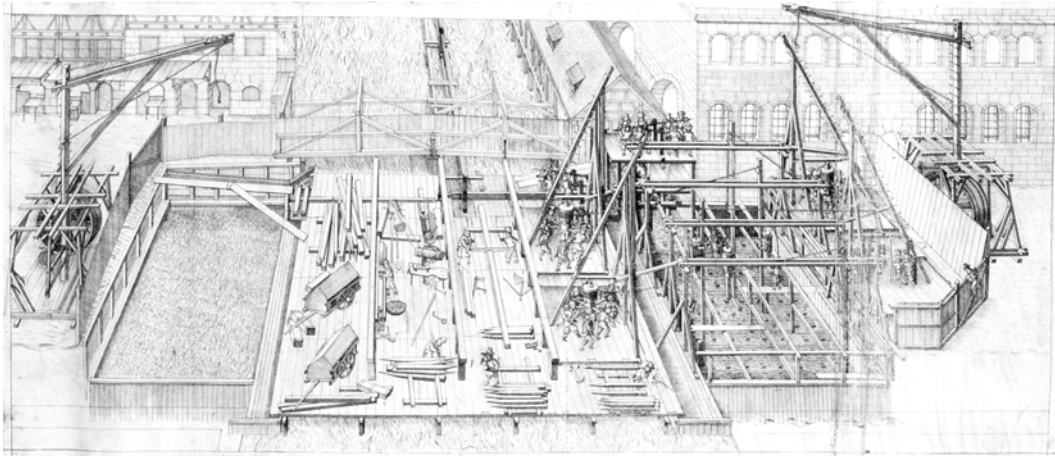


Abb. IV-25: Baustelleneinrichtung mit hölzernem Notsteg. In: StAN, Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 39 (vgl. Bd. 2)

Ein Notsteg für Fußgänger sorgt für die Verbindung zwischen beiden Flussufern, der zusammen mit der Unterstrom angrenzenden Bebauung in roter Tinte abgesetzt dargestellt ist, rechts das Fleischhaus. Die Arbeitsplattform mit ersten Stützen für das Lehrgerüst ist bereits errichtet. Sie ist sechsfach in Flussquerrichtung unterstützt. Ausgestattet ist die Baustelle mit zwei Kränen mit Tretmühlen, vier Rammen für die lotrechten Pfähle, sowie einer Arbeitshütte. Ein Bauzaun sichert die Baustelle.³²² Auf der Plattform stehen Werkzeugkarren zur Verfügung und Arbeiter sind beim Sägen und Spitzen der Pfähle zu beobachten sowie an den Winden der Rammen.

Der Zeichner und Glasschneider Johann Leonhard Maximilian Keyl (* 1724, † 1793) war ab 1761 Anschicker auf der Peunt und führte den Titel eines Ingenieurhauptmannes.³²³ Er stellt auf seiner Federzeichnung – eine Nachzeichnung des Petzold-Pokales, den der Ratsbaumeister 1598 vom Rat erhielt – das Mauern des Bogens dar. Zum Versetzen der Steine ist auf beiden Bogen-seiten ein Kran im Einsatz.³²⁴ Auch das Ausrüsten nach vollendetem Bogenschluss ist durch eine Zeichnung überliefert. Dort beschäftigen sich Arbeiter mit dem Lösen oder Lockern der langen Keile zwischen den Stützen des Lehrgerüsts und der darüber liegenden Stützkonstruktion (Abb. IV-26).

³²² Die angedeutete Sicherung der Baustelle mit einem Bauzaun mag auch vor neugierigen Blicken schützen – man beachte die über den Bauzaun spähende Person.

³²³ Siehe Grieb (2000).

³²⁴ Der Verbleib dieser Zeichnung ließ sich nicht klären. Sie liegt als Foto im wissenschaftlichen Nachlass (Brücken) von W. v. Stromer an Dr. Holger Falter vor, Abb. in Bd. 3, S. 67 (Materialsammlung). Da sie sich nicht in Nürnberger Einrichtungen findet, verbleibt eigentlich nur Schloß Grünsberg, wo sich auch der nachgegossene silberne Pokal befindet. Aber auch bei der „Stromerschen Kulturgut-, Denkmal- und Naturstiftung“ weiß derzeit niemand etwas über den Verbleib der Originalzeichnung.

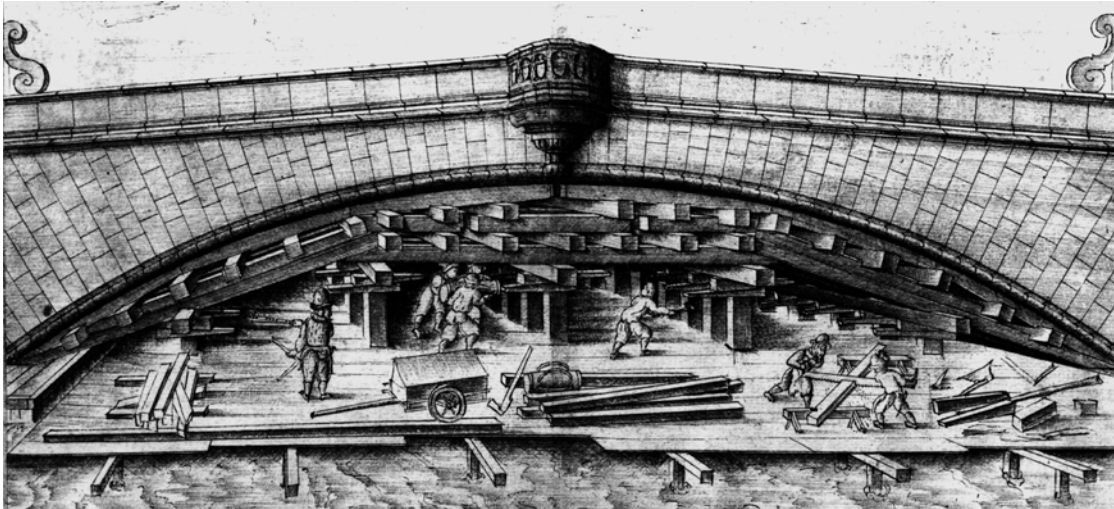


Abb. IV-26: Die Fleischbrücke mit möglichem Lehrgerüst, aber fehlenden Rosetten, Ausschnitt. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 43 (vgl. Bd. 2)

Ob Greif- und Hebewerkzeuge der Art (Abb. IV-27), wie sie im BMB I dargestellt sind, ihre Anwendung auch auf der Baustelle der Fleischbrücke fanden, ließ sich nicht klären.³²⁵

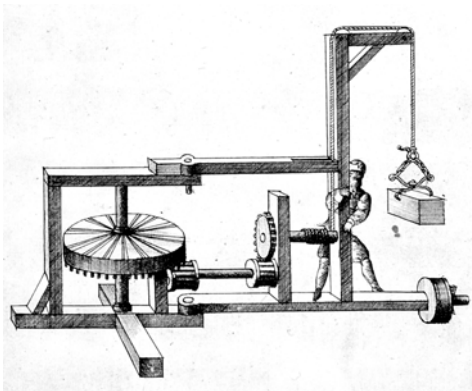


Abb. IV-27: Hebewerkzeug. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 123 rechts

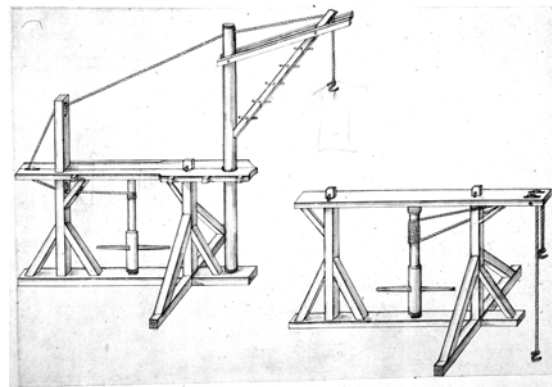


Abb. IV-28: Hebewerkzeuge. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 209

Rammen

Von zentraler Bedeutung für die Standsicherheit des Brückenbauwerks war die Gründung. So schenken die Baumeister dieser besondere Beachtung und wussten um die Notwendigkeit einer tragfähigen Pfahlgründung. Mit welchen Rammen man allerdings die Pfähle rammen soll, ist zumindest 1595 noch unklar. In dem Gutachten vom 27.10.1595 „*Der Werkleut gegebenes Bedenken, wie man die Fleischbrücken von Steinen beständig bauen kann*“ heißt es: „... wird man es mit hiesigen Häusern oder Zügen nicht tun lassen, dann sie zu solchen Gewalt und Werk viel zu gering sein. Man werde, sonderlich zu den Schrägpfählen noch andere trachten müssen.“³²⁶

³²⁵ Dort auch Darstellung von Saugpumpen und automatischen Kippanlagen. StAN: Stromer-Archiv, B 15, fol. 121 und fol. 123 Saugpumpen – Kippanlage fol. 125. – Weitere aquarellierte Federzeichnungen von Kränen im „Buch der Kriegsmaschinen“ von Hanns Formich-Schneider und Hans Jacob Wissmüller, angelegt um 1600 für Wolf Jakob Stromer. In StAN: Stromer-Archiv, A 254, fol. 253-255 verso (alte Zählung in Tinte). Einfache Darstellung einer Ramme fol. 168 (alte Zählung in Tinte).

³²⁶ Pechstein (1975), S. 82. Vollständige Transkription übernommen in Bd. 2 (Katalog), Hs 31700.

Jedenfalls kam der Vorschlag des Paulus Piringer, eines Steinmetzen aus Prag, nicht zum Einsatz:

„... wie man zu Prag die Pfähl pflegt zu schlagen. Nämlich macht man ein Floß oder Schiff es sei ein Pfahl kurz oder lang wie hie verzeichnet ist, so wird oben ein Loch darin gemacht dadurch man ein Zwerch-zwingen stößt und das Gerüst darauf legt, welches Gerüst gemacht wird wie hier abgerissen ist, alsdann steigen die Leut auf solchen Gerüst und schlagen den Pfahl mit dem darob gerissenen Höxer, welcher ungefähr 4 Zentner schwer ist. Die schwereren aber, so die Leut und das Gerüst haben, helfen den Pfahl mit dem Schlagen auch hinein drücken. Man kann auch solch Gerüst sowohl die Pfahl mit dem Floß oder Schiff an welches Ort man es bedürftig, immer fortführen, daß man kein neue Gerüst machen darf.“³²⁷

Aus den Voruntersuchungen zum Bau des Hochwasserstollens liegen Bohrprofile hinter dem südlichen Widerlager vor. Keuperletten mit Quacken, stark sandig, beginnen erst ab einer Höhenkote von ca. 287,9 m abwärts, Sandstein steht erst rund 2 m tiefer an. Über den Keuperletten lagern Sandschichten, darüber schlickiger Sand und zuoberst schwarzer Schlick. Der schlickige Sand reicht bis zur Höhenkote von 289,4 m.³²⁸ Für das südliche Fleischbrückenwiderlager mit einer Unterkante auf Höhenkote 292,25 m hätte es also mehr als 4,35 m gebraucht, um überhaupt den Bereich der Keuperletten zu kommen. In den historischen Gutachten zur Fleischbrücke finden sich Vorschläge, die Hauptpfähle 10-12 Schuh tief einzuschlagen (3,0-3,6 m).³²⁹ Die Pfahllängen der Hauptpfähle in den Zeichnungen mit Skala bewegen sich ebenfalls in dieser Größenordnung, einige Zeichnungen sehen Pfahllängen von rund 18 Schuh vor (5,5 m). Offen bleibt, wie man beim Rammen entschied, ob der Pfahl tragfähigen Grund erreicht hatte, denn es *„deuten alle Entwurfsvarianten und Gutachten auf die Baupraxis des 16. Jh. hin, wo bei der Differenzierung in lange (Trag-) Pfähle und kürzere Verdichtungshölzer noch nicht darauf geachtet wurde, zumindest alle langen Pfähle jeweils soweit in den Boden zu treiben, bis sie unter der Wucht verschiedener Fallgewichte und nach längeren Ramppausen nicht mehr nachgaben.“³³⁰*

Hingegen hatte man nach Aussage eines Zeugen beim Bau der Rialtobrücke in Venedig die Pfähle solange gerammt, bis sie nach einer Hitze von 24 Schlägen weniger als zwei Finger tief eindringen.³³¹ Belidor hielt die Tragfähigkeit des Pfahles für erreicht, *„wenn die Eindringtiefe des Pfahles während der letzten Hitze von 25-30 Schlägen nicht mehr als 1-2, bei weniger belasteten Pfählen höchstens 6 Pariser Linien beträgt“³³²* (0,225-0,45 cm bzw. 1,35 cm).

Das Rammen der Grundpfähle und besonders der Schrägpfähle stellte ein Problem dar. Zugrammen schieden eher aus, mussten doch für ihre Bedienung je nach Bärengewicht viele Arbeiter eingesetzt werden, an großen Zugrammen mit Bärengewicht von 600 kg sogar bis zu 50 Arbeiter. Bei höherem Bärengewicht waren Zugrammen mit mechanischen Hilfsgeräten von

³²⁷ Pechstein (1975), S. 83. Vollständige Transkription übernommen in Bd. 2 (Katalog), Hs 31700.

³²⁸ Bohrprofile im Zusammenhang mit der Errichtung des Hochwassertunnels im Maßstab 1:50 in Tiefbaumt Nürnberg: Brückenbuch BW 1.020 Fleischbrücke und BW 1.028 Hochwasserstollen, S.4.

³²⁹ GNM: Hs 31700, Transkription siehe Bd. 2 (Katalog).

³³⁰ Borrmann (1992), S. 172. Borrmann sieht darin den Grund für die enorme Setzung, die er nach Sandrart (1675) zitiert, die aber eine falsche, immer wiederholte Überlieferung darstellt. Siehe Anm. 373, S. 116.

³³¹ Siehe Scheidegger (1994), Bd. 1, S. 233.

³³² Scheidegger (1994), Bd. 1, S. 234.

Nöten. Für das Aufwickeln des Seiles kamen Rammen mit Winden oder mit Treträdern in Frage.³³³

Die tatsächlich bei der Fleischbrücke verwendeten Rammen sind in keiner Quelle verbal beschrieben. Ihre Darstellung auf der Baustellenzeichnung (Abb. IV-29) lässt aber die Ähnlichkeit mit einer von dem Mathematiker und Artilleristen Bernard de Belidor (* 1697, † 1761) gezeichneten Zugramme mit Haspelantrieb erkennen,³³⁴ wenn auch der Schnepper zum Ausklinken des Rammbaren, wie bei Belidor dargestellt, nur undeutlich erkennbar ist.

Im süddeutschen Raum sind höhenverstellbare Rammen mit Haspelantrieb, Rammtau und Schnepper zumindest seit 100 Jahren vor Errichtung der Fleischbrücke bekannt und dargestellt im Hausbuch der Familie Waldburg-Wolfegg, das um 1480 in Süddeutschland publiziert wurde (Abb. IV-30).³³⁵ Man kann darin eine derart intelligent ausgelegte Rammkonstruktion erkennen, die „*rasch demontiert und auf der nächsten Baustelle wieder montiert werden konnte. Interessant auch die beiden Streben auf der Rückseite, mit denen die Ramme ohne große Mühe ins Lot gesetzt werden kann*“³³⁶.

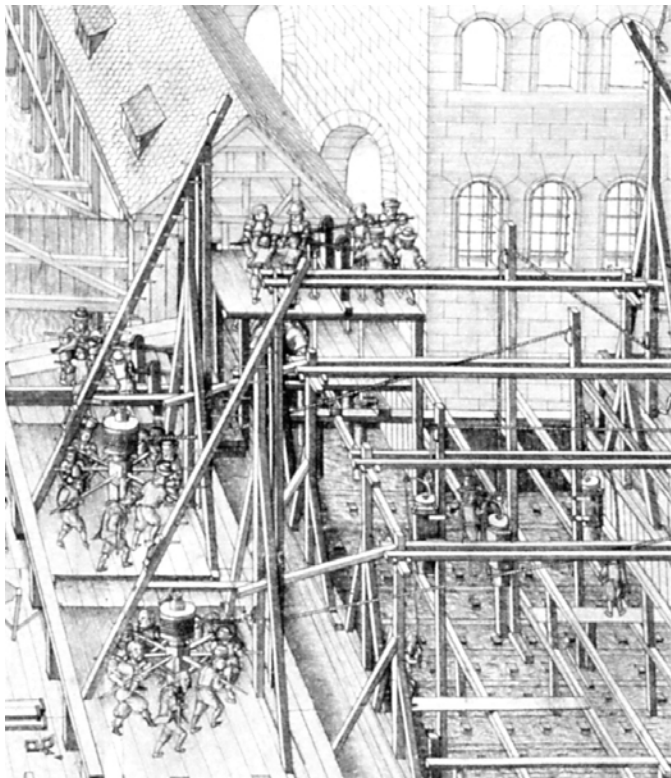


Abb. IV-29: Die Rammen der Fleischbrücke, Ausschnitt aus der Baustellenzeichnung in Abb. IV-25, S. 103



Abb. IV-30: Ramme im Hausbuch der Familie Waldburg-Wolfegg, fol. 38 verso

Bei den Rammen der Fleischbrücke hat – sofern es sich um eine etwa maßstäbliche Darstellung handelt – die Winde einen Durchmesser von ca. 60 cm. Der Radius, auf dem die Arbeiter gehen, dürfte ca. 1,5-1,8 m betragen.

³³³ Siehe Scheidegger (1994), Bd.1, S. 230.

³³⁴ Siehe Scheidegger (1994), Bd.1, Abb. 109.

³³⁵ Waldburg Wolfegg [um 1480] 1997, fol. 38 verso.

³³⁶ Scheidegger (1994), Bd. 1, S. 233.

Wasserhaltung

Erfolgte die Wasserhaltung beim Bau der ersten steinernen Fleischbrücke noch ausschließlich mit Schöpferäten und einer Wasser ableitenden Rinne, so war die Technik inzwischen fortgeschritten. Bei der jetzigen Fleischbrücke kamen Pumpen zum Einsatz. Auf Abb. IV-25, S. 103 oben in Bildmitte erkennbar ist die Stangenkunst, auch einzeln dargestellt auf der Rückseite der Abbildung Baustelleneinrichtung im BMB I (Abb. IV-31).³³⁷

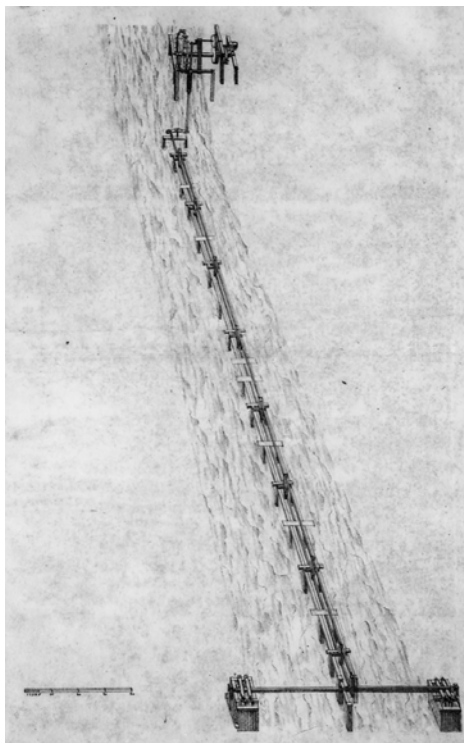


Abb. IV-31: Stangenkunst. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 39 verso

Laut Stromer diente sie dem Antrieb der Pumpen, bzw. war sie eingesetzt, um mit der Kraftübertragung von der stromab gelegenen Pfannenmühle die Baugruben für die Brückenfundamente leer zu pumpen. Kurz nach der bildlichen Veröffentlichung durch Errard de Bar-Le-Duc, sei durch den Ratsbaumeister Stromer eine erstmalige Anwendung dieser eigentlich bergbautechnischen Entwicklung erfolgt, die wenig später für die Wasserkünste im Harzbergbau eine wesentliche Rolle spielen sollte.³³⁸

Die Lüdersche und die Starcksche Chronik berichteten als historische Quellen über die Bauart der „*Wasser Pumpen, Damit man das Wasser auß der Pegnitz zum grundt außschopffen, Durch Arbeiter die dar zu verordnet werden tag und nacht an einem zug herumb treiben, Welche Pumpen ein Radt uf der Pfannenmuhl Hin und wider getrieben und herumb gezogen, Ware diese pomppen von Holtzwerck und eissern Ketten gemacht gewessen, Und von der prucken beim schlag Hauß.*“³³⁹ Offensichtlich bedienten neben dem Antrieb durch das Mühlrad auf der Pfannenmühl auch die Arbeiter an „einem Zug“ die Pumpen. Für

diese Arbeiten setzte man überwiegend Handlanger und Tagelöhner ein, die im Gegensatz zu den Arbeitern der Peunt Tag und Nacht unter schwierigen Arbeitsbedingungen auch im Wasser zu arbeiten hatten. Erst im Juni 1598 wurden die Pumpen entfernt.

Im Jahre 1605 verlangt der Müller auf der Pannenmühle eine ihm versprochene Vergütung, weil er „zu dem Schöpfwerck bey erpauung der Flaischbrucken, ein Rad 58. wochen hergelihen, welchs er die gantze Zeit uber nit gebrauchen können“.³⁴⁰ Jener Müller, Peter Urban, erhält zu

³³⁷ StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 39 verso. Stangenkunst bei Errard de Bar-le-Duc [1584] (1979), Tab. 21.

³³⁸ Siehe Stromer (1988), S. 164 und Stromer (1984 b), S. 72. – Der Einsatz der Pumpen erfolgte jedoch durch den für „wassergepeu“ benannten Werkmeister und Spezialisten Peter Carl, der für alle Arbeiten am Grund, somit auch für die Anlage der Pumpen zuständig war. So auch in der Lüderschen Chronik beschrieben. In StAN: Rst. Nbg. Hs 49, fol. 312 verso.

³³⁹ StBN: Starcksche Chronik, AMB 616 2°, fol. 293 a. Passage vermutlich aus der Lüderschen Chronik, die ausführliches berichtet, übernommen, vgl. StAN: Rst. Nbg. Hs 49, Lüdersche Chronik, fol. 304, 304 verso. Siehe in Bd. 3 (Materialsammlung) „Transkription Lüdersche Chronik“. – Die Pfannenmühle lag stromab auf der nördlichen Pegnitzseite, siehe Bd. 3 (Materialsammlung), Kap. 1.2 „Stadtplan 1594 im Pfinzingatlas“.

³⁴⁰ StAN: Rst. Nbg. Ratsbuch Nr. 63, fol. 283 verso vom 16.7.1605.

seiner „*erbetenen Ergötzlichkeit*“ für das Mühlrad, das er 1597/98 zum Pumpen und Wasserschöpfen hergeliehen hatte, 150 Gulden.³⁴¹

Lehrgerüst

Im Gegensatz zu dem Modell der Rialtobrücke (siehe Kap. III. 4.2, S. 71) hat sich ein hölzernes Modell der Fleischbrücke oder ihres Lehrgerüst aus rst. Zeit nicht erhalten. Dennoch kann man davon ausgehen, dass neben den Zeichnungen auch ein Modell angefertigt wurde, weil zwei räumlich gezeichnete Pläne (Abb. IV-32 und IV-33) die Modelle eines im Fluss gegründeten Lehrgerüsts zeigen. Vermutlich benutzten die Werkmeister auch in der Realität verschiedene hölzerne Modelle, um sich für eine Ausführungsvariante zu entscheiden, nach der die Vorfertigung des Lehrgerüsts erfolgen konnte. Dieses Lehrgerüst bzw. „*Bockgestell*“ wurde an der „*Vesperpastei*“ vormontiert.³⁴² Mit der Vorfertigung hatte man einen wesentlichen Arbeitsschritt zunächst aus der tatsächlichen Baustelle verlagert. Für das Lehrgerüst rammte man Flusspfähle, auf denen die Plattform für die Arbeiter entstand. Seitlich hatte diese Plattform außerdem Auflager auf dem Schwellholz über der flussseitigen Spundwand.

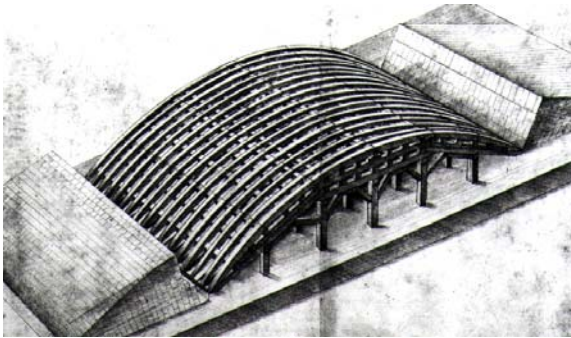


Abb. IV-32: Zeichnung eines Modells zum Lehrgerüst, Ausschnitt. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 41 (vgl. Bd. 2)

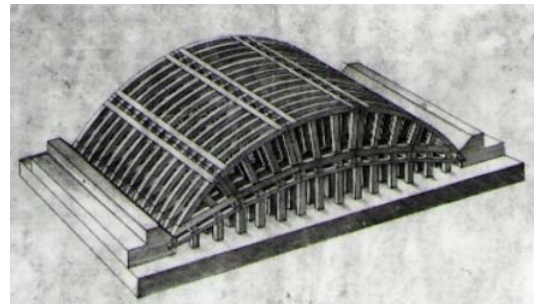


Abb. IV-33: Zeichnung eines Modells zum Lehrgerüst, Ausschnitt. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 41 verso (vgl. Bd. 2)

Freitragende Entwürfe zum Lehrgerüst zog Peter Carl wohl nicht ernsthaft in Erwägung. Unter allen Plänen, die die Lehrgerüste zeigen, gibt es nur zwei Konstruktionszeichnungen, deren Zeichner eine Art freitragendes Lehrgerüst vorschlugen. Nach Art der Zeichnungen handelt es sich dabei um Zeichnungen der frühen Wettbewerbsphase (Abb. IV-34).

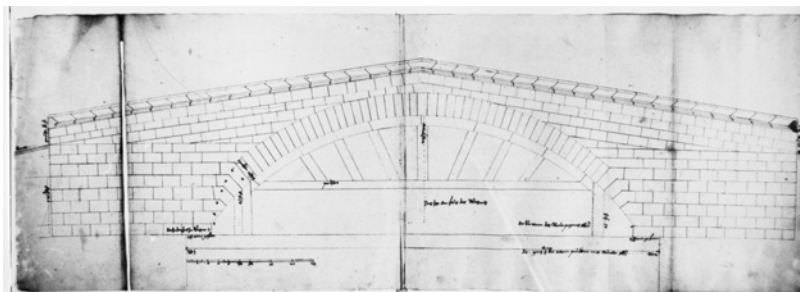


Abb. IV-34: Entwurf mit Lehrgerüst. In GNM: Hs 31700 No. 5^{hhh} (vgl. Bd. 2)

³⁴¹ StAN: Rst. Nbg. Ratsbuch Nr. 63, fol. 324 vom 29.7.1605.

³⁴² Siehe Diefenbacher, Endres (2000), S. 173, 1139. Zwischen 1538 und 1545 entstanden unter der Leitung des Maltesers Antonio Fazuni die Burgbasteien, so auch die Bastei über dem Vestnertor, einem der fünf Haupttore der Stadtbefestigung in rst. Zeit, das aus dem Bereich der Kaiserburg nach Norden führt.

Carl verfolgte diesen Gedanken nicht weiter, auch wenn die Rialtobrücke mit ähnlicher Spannweite mit einem freitragenden Gerüst errichtet wurde. Freitragende Lehrgerüste waren eine übliche und schon bei Palladio beschriebene Lösung für kleinere Spannweiten, ersparten sie doch die im Fluss zu gründenden Stützen des Lehrgerüsts und sorgten für einen relativ uneingeschränkten Durchflussquerschnitt während der Bauzeit.

Die Vorschläge für ein Lehrgerüst, das sich über einer auf Flusspfählen gegründeten Arbeitsplattform für die Arbeiter erhebt, variieren in der Anzahl der Flusspfähle in Querrichtung des Flusses,³⁴³ in der Anzahl der Flusspfähle in Flussrichtung³⁴⁴ und in der Ausführung der Lastableitung in die Flusspfähle durch Verstrebenungen und Unterfangung. Die Balken, die den Bogen direkt tragen, sind bei den meisten Varianten 18-19 mal unterstützt, also ca. alle 1,20 m. Welcher Plan letztlich ausgeführt wurde, ist nicht vermerkt. Der Plan nach Abb. IV-26, S. 104 könnte der Ausführungsplan für das Lehrgerüst gewesen sein.³⁴⁵ Besonders interessant sind hier die langen Keile zwischen der Tragkonstruktion und den vertikalen Pfählen, die beim Lösen der Keile dem Ablassen des Lehrgerüsts dienen. Die Flusspfähle – auf sechs reduziert – scheinen tatsächlich so ausgeführt worden zu sein, zumindest sind sie in dieser Zahl auch auf der Baustellenzeichnung sichtbar (Abb. IV-25, S. 103). Andere Darstellungen von Lehrgerüsten weisen verbaute Arbeitsbereiche auf, die in geringer Höhe über der Plattform auch noch horizontale Verstrebenungen der Vertikalpfähle zeigen. (Abb. IV-35 und IV-36).

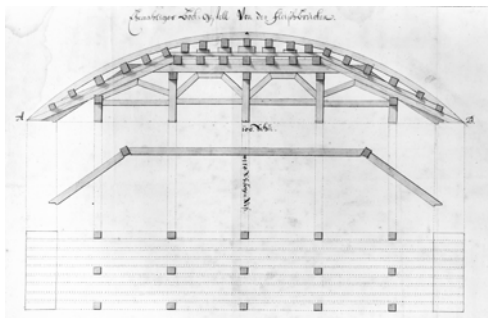


Abb. IV-35: Vorschlag für ein Lehrgerüst zur Fleischbrücke. In GNM: HB 12426 (vgl. Bd. 2)

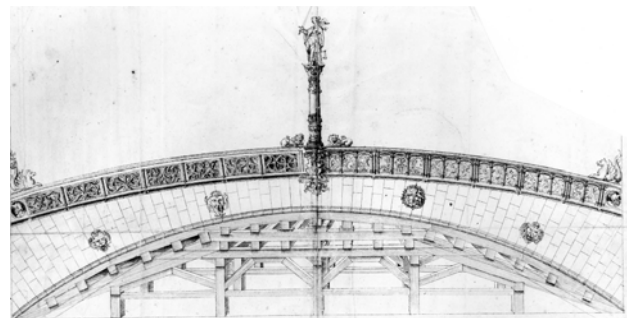


Abb. IV-36: Vorschlag für ein Lehrgerüst zur Fleischbrücke. In GNM: HB 12429 (vgl. Bd. 2)

³⁴³ Zwischen 14 und 5.

³⁴⁴ Zwischen 17 und 3.

³⁴⁵ Siehe Falter (1999). Er schließt auch auf den bei ihm mit D bezeichneten Plan; gemeint ist StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 43.

IV. 1.3.3 Bauablauf

Gründung

Bautechnische schriftliche Informationen zur tatsächlich ausgeführten Gründung ließen sich auch nach den umfangreichen Recherchen in den historischen Quellen, seien es Chroniken oder Ratsverlässen, nicht ermitteln. Klärung bringt allein die Freilegung der Brücke, Gewissheit im Detail ergäbe sich bei einem Abriss verbunden mit einer Bauaufnahme durch die Bodenarchäologie. Die Erfahrung bei solchen Untersuchungen zeigt, dass oft abweichend von den vorliegenden Zeichnungen, die Pfahlgründung doch modifiziert ausgeführt wurde.³⁴⁶

Nachdem der Neubau der Fleischbrücke beschlossen war,³⁴⁷ baute man Unterstrom einen hölzernen Notsteg: *„hatt man das holz werck deß alten henckerstegg, uber das wasser gerichtet, und einen gang durch das schlachthaus gemacht, damit man dannach zu fuß hinuber gehen können“*³⁴⁸.

Die Arbeiten übernahm der Zimmermann Mattheus Herdegen. Danach konnte der Abbruch der alten steinernen Fleischbrücke erfolgen.³⁴⁹ Die Arbeiten an der Gründung begannen am 1. März 1596 mit dem Schlagen der ersten Pfähle und drei Wochen später begann man mit den Erdarbeiten.³⁵⁰

Bei den ersten Pfählen muss es sich um das Rammen der flussseitigen Spundwand gehandelt haben, die *„aus 6 m langen rechteckig gebeilten Eichenhölzern bestand, welche an ihren Spitzen mit Eisenschuhen versehen waren. Sie standen dicht an dicht in drei Reihen hintereinander, nicht im Verband versetzt. In die Seitenflächen der Pfähle waren Nuten eingearbeitet, so daß schmale Federhölzer für eine zusätzliche Dichtigkeit sorgen konnten.“*³⁵¹

Diese Spundwände umschließen die Baugrube an der Flussseite und den beiden dazu senkrechten Seiten und verbleiben nach Fertigstellung der Brücke als Schutz vor Auskolkung und Unterspülung. Nach Borrmann wurde danach eine Spundwand im Bereich des Knickpunktes zwischen schrägem und horizontalem Pfahlrost angeordnet, weil diese auf dem Plan der Baustelle eingezeichnet sei (siehe Abb. IV-25, S. 103).³⁵² Eine Vielzahl anderer Zeichnungen stellen die Gründung jedoch ohne eine solche Spundwand dar. Die Spundwand zum Land ist bislang nicht in situ nachgewiesen. Die mehrreihigen flussseitigen und seitlichen Spundwände dagegen wurden im letzten Jh. freigelegt und saniert.³⁵³ Da die Pfahlköpfe im Bereich des schwankenden

³⁴⁶ Beispielsweise zeigten sich beim Abriss der historischen Nedlitzer Brücke nördl. von Potsdam im September 2002 verwendete Pfahllängen von 10-12 m, eine Länge, die nirgendwo in den Plänen verzeichnet war. – Vgl. Borrmann (1992). Er benutzt bei der Beschreibung der Gründung der Fleischbrücke auch gehäuft die Worte vermutlich und wohl, was den nicht eindeutigen Sachverhalt widerspiegelt.

³⁴⁷ StAN: Rst. Nbg. Ratsbuch 54, fol. 156, 156 verso vom 18.6.1595.

³⁴⁸ Müllner (IV). In StAN: Rst. Nbg. Hs 32, fol. 2403 verso.

³⁴⁹ Wie lange die Abbrucharbeiten dauerten und wie man die alten Fundamente und Pfähle entfernte, ist nicht belegt.

³⁵⁰ Siehe Lüdersche Chronik in StAN: Rst. Nbg. Hs 49, fol. 224, 225 verso.

³⁵¹ Borrmann (1992), S. 170, die Informationen über Nut und Feder sind historisch nicht beschrieben, jedoch zum Teil auf Fotos von 1956 erkennbar, siehe Bd. 3, Kap. 7 „Chronologische Fotodokumentation“, Foto 43.

³⁵² Siehe Borrmann (1992), S. 172.

³⁵³ Am Südwiderlager zwischen 1953/54, am Nordwiderlager nur die flussseitigen Spundwände 1938, siehe auch Bd. 3 (Materialsammlung), Kap. 6.3 „Chronologische Fotodokumentation“, Fotos im Zuge des Baus am Hochwasserstellen.

Wasserspiegels verwittert waren, erfolgte die Entfernung des horizontalen Schwellholzes sowie die Einbetonierung der Pfahlköpfe (Abb. IV-37 bis IV-38).

Auf der Abb. IV-38 meint man die T-förmigen Eisenstücke zu erkennen, die als eiserne Zugstangen der Rückverankerung der Schwelle in den Steinkörper dienen, wohl um stabile seitliche Auflager für das Lehrgerüst des Brückenbogens zu erhalten. Diese Verankerungen sind auf etlichen Entwurfsplänen dargestellt (Abb. IV-19, IV-20, S. 94).



Abb. IV-37: Fleischbrücke Widerlager Süd/West. Sichtbar die Pfähle der mehrreihigen Spundwand und die tiefer endenden Pfähle unter dem horizontalen Rost, Nut und Feder hier nicht erkennbar, 13.1.1956. Foto R. Funk (vgl. Bd. 3, Foto 36)



Abb. IV-38: Fleischbrücke, Südwiderlager, Pfahlgründung mit Schwelle an der Pegnitz, 6.6.1956. Foto R. Funk (vgl. Bd. 3, Foto 42)

Nach dem Rammen der seitlichen Spundwände musste eine Abdichtung gegen das anstehende Grundwasser zur Landseite hin erfolgen, gegebenenfalls durch eine vertikale Spundwand bzw. durch den Einbau oder das Rammen der Schrägpfähle.³⁵⁴ Ihre tatsächliche Existenz trat beim Bau des Hochwasserstollens zu Tage (siehe „Eingriffe am südlichen Widerlager“ S. 136).

Nach Informationen vom damaligen Bauleiter Roland Funk waren es überwiegend rechteckige Pfähle verschiedener Länge, die längeren ca. 2–2,5 m lang. Ihr Querschnitt maß ca. 20/30 cm und 25/25 cm. Am Kopf gab es keine eisernen Umfassungen. Die Pfahlschuhe, stark verrostet, waren nur kurz, 15–20 cm lang, dagegen die Anspitzung der Pfähle sehr lang, bestimmt 75–80 cm.³⁵⁵

Die Schrägpfähle zeigten in der Realität eine wesentlich steilere Neigung als auf vielen Plänen und auch den ersten grafischen Darstellungen der Fleischbrücke. Sie verlaufen nicht „in Richtung“ des aufgehenden Widerlagermauerwerks, sondern eher unter 60° zur Horizontalen (Abb. IV-39). Ohne gegenseitige Verbindungen waren die Pfähle dicht an dicht mit nur gering-

³⁵⁴ Außer den Darstellungen in den Entwurfszeichnungen und auf den ersten Druckgrafiken werden die Schrägpfähle in „Verzeichnis aller Pfahl“ erwähnt. In StadtAN: B1/II, Nr. XVI 8a. Transkription in Bd. 3, S. 34 (Materialsammlung).

³⁵⁵ Dipl.-Ing. Roland Funk war Bauleiter des Tiefbauamtes Nürnberg bei dieser Maßnahme und fotografierte den Baufortschritt. Interview am 22.11.2002 durch die Verfasserin. – Die Starcksche Chronik dagegen spricht von grossen Eichenpfählen, mit langen eisernen Spitzen beschlagen. In StBN: Amb 616, 2°, fol. 293a verso.

fügigen Zwischenräumen angeordnet und befanden sich in äußerst gutem Zustand.³⁵⁶ Das alles lässt an eine Art „Packen“ der Pfähle dicht an dicht zur Abdichtung und Bodenverbesserung denken. Gespannt darf man auf die Freilegung des nördlichen Widerlagers im Rahmen der Sanierungsarbeiten sein, in welcher Form sich dort Schrägpfähle nachweisen lassen.



Abb. IV-39: Schrägpfähle der Fleischbrücke am Süd widerlager, 1953/54. Foto R. Funk (vgl. Bd. 3, Foto 33)

Die Pfähle wurden anschließend mit einem gezimmerten Pfahlrost zimmermannsmäßig verbunden. Dazu müssen die Zapfen für die Verbindung zu dem Rost nach dem Rammen ausgearbeitet worden sein. Wie die Verbindung erfolgte, ist unterschiedlich dargestellt, teils in den Kreuzungspunkten des Rostes, teils in den Bereichen dazwischen. Auch die Verbindung der Quer- und Längsbalken des Rostes ist nicht detailgetreu auf den Plänen eingezeichnet, weil es sicher zum Standard der Pfahlgründungen gehörte und keiner genaueren Darstellung für die Werkleute bedurfte.

Den Entwurfsvarianten zufolge müsste ein rechteckiges Raster aus längeren Tragpfählen, ausgefüllt mit kürzeren Füllpfählen, die dicht an dicht geschlagen waren, zur Ausführung gekommen sein (Abb. IV-40). Die Felder weisen Achsmaße in den verschiedenen Plänen zwischen 3-4 m auf. Glaubt man den Entwurfsplänen, die dem ausgeführten Bogen ähneln, kommen für die vertikalen Pfähle ebenfalls rechteckige, mit Pfahlschuhen versehene Pfähle zum Einsatz.

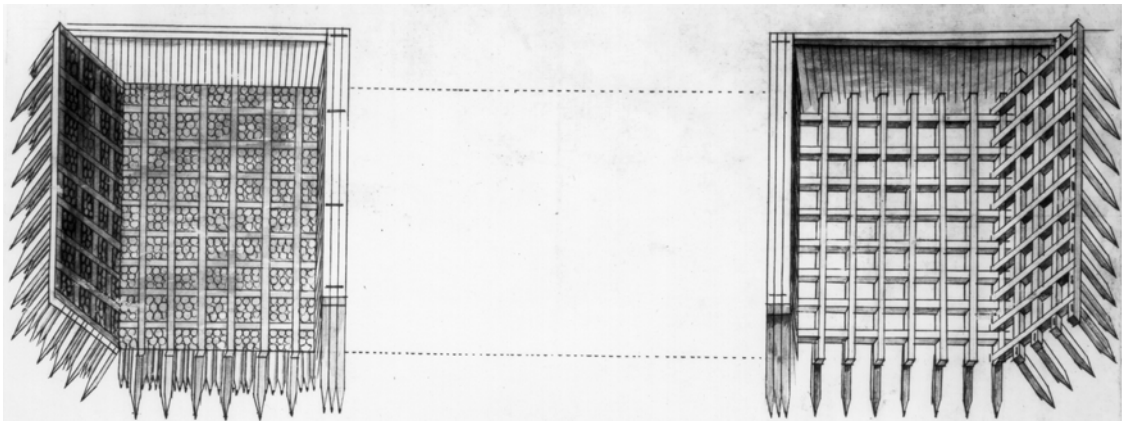


Abb. IV-40: Die Tragpfähle scheinen unter den Kreuzungspunkten oder sogar als Linienunterstützung unter dem Rost angeordnet, keine Spundwand im Knick zwischen horizontalem und vertikalem Rost erkennbar, Ausschnitt. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 37 verso (vgl. Bd. 2)

Welche Längen für die längs und quer liegenden Balken des Rostes verwendet wurden, welches Raster tatsächlich ausgeführt wurde, wie dicht die Füllpfähle zum Ausschlagen der Felder gerammt und ob weitere abdichtende Materialien eingesetzt worden sind, bleibt offen.

³⁵⁶ Aus dem Interview mit Roland Funk am 22.11.2002 durch die Verfasserin: Die Pfähle waren so hart, dass man Mühe hatte, sie mit Beilen und Kettensägen zu zerteilen. In den Bereichen der Uferpfähle ist man beim Rammen der Stahlspundwände für die Baumaßnahme des Hochwasserentlastungsstollens teilweise auf alte Pfähle gestoßen, die so hart waren, dass die Spundwände aus dem Schloss sprangen und sich aufrollten.



Abb. IV-41: Freigelegte Tragpfähle der Nedlitzer Brücke
Sept. 2002. Foto C. Kaiser

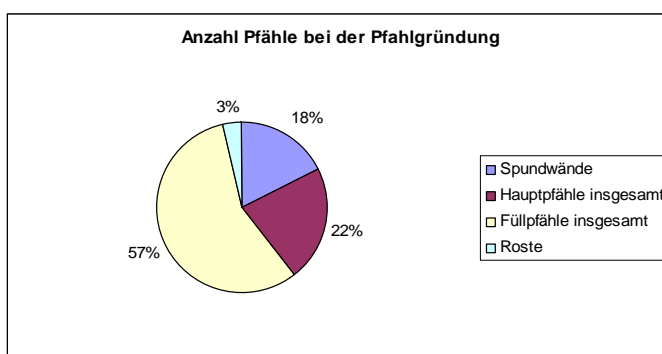
Nur selten besteht die Möglichkeit bei einem Abriss einer Brücke die Gründung in Zusammenarbeit mit der Denkmalpflege freizulegen. So geschah es 2002 bei der Nedlitzer Brücke bei Potsdam, einer Ziegelbrücke, die 1855 fertig gestellt wurde – nach einem Entwurf des preußischen Hofarchitekten Ludwig Persius (* 1803, † 1845) aus dem Jahr 1844.³⁵⁷ Der Vorgang der Gründungsarbeiten wurde in umgekehrter Reihenfolge nachvollzogen (Abb. IV-41).

Bei der Nedlitzer Brücke waren die Tragpfähle mit sichtbaren Zapfen für die Verbindung zu den Balken des Rostes versehen. Es erfolgte keine Ausschlagung der Felder mit Füllpfählen und die Spundwand mit Nut und Feder wies eine zusätzliche Dichtung aus Granitplatten auf.

Trotz offener Detailfragen erscheint die Pfahlrostkonstruktion der Fleischbrücke insgesamt klar.

Man erkennt die stuhllehnenförmige Wirkung aus horizontalem und schrägen Pfahlrost verbunden mit den darunter liegenden vertikalen und schrägen Pfählen, damit – wie Peter Carl bemerkt „*der rost und die pfäl dermassen ineinander verbunden seyen, das keiner von dem andern willen könne*“³⁵⁸. Über die verbundenen Roste kam noch eine Lage Dielen.

Die Gründungsarbeiten waren auf der Hauptmarktseite am 14.11.1597, dem Tag der Grundsteinlegung, abgeschlossen. Dabei wurden insgesamt 2123 Pfähle verbaut,³⁵⁹ wobei 57 % auf die Füllpfähle und 22 % auf die tragenden Hauptpfähle entfallen (Diagr. IV-1). Der einzige verzeichnete tödliche Unfall eines Handlangers fiel in den Zeitraum der Gründungsarbeiten.³⁶⁰



Diagr. IV-1: Eingebaute Pfähle laut StadtAN: B1/II, Nr. XVI 8a

³⁵⁷ Siehe Kahlow (2003).

³⁵⁸ Planzeichnung, StadtMN, Graphische Sammlung: Hopf 5584.

³⁵⁹ Gesamtzahl ist angegeben in Müllner (IV) in StAN: Rst. Nbg. Hs 32, fol. 2412 verso. – In StadtAN: B1/II, Nr. XVI 8a, aufgeteilt nach Spundwänden, vertikalen Hauptpfählen, vertikalen Füllpfählen, schrägen Hauptpfählen, schrägen Füllpfählen und dem Rost.

³⁶⁰ Siehe Anm. 319, S. 102.

Widerlager

„Am 14.11.1597, nachdem man Jahr und Tag an dem Grund der neuen Fleischbrücke gearbeitet hatte, ist der erste Stein an derselben gelegt worden im Beisein der Herren Älteren des Rats.“³⁶¹

Müllner beschreibt weiter ausführlich die Riten der Grundsteinlegung. Die Aufmauerung des Widerlagers erfolgte zunächst auf der Hauptmarktseite und rund fünf Monate später am 4. Mai 1598 legte man den Grundstein auf der Langhammer Seite mit denselben Zeremonien.³⁶²

Das Vorgehen ist wie folgt beschrieben (Text auf Abb. IV-42):

„Nachdem der Grund mit den Pfählen ausgeschlagen und mit dem Rost zusammengefasst ist, folgt die Steinmetzarbeit. Das Fundament sei folgendermaßen zu setzen: 1. aus dem Mittel des Zirkels genommen, schneide man die Lager des Bogens ab und 2. versetze dann dieselbe Linie gleich an das hintere Lager bis an die Widerstreß. So sollen die Steine gesetzt werden und dem Abriss gemäß aufgemauert werden.“³⁶³

Fotografien während des Baus des Hochwassertunnels bestätigen die schräge Orientierung der Steine im Widerlagerbereich ebenso wie Bohrungen der LGA. Die Steinmetze ließen bei den Steinen oberhalb der Spundwände, die aber später im Erdreich verschwanden, überstehendes Material stehen (Abb. IV-43).

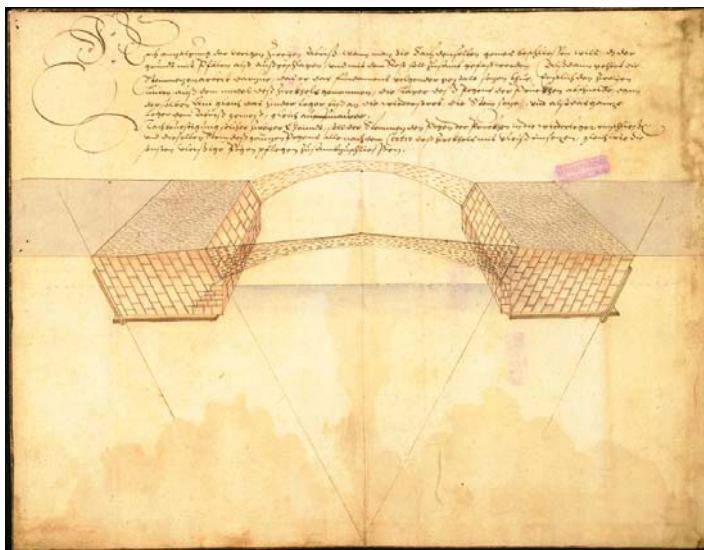


Abb. IV-42: Entwurfszeichnung zur Anlage der Widerlager. In StadtMN, Graphische Sammlung: Hopf 5583 (vgl. Bd. 2)



Abb. IV-43: Blick von Westen gegen wegen des Hochwassertollens gestutzte südliche Widerlager der Fleischbrücke, 1953/54. Foto R. Funk

Bogen

Die Vorfertigung des Lehrgerüsts erfolgte an der Bastei über dem Verstnertor. Ehe man es letztlich an der Fleischbrücke aufbaute, sollten es die Herren Älteren, die Septemviren, dort im April 1598 besichtigen.³⁶⁴ Nachdem dann am 3.7.1598 Peter Carl und Hans Schweher das Lehrgerüst für die Fleischbrücke am Ort fertig gestellt hatten, bat Peter Carl um eine Abnahme sei-

³⁶¹ Müllner (IV) in StAN: Rst. Nbg. Hs 32, fol. 2411 verso und 2412. Frei ins Hochdeutsche übersetzt.

³⁶² Siehe Müllner (IV) in StAN: Rst. Nbg. Hs 32, fol. 2412 verso.

³⁶³ StadtMN, Graphische Sammlung: Hopf 5583, Beibext auf der Zeichnung frei ins Hochdeutsche übertragen.

³⁶⁴ StAN: Rst. Nbg. Verlass der Herren Älteren Nr. 14, fol 125, 125 verso vom 10.4.1598.

tens der Herren Älteren. Sie äußerten sich dahingehend, dass sie ihm vertrauten, dass aber wohl der „Herr Baumeister“ – der Leiter des rst. Bauamtes – und die Werkleute das Lehrgerüst gleichsam für sich selbst besichtigen könnten. Außerdem solle der „Herr Baumeister“ nun Peter Carl und Hans Schweher eine neue Arbeit zuweisen.³⁶⁵ So konnten die Steinmetze mit dem Mauern des Bogens beginnen. Am 11.7.1598 wurde laut Müllner „*der erste Stein an den Bogen gelegt*“. Nur knapp neun Wochen benötigten die Werkleute für den Bogen. Am 15.9.1598 war der Bogen in der Mitte geschlossen, dass man darüber gehen konnte.³⁶⁶

Der tragende Bogen hat ein Fläche im Längsschnitt von rund 60 m². Bei einer Brückenbreite von rund 15,3 m ergibt das eine Masse von rund 2 400 Tonnen. Setzt man für den o. g. Zeitraum sechs Arbeitstage an, mussten durchschnittlich pro Tag rund 39 Tonnen verbaut werden, eine beachtliche Leistung.

Der Bogen sollte bezüglich der Brüstungshöhe und der Kanzeln so aussehen wie auf dem Abriss und gemäß des Modells. Weder in den „*Ausladungen*“, noch an anderen Orten auf dieser Brücke dürften Kräme oder Bänke eingerichtet werden, verordnete der Ratsbaumeister – „*jussu seniorum*“ – auf Befehl der Herren Älteren.³⁶⁷

Den Bogen ließ Wolff in Querrichtung mit eingelegten, eisernen Stangen „fassen“ und „verwahren“, die je vierzehn Zentner wogen.³⁶⁸ Am 28. August hat man die letzten zwei armdicken Stangen durch die Fleischbrücke gezogen (siehe auch in Kap. IV. 2.4.4 „Eiserne Querstangen“ S. 168).³⁶⁹

Bereits am 18.9.1598 verkündete der Ratsbaumeister, dass Peter Carl und Jakob Wolff es für gut ansehen würden, das Bockgestell schnell zu entfernen, und dass deshalb die Herren Älteren befehlen, „*solchem nachzuvolgen. H. Paumaister*“³⁷⁰. Eine zuvor von Peter Carl eingebrachte Bitte, in sein „Vaterland“ reisen zu dürfen, wurde ihm nicht gewährt, er sollte nach der Entfernung des Lehrgerüsts erneut nachfragen,³⁷¹ verständlich, da der Rat in den vergangenen Jahren Probleme mit der fristgemäßen Rückkehr Peter Carls von auswärtigen Aufträgen gesammelt hatte. Beim Lösen der Keile wird die Bogentragwirkung aktiviert und es zeigt sich, ob der Bogen sein eigenes Gewicht zu tragen vermag. Nun wünschte der Rat, den Verantwortlichen vor Ort zu halten und zur Rechenschaft zu ziehen, falls es zu Problemen beim Entfernen des Lehrgerüsts käme. Doch es verlief ohne Komplikationen.

Peter Carl hatte das Ausrüsten dergestalt vorgenommen, dass alles mit einem gewaltigen Krachen auf einmal zusammenfiel, woraufhin der geschlossene Bogen sich zusehends um einen halben Schuh gesetzt hat.³⁷² Aus einem halben Schuh wurden rund 55 Jahre später bei Joachim von Sandrart etliche Schuh. Etliche Schuh – das sind mindestens drei oder vier – entsprächen 90

³⁶⁵ StAN: Rst. Nbg. Ratsverlass Nr. 1686, fol. 31 vom 3.7.1598.

³⁶⁶ Siehe Müllner (IV) in StAN: Rst. Nbg. Hs 32, fol. 2412 verso.

³⁶⁷ StAN: Rst. Nbg. Ratsverlass Nr. 1688, fol. 6, 12.8.1598.

³⁶⁸ Müllner (IV) in StAN: Rst. Nbg. Hs 32, fol 2412 verso „denselben hatt man mitt eingelegten eißenen Stangen, deren jede vierzehen Centner gewogen, gefaßet und verwahret“ – StadtAN: B1/II, Nr. XVI 8a, „125. Centner Eisen so zur Brücken kommen“.

³⁶⁹ Siehe Lüdersche Chronik in StAN: Rst. Nbg. Hs 49, und ebenso Starcksche Chronik in StBN: Amb. 616, 2^o, fol. 297.

³⁷⁰ StAN: Rst. Nbg. Ratsverlass Nr. 1689, fol. 21verso, 22

³⁷¹ StAN: Rst. Nbg. Ratsverlass Nr. 1689, fol. 11 vom 12.9.1598.

³⁷² Siehe Müllner (IV) in StAN: Rst. Nbg. Hs 32, fol. 2412 verso.

bis 120 cm, eine unvorstellbar große Setzung. Doch auch in jüngerer Zeit noch zitiert, gibt diese große Setzung Anlass zu Überlegungen und ist beliebt als Anekdote bei Stadtführungen.³⁷³

Nach dem Bogenschluss erfolgte das Aufmauern der seitlichen Brüstungen, danach die Anschüttung und anschließend die Pflasterung der Brücke. Die Türen und Einfahrten von Jeronimus Gewandtschneiders Eckbehausung und Wolff Lanzingers Haus mussten verändert werden. Am 9. Februar 1599 setzte man den großen steinernen Ochsen von 29 Zentnern und 70 Pfund auf das Portal am Fleischhaus.³⁷⁴

Ein Jahr später wurde der Brunnen beim Fleischhaus gefertigt und vergoldet, die Schrift unter dem Ochsen angefertigt und die Ausladung auf der Brücke mit Kornburger Schalen belegt.³⁷⁵ Der Ratsbaumeister ließ unter dem Ochsen den Spruch des Ratsschreibers Christoff Girschner auf einer kupfernen Tafel mit erhöhten Buchstaben anbringen:

*„Omnia habent ortus, sua[ue] incrementa: Sed ecce
Quem cernis numquam bos fuit hic vitulus.
All ding anfecht und wechst nach art,
doch dieser ochs kein kalb nie ward.“*³⁷⁶

Eine lateinische Deutung des Ochsen findet sich auf einem Stich von 1599/1600 (siehe dazu Abb. IV-46 und Übersetzung S. 122).

³⁷³ Siehe Sandrart [1675] (1925), S. 265: „durch ausschlagung der hölzernen Nägel plötzlich auf einmal alles Gehölz des Pockstuhls ins Wasser gefallen, der Brücke schwere Last aber mit schrecklichem Krachen das Werk um etliche Schuh hinunter gedruckt und in einander fäst gesetzt wird“. Die falsche Angabe bei Sandrart von etlichen Schuh wird wiederholt zitiert z. B. von Sporhan-Krempel, Stromer (1962), S. 282, von Pechstein (1975), S. 75, von Borrmann (1992), S. 172.

³⁷⁴ Siehe Müllner (IV) in StAN: Rst. Nbg. Hs 32, fol. 2413

³⁷⁵ StadtAN: B35, Nr. B2, 1. Prod. fol. 3 verso und 4. – Band mit Jahresrechnung des Wolf Jacob Stromer 1600-1601 aus Bestand des Lösungsamtes. Frühere Bände mit Jahresrechnungen aus der Zeit der Errichtung der Fleischbrücke sind nicht erhalten.

³⁷⁶ Müllner (IV) in StAN: Rst. Nbg. Hs 32 fol. 4213. Alles hat seinen Ursprung und Anfang, doch siehe, der Ochse, den du hier erblickst, ist nie ein Kalb gewesen.

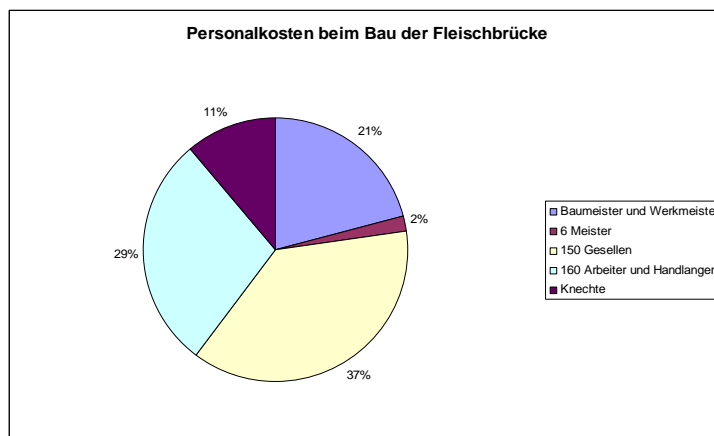
IV. 1.3.4 Baukosten

„Und ob man sagen wolt es würde zu viel kosten, so gedenke man an die Könige in Ägypten, welche große Kosten an die Pyramiden gelegt haben, die doch nichts nutz gewesen ist, so doch dieser großen Kosten sehr nütz ist, haben die Herren viel arme Leut, die man sonst mit dem Almosen erhalten muss, den geb man tagelohn für ihre Arbeit so dürfen sie nit betteln und werden desminder zu Aufruhr bewegt.“³⁷⁷

Die Kosten für Handlanger, Arbeiter und Tagelöhner machten rund 30 Prozent der Gesamtkosten der Fleischbrücke aus. In der Handschrift „Wahrhafter Bericht und Verzeichnis ...“ aus dem Stadtarchiv befindet sich eine Kostenangabe, die auch wiederholt in Veröffentlichungen genannt wird, nämlich die Gesamtsumme von 82172 Gulden.³⁷⁸ Aufgelistet sind die Kosten über zwei Jahre, während denen an der Fleischbrücke gearbeitet wurde. Zunächst sind die Personalkosten angegeben, aufgeteilt nach Gesellen, Meistern und gemeinen Arbeiter, Handlangern und den Arbeiter an den Rammen. Der „Baumeister“ und die Werkmeister sind gesondert aufgeführt.

Es folgen die Materialkosten für die Pfähle mit Eisenspitzen, die Steine samt Brecherlohn, Eisen, Kalk, Sand, Dielen und Holz für das Pockgestell (Lehrgerüst), sodann sonstige Kosten wie für das „Zeug“ zur Wasserhaltung, für die Pflasterung, für Transport, dann für den Baumeister und die Werkmeister und letztlich noch Ausgaben zum Arbeitsgerät, wie Seile für den Kranich (Kran) und Messing für die Rammen.

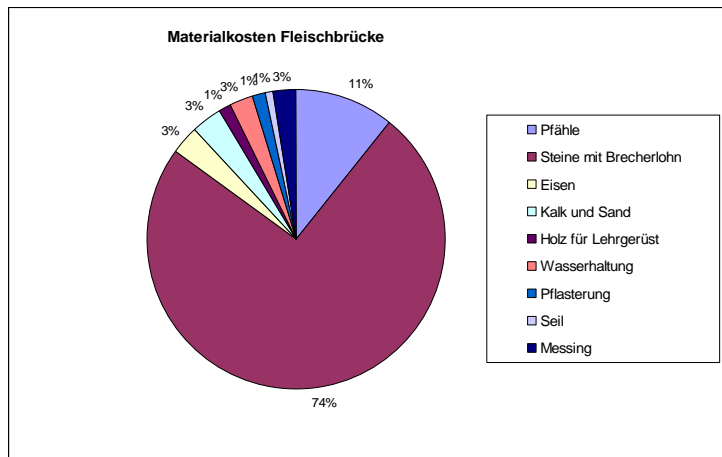
Der Anteil der Personalkosten beträgt an den ausgewiesenen Summen 76 %. Davon entfallen die Hauptanteile, rund 66 %, auf die Lohnkosten für die Gesellen und Handlanger (Diagr. IV-2). Nur 24 Prozent der Kosten sind direkte Materialkosten. Davon stellen die Kosten für die Steine den Löwenanteil von 74 Prozent dar (Diagr. IV-3).



Diagr. IV-2: Auswertung zu Personalkosten nach StadtAN: B1/II, Nr. XVI 8a

³⁷⁷ Dürer (1527).

³⁷⁸ Quellenkritische Bemerkungen zu diesem Akt in StadtAN: B1/II, Nr. XVI 8a „Wahrhafter Bericht und Verzeichnis alle Pfähle ...“ siehe Kap II., S. 24. – Ein handschriftlicher kurzer Text zur Erbauung der Fleischbrücke, der sich als Abgabe von Bauamtsakten aus dem StAN aus Rep. 87 jetzt in StadtAN befindet, nennt die Kosten, die sich für Material samt den Meistern, Gesellen, Handlangern, Steinmetzen, Zimmerleuten, Pflasterern, alles in allem auf 28172 Gulden belaufen. Bei der Angabe dieser Summe ist ein Zahlendreher 28172 statt 82172 Gulden wahrscheinlich. Derselbe Akt beinhaltet auch ein Schriftstück zur Entlohnung von Peter Carl und Hans Schweher, in StadtAN: A 26 (aus Rep. 87), Nr. 814, siehe Anm. 305, S. 100.



Diagr. IV-3: Auswertung zu Materialkosten nach StadtAN: B1/II, Nr. XVI 8a

Diese oben angegebenen Kosten weichen stark von denen ab, die in den Nürnberger Bauamtsakten „*Verzeichnis der Brückenbauten und Reparaturen auf dem Land von 1579-1629*“³⁷⁹ aufgelistet sind. Als Quelle ist das rst. Bauamt zu vermuten. Die Aufstellung gibt die Beträge exakt nicht nur in Gulden (fl) sondern darüber hinaus auch in Pfund (lb) und Pfennig (dn) an. Addiert man alle dort je Jahr aufgeführten Kosten für die Jahre 1595 bis 1599, ergibt sich ein ganz anderes Bild: fl 38.276, lb 23, dn 69. Der Abriss, der in vorher genannter Quelle nicht erwähnt wird, schlägt hier mit ca. 775 Gulden zu Buche, die Renovierung des Gewandtschneiderhauses, des Fleischhauses und die Kosten für den Ochsen belaufen sich zusammen auf ca. 887 Gulden. Da also hier nur knapp 50 % der vorher genannten Kosten zustande kommen, bleibt offen, welche Kosten in dieser Akte nicht erfasst wurden. Diese Quelle wird selten zitiert.

Die Nürnberger Stadtrechnungen erfassen die auf ein Jahr bezogenen „*Tittel im Einnemen*“ und die „*Tittel im Außgeben*“ der Reichsstadt. Ihnen ist auch der Jahreshaushalt des rst. Bauamtes zu entnehmen.³⁸⁰ Erläutert werden unter der Rubrik „Baumeister“ die Ausgaben des Ratsbau-meisters „*wegen unterhaltung Gemainer Statt Gebeu als nemblich zu Taglon den Peundt und andern Arbeitern Item für Arbeit der Stattmaister und Werckleut außgeben hat*“ abzüglich dessen „*So mit Gemainer Statt Pferden und Zeug verdient worden ...und dergleichen erlöst worden*“.

Ferner werden die Kosten für die Ankäufe von Vorräten aufgelistet, abzüglich dessen, was der „Baumeister“ aus den vorhandenen Vorräten der Peunt erwirtschaftet hat. Die Gesamtsumme der Kosten, „*so die Losungstueben außgeben*“, beträgt 24.666 Gulden, 18 Pfund und 6 Pfennige für das Jahr 1600.³⁸¹

Gemessen an Haushalten der Jahre 1590, 1600 und 1610 betragen die Gesamtkosten der Fleischbrücke in Höhe von 82172 Gulden das 4,5fache des durchschnittlichen Jahreshaushalts, mit dem das Losungsamt das rst. Bauamt finanzierte.

³⁷⁹ StAN: Rst. Nbg. Bauamtsakten Nr. 94.

³⁸⁰ StAN: Rst. Nbg. Stadtrechnungen Nr. 32 (Jahr 1590), 33 (Jahr 1600), 34 (Jahr 1610). Die Bestände sind dezimiert, so dass aus der Erbauungszeit der Fleischbrücke diese Bände nicht vorliegen. Die Auswertung der Stadtrechnungsbelege, die vollständig erhalten sind, erfolgte im Rahmen dieser Arbeit nicht.

³⁸¹ StAN: Rst. Nbg. Stadtrechnungen Nr. 34 fol. 181. In den anderen Jahren Nr. 32, fol. 178 (15.192 Gulden), Nr. 33, fol. 177 (15.072 Gulden).

Der Ratsbaumeister Stromer persönlich listete die Kosten für 24 Gebäude der Bürgerschaft zwischen 1589 und 1613 auf, „*weil ich im Baumeisteramt gewesen*“³⁸². Die Kosten der Fleischbrücke entsprechen ca. 25 % der Kosten für die größeren Bauten der Bürgerschaft, die in 24 Jahren errichtet wurden.

Somit sind die Baukosten der Fleischbrücke in Höhe von 82.172 Gulden auch für die Reichsstadt als eine große Anstrengung zu werten, die neben den Kosten für andere bauliche Aufgaben, neben der Sanierung bzw. Neubau der anderen zerstörten Brücken und dem Ausbau der Festung anfiel. Es dauerte rund 100 Jahre, ehe ein weiterer Steinbogenbrückenbau in Angriff genommen wurde. So fand die Erfahrung der Werkmeister, die sie beim Bau der Fleischbrücke sammelten, keine Anwendung in einem ähnlichen Brückenbauprojekt. Die nach dem Hochwasser von 1595 neben der Fleischbrücke neu errichteten Brücken wurden nicht als Steinbrücken ausgeführt. Beispiele dafür sind:

1. Die benachbarte, zweibogige, steinerne Barfüßerbrücke (an der Stelle der heutigen Museumsbrücke) wurde 1603 durch ein hölzernes Provisorium ersetzt. Erst 1700 folgte ein zweibogiger Steinbau mit Auskragungen.³⁸³
2. Die lange Brücke am Säumarkt war eine überdachte Holzbrücke, die an steinernen Pfeilern „hing“ und daher auch hängende Brücke genannt wurde. Erst 1603 ersetzte man sie durch eine über 40 m lange und etwa 7 m breite Holzbrücke, für die sich wegen ihrer nach dem Alphabet bezeichneten Buden der Name ABC-Brücke einbürgerte. Deren Neubau 1728 als zweibogige Sandsteinbrücke zu Ehren Kaiser Karls VI. kostete über 30.000 Gulden.³⁸⁴ Laut W. v. Stromer war die ABC-Brücke der Brücke über die Brenta bei Bassano di Grappa von Palladio nachgebildet.³⁸⁵
3. Die ehemals zweibogige steinerne Brücke vor dem Hallertor wurde nur durch eine hölzerne Brücke mit steinernem Mittelfeiler ersetzt und war 1598 fertiggestellt.³⁸⁶

³⁸² StAN: Stromer-Archiv A 2582, unter den aufgeführten Kosten auch die für das Haus von Martin Peller mit 36.000 Gulden, das von Bartolomäus Viatis mit 32.000 und das von Wolf Lanzinger mit 16.000 Gulden. Summa summarum ergeben sich 345.500 Gulden.

³⁸³ Siehe Fleischmann (1994), Kalender Nürnberger Brücken (Monat April).

³⁸⁴ Siehe Fleischmann (1994), Kalender Nürnberger Brücken (Monate Juni, Juli). – StadtAN: Bauamtsakten B1/II, Nr. XVI 27 gebundenes Buch mit 7 Brückenentwürfen nebst Kostenvoranschlägen, der Entwurf als steinerne Brücke kommt nicht zur Ausführung.

³⁸⁵ Siehe Stromer (1997), S. 176.

³⁸⁶ Siehe Müllner (IV), S. 2413 verso. – Vgl. kolorierter Plan von Peter Carl GNM: HB 1428 – Plan mit verschiedenen Entwurfsvarianten GNM: HB 12427 vom 22.7.1603, vermutlich war nach dem schweren Hochwasser von 1602 bereits wiederum ein Neubau der Hallertorbrücke notwendig.

IV. 1.4 Darstellungen der Fleischbrücke

IV. 1.4.1 Medaillen

Nach der Fertigstellung der Fleischbrücke entstanden vielfältige Illustrationen zum Bau der Brücke, die auf das hohe zeitgenössische Interesse an ihrer Konstruktion schließen lassen.

Doch auch schon während der Bauzeit ließ die Stadt Medaillen prägen, wie es in Nürnberg bei großen städtischen Bauvorhaben üblich war, meist sowohl zur Grundsteinlegung als auch zur Fertigstellung. Die Prägungen der Stadt sind „*nicht die einer beliebigen Reichsstadt, sondern heben sich auf Grund der wirtschaftlichen und politischen Bedeutung der Stadt in der Menge, im Umfang, der Vielfalt und der künstlerischen Qualität deutlich über die Münzproduktion aller anderen Reichsstädte hinaus.*“³⁸⁷

Georg Andreas Will erwähnt insgesamt sieben verschiedene Prägungen, die aber z. T. nur in kleinen Details voneinander abweichen.³⁸⁸ Wirklich unterschiedlich im ausgewiesenen Datum oder in der Darstellung sind vier. Drei dieser Motive als gegossene Silbermedaillen mit Durchmessern von 70 und 27,5 mm verwahrt das Germanische Nationalmuseum.³⁸⁹ Weitere sind nachweisbar, teilweise in Silber gegossen, auch als Blei oder versilberte Kupferausführung, teilweise stempelfrisch, teilweise als spätere Nachgüsse.³⁹⁰

Anlässlich der Grundsteinlegung am 14. November 1597 und am 4. Mai 1598 wurde jeweils in Anwesenheit der Älteren Herren, der Septemviren, ein silberner Schilling in einem von Metall gegossenen Becher beim Widerlager an der Seite Hauptmarkt bzw. am südlichen Widerlager versenkt.³⁹¹ Der Ratsbaumeister sorgte dafür, dass er ins Gespräch kam. In diesem Sinne ist wohl der Brauch zu beurteilen, bei der Grundsteinlegung unter den Kindern Pfennige zu verteilen und ihnen ein „*Haarrupfen*“ zu geben. Diese Medaillen von 1597 (Abb. IV-44) und 1598 auf die Grundsteinlegung haben den größeren Durchmesser. Wie auch bei den Medaillen zur Neubefestigung der Burg (1538) oder zur Grundsteinlegung der Universität Altdorf bei Nürnberg (1571) zeigt die Vorderseite jeweils das dreiteilige Stadtwappen, den Nürnberger Wappendreiverein mit einem gekrönten Reichsschild über dem zweiten und dritten Stadtwappen, darauf hinweisend, dass der Bau von der Stadt in Auftrag gegeben wurde. Der Bau wurde – wie bei den anderen eben erwähnten Bauten auch – Gott befohlen: „*Nostræ Christus Fundamentum salutis*“ und „*Auspice Christo*“.³⁹² Die Brücke ist unten als kleiner Bogen stilisiert dargestellt.

Rückseitig lautet der lateinische Text: „*Unter den Schutz von Christus gestellt! Die steinerne Brücke dieses Ortes war durch die Kraft und Überschwemmung der aus dem Bett herausgeflossenen Pegnitz gestoßen und zerstört worden, was im Monat Februar des Jahres 1595 geschah, so*

³⁸⁷ Sammlung Herbert J. Erlanger (1989), S. 8.

³⁸⁸ Will (1765), S. 244.

³⁸⁹ Silbermedaillen im GNM: Med. 10212; Med. 10213; Med. 10215, Abbildungen siehe in Bd. 3, Kap. 6.1.

³⁹⁰ Die vier verschiedenen Typen sind anlässlich einer Auktion im Auktionskatalog beschrieben, drei von ihnen sind auch abgebildet. In Sammlung Herbert J. Erlanger (1989), Auktionskatalog S. 36/37 Nr. 993, 994, 995, 996; Abbildungen Nr. 994, 995, 996.

³⁹¹ Siehe Müllner (IV) in StAN: Rst. Nbg. Hs 32, fol. 2411 verso; 2412; 2412 verso – vgl. auch StadtAN: B1/II Nr. XVI 8a „Wahrhaftiger Bericht und Verzeichnis aller Pfähle ...“ – vgl. auch Sporhan-Krempel, Stromer (1962), S. 281.

³⁹² Medaille 1597, Vorderseite: „Christus, der Du bist die Grundlage unseres Heiles“ und Rückseite: „unter den Schutz von Christus gestellt“. Entsprechende Grundsteinlegungsmedaillen existieren auch zur Wöhrder Bastei 1613 und zum Rathausneubau 1616.

dass sie nunmehr zusammenzustürzen schien. Der Nürnberger Rat ließ die Brücke bis zum Fundament abtragen und von Grund auf neu machen und unter großer Anstrengung wiederherstellen.“³⁹³ Es folgt hierarchisch absteigend die Aufzählung der jeweiligen Älteren Herren, außerdem werden der Ratsbaumeister und der Bauherr genannt und „der erste Stein ist im Dezember des Jahres 1597 gelegt worden.“



Abb. IV-44: Silbermedaille, d = 27,5 mm. In GNM: Med. 10212 (vgl. Bd. 3, Grafik 1)



Abb. IV-45: Silbermedaille 1597, d = 70,5 mm. In GNM: Med. 10215 (vgl. Bd. 3, Grafik 3)

Auf einer anderen kleinen Medaille auf die Fertigstellung (Abb. IV-45) „präsentiert sich die Brücke selbst mit ihrem steinernen Bogen, oder Gewölbe ... Das Revers weist in der Mitte das gewöhnliche Nürnbergsche Stadtwappen in einem achteckigen Schild, der von acht sechseckigen an dasselbe anschließenden Wappenschildern umgeben wird.“³⁹⁴

In hierarchischer Reihenfolge um das Stadtwappen herum angeordnet, sind die Wappen der Septemviren, der sieben älteren Herren. Hier zeigt sich eine sehr seltene Ausnahme von der Regel: Im Jahr 1601 gab es acht Ältere Herren, deren Familienwappen – oben links beginnend rechts herum – erkennbar ist: Hieronymus Paumgartner, Joachim Nützel, Christoph Fürer, Paul Harsdorffer, Christoph Tucher, Anton Geuder, Jobst Friedrich Tetzl und Martin Haller.

IV. 1.4.2 Stiche, Gemälde und Druckgrafiken

Die Medaillen auf die Grundsteinlegung sind auch auf der oberen Hälfte eines großen zweiteiligen Kupferstiches zur Vollendung der Fleischbrücke dargestellt,³⁹⁵ signiert mit IG und Georg

³⁹³ Freie Übersetzung des lateinischen Textes auf der Rückseite der Medaille von 1597. Medaille 1597, sechs Ältere Herren: Hieronymo Baumgartnero, Andrea Imhofio, Ioanne Welsero, Ioachimo Nutzelio, Christophero Fuerero, Paulo Harsdorfero, et aedibusque dicto, Ioanne Welsero, Wolfgango Jacomo Stromero – Medaille 1598, sieben Ältere Herren: Hieronymo Paumgartnero, Ioanne Welsero, Ioachimo Nutzelio, Christophoro Fuerero, Paulo Harsdorfero, Christophoro Tucher, Iacobo Imhofio, et aedibusque dicto Ioanne Welsero, Wolfgango Jacomo Stromero.

³⁹⁴ Siehe hierzu Will (1765), S. 241-248.

³⁹⁵ Der Stich ist auch unter anderen Signaturen zu finden z. B. in GNM: HB 1484 und St. Nbg. 10335 – StAN: Rst. Nbg. Bildsammlung 16.1.

(Jerg) Gärtner d. J. (* 1577, † 1654) zugeschrieben, einem Maler, der „von den Zeitgenossen als geschickter Nachahme Albrecht Dürers“³⁹⁶ bezeichnet wurde.

Dieser Stich (Abb. IV-46), der um 1600 entstand, fasst – versehen mit lateinischen Beischriften – das Wesentliche der Errichtung der Fleischbrücke quasi grafisch zusammen: die Grundsteinlegung beider Widerlager durch die Darstellung der Medaillen von 1597 und 1598, dazwischen der Grundstein, der steinerne Ochse und die ihn betreffenden Inschriften. Putti mit Schriftband dienen dem Lob der in Deutschland einzigartigen Brücke:

„Andere mögen das Bauwerk loben und bewundern und hochpreisen.

Die deutschen Gestade haben kaum etwas Gleiches gesehen.

Durch die Sorge des Wächters [Ratsbaumeisters ?] ist mit gewaltigem Aufwand des Rates das edle Werk dieser Brücke errichtet worden.

Dieses Werk von seltener und sicherer Kunst und für den Staunenden dieses mit kunstvollen Bogen gestützte ewige Werk,

diese Stadt, diese Brücke

*sollst Du schützen, Christus, Quelle des Lebens und Brücke des Heils, mit Deinem besten Schutz.“*³⁹⁷



Abb. IV-46: Kupferstich auf den Bau der Fleischbrücke von Georg Gärtner um 1599/1600. In GNM: MS 128 (vgl. Bd. 3, Grafik 4)

Die Posaunenengel mit dem Stromerwappen verschaffen hier auch dem Ratsbaumeister entsprechende Würdigung. Auf die Gründungsproblematik hinweisend betont der Stecher bei der Darstellung der Brücke die massiven Fundamente. Außerdem zeigt der Stich die beiderseits angrenzende Bebauung mit dem steinernen Ochsen, und dem Fleischhausbrunnen.

Zusätzlich zur angegebenen Inschrift unter dem Ochsenportal heißt es in einem zweiten Text über den Ochsen: *„Ich Ochse bin nicht Ochse, da die Natur eines Kalbes verneint wird. Nicht jedoch die Natur, das ist: mir sind zwei Hörner gewachsen nach und nach, in den Wäldern aufgezogen, in der Stadt gebildet, jetzt gewissermaßen ein Gott, ein treuer Wächter. Und weder liege ich auf der Erde, noch auf dem Wasser, noch bin ich unter die Sterne gestellt.“*³⁹⁸

³⁹⁶ Grieb (2000).

³⁹⁷ Freie Übersetzung des lateinischen Textes.

³⁹⁸ Freie Übersetzung des lateinischen Textes. Die Inschrift unter dem Portal lautet übersetzt „Alles hat seinen Anfang und sein Wachstum, doch siehe, der Ochse, den Du hier erblickst, ist nie ein Kalb gewesen.“

Etwa zeitgleich entstand ein kleines Gemälde unbekannter Herkunft auf weiß-grundiertem Kupfer (Abb. I-14, S. 12). In sehr ähnlicher Darstellung betont es ebenfalls die gewaltigen Widerlager, stellt aber außerdem die Pfahlgründung dar, sogar mit kleinen technischen Details, wie den Eischuhen an den Pfahlspitzen, die beim Rammen als Schutz für die Pfähle dienen.³⁹⁹

Ein zweites – fast gleiches, aber qualitativvolleres Exemplar in Öl auf Kupfer – befindet sich auf Burg Grünsberg. Dort sind die Genien medusenhäutig, und es ist rückseitig bemalt. Der Grundstein, die Medaillen und der steinerner Ochse sind abgebildet und um die obere Kartusche sind Tierchen angeordnet: Adler, Fasan, Fuchs und Hase, Pfau, Flunder, Hering und ein kleines Krokodil.⁴⁰⁰

Es existieren noch weitere Varianten, die aber bislang nicht im Original zu finden waren. Alle sind durch kleine Abweichungen in der Darstellung der Medusen oder der Schiffe auf der Pegnitz bei genauerem Hinsehen zu unterscheiden (vgl. Abbildungen von drei Varianten in Bd. 3 (Materialsammlung), Kap. 6.2 „Stiche, Drucke, Gemälde und Federzeichnungen“).⁴⁰¹

Ausgesprochen ungewöhnlich ist die Thematisierung der Gründung in einem Gemälde dieser Zeit. Diese Darstellung der Fundamente mit dem Bogentragwerk wird auch in verschiedenen Buchveröffentlichungen in leicht abgewandelter Form, was z. B. die Staffage, Wolken und Kähne auf der Pegnitz anbelangt, übernommen (Abb. IV-47).⁴⁰² Es drängt sich der Eindruck auf, dass bei den meisten der ersten Druckgrafiken und Bilder gerade die Probleme einer flachen Brücke mit steigendem Horizontalschub jedem Betrachter, jedem Bürger, visuell verdeutlicht werden sollten: Hier wird nicht eine Brücke auf felsigem Grund errichtet, sondern in einem Boden geringer Tragfähigkeit. Deshalb braucht es zwingend für die Standfestigkeit der Brücke die massiven Fundamente und die Pfahlgründung.

Vorlagen für diese sehr ähnlichen Darstellungen der Fleischbrücke, nämlich in einer Art Schnitt inklusive der Widerlager – auf den Medaillen, dem Gärtner-Stich, den kleinen Ölgemälden, auf Druckgrafiken sowie auf dem Petzold-Pokal – fanden sich zur Genüge in den Entwurfszeichnungen des rst. Bauamtes.⁴⁰³

³⁹⁹ Beschreibung in Tacke (1995), S. 360-363, Abb. 292. Früher der Malerfamilie Juwenel zugeordnet, möglicherweise Paul Juwenel d. Älteren (* 1579, † 1643).

⁴⁰⁰ Stammsitz der Familie Stromer von Reichenbach. Nach dem Tod von Prof. Dr. Dr. rer. pol. habil. Wolfgang Frhr. v. Stromer (* 28.4.1922, † 8.9.1999) Sitz der „Stromersche Kulturgut-, Denkmal- und Naturstiftung“.
<http://www.stromerstiftung.de>

⁴⁰¹ 1) Im wissenschaftlichen Nachlass von Dr. Stromer befindet sich eine 3. Variante als Farbfoto, zu der das Original noch fehlt. 2) In der Stadtbibliothek Nürnberg StBN: Nor. K. 4414 ist noch der Katalogzettel zu einem „Ölgemälde auf Holz (1596)“ vorhanden: „Der Bau der Fleischbrücke mit Darstellung des Lehrgerüsts und des Pfahlwerks der Widerlager.“ Der Bestand ab Nor. K. 1080 aufwärts musste 1971 von der StBN an die Museen der Stadt Nürnberg abgegeben werden. Dort war das Gemälde aber 2003 laut Dr. Kubach-Reuter nicht mehr auffindbar. 3) Laut Tacke (1995, S. 362) wurde ein weiteres Exemplar aus italienischem Privatbesitz in Verona dem GNM zum Kauf angeboten. Es zeigt rückseitig Teile des Gärtner Stiches, wurde aber nicht erworben.

⁴⁰² Ähnliche Druckgrafiken siehe bei Wagenseil (1697), Pag. 115 – Gundling (1707), Pag. 276 – Falkenstein (1750), ad page 738.

⁴⁰³ Ein Nachguss des Petzold-Pokales befindet sich in Burg Grünsberg. Von der zugehörigen Handzeichnung des Pokals durch Johann Maximilian Keyl 1768 fehlt in den Nürnberger Archiven jede Spur. Auch in Burg Grünsberg konnte die Zeichnung bislang nicht aufgefunden werden. Ein Foto dieser Handzeichnung existiert im Nachlass von W. v. Stromer. Abb. siehe Bd. 3, Kap. 6.2.



Abb. IV-47: Darstellung der Fleischbrücke von Osten. 1750. In Falkenstein, ad page 738

Weniger bautechnisch als stadthistorisch interessante Kupferstiche oder Zeichnungen der Fleischbrücke zeigen in Vogelperspektive mit Blick Richtung Hauptmarkt das Alltagsgeschehen (Abb. IV-48) oder entstehen anlässlich des Einzugs Kaiser Matthias 1612 (Abb. IV-49).⁴⁰⁴

Auch die früheste gedruckte Abbildung 1648 in Merian⁴⁰⁵ findet ihre Nachahmungen durch den Nürnberger Stecher, Radierer und Kunsthändler Johann Alexander Boener (* 1647, † 1720). Er wählt den Blick gegen die Fleischbrücke ebenfalls wie Merian von Westen, mit der noch leichten hölzernen und auch mit der steinernen Barfüßerbrücke, allerdings in etwas kleinerem Format (Abb. IV-50 und IV-51). Boener übernimmt auch die Darstellung der Grundsteinlegung aus dem Kupferstich von Georg Gärtner.⁴⁰⁶

⁴⁰⁴ In GNM: SP 3816, derzeit an die Museen der Stadt Nürnberg, Graphische Sammlung verliehen; dort nicht auffindbar. Früher Lorenz Strauch (*1554, † 1630) zugeschrieben, heute als unbekannt eingestuft. Auch Johann Adam Delsenbach (*1687, † 1765) zeigt in einer Radierung z. B. den Blick nach Süden über die Fleischbrücke in GNM: SP 8834, sowie auch den Blick über mehrere Brücken der Pegnitz, mit der Fleischbrücke im Hintergrund.

⁴⁰⁵ Merian (1648).

⁴⁰⁶ StadtAN: E 13/ II G 86, siehe Bd. 3, Kap. 6.2.



Abb. IV-48: „Prospect Des Heren Marcks und der Fleisch Brucken in Nürnberg“ um 1670. In GNM: MS 129 (vgl. Bd. 3, Grafik 13)

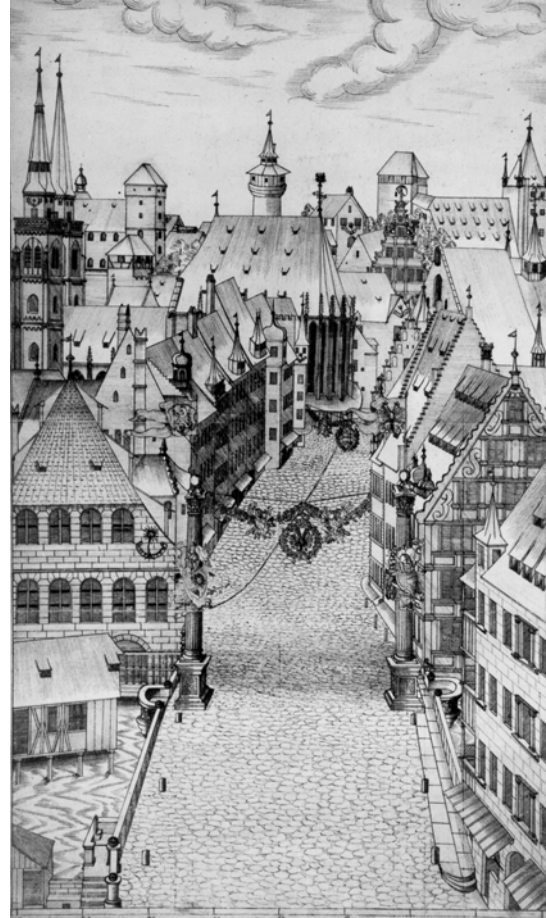


Abb. IV-49: Blick über die Fleischbrücke anlässlich des Einzugs von Kaiser Matthias 1612. In GNM: SP 3816 (vgl. Bd. 3, Grafik 9)



Abb. IV-50: Blick auf die Fleischbrücke von Westen in Richtung der hölzernen Barfüßerbrücke. Johann Alexander Boener. In StadtAN: E 13/ II G 84 (vgl. Bd. 3, Grafik 14)



Abb. IV-51: Blick auf die Fleischbrücke von Westen in Richtung der steinernen Barfüßerbrücke. Johann Alexander Boener. In StadtAN: E 13/ II G 85 (vgl. Bd. 3, Grafik 15)

IV. 1.5 Nutzungsgeschichte

IV. 1.5.1 Einflüsse während der Nutzung

Im Unterschied zu Zeugnissen der Kulturgeschichte aus Musik oder Literatur unterliegen Bauwerke einer strikt gegenständlichen Nutzung, sind schädigenden Einflüssen und permanenten Veränderungen ihrer Substanz unterworfen. Da meist nur für eine begrenzte Lebensdauer und einen bestimmten Zweck projektiert, ist der Ersatz von Bauwerken durch neue Bauwerke folgerichtig der Regelfall. Doch gerade Steinbogenbrücken sind bestens geeignet, Jahrhunderte, auch Jahrtausende zu überstehen. Dennoch zwingen häufig Schäden und Zerstörungen an Steinbrücken zum Handeln.

Ist in einem solchen Fall die Brücke wegen ihrer ästhetischen und kulturellen Bedeutung als Zeitzeugnis der Technikgeschichte auch Gegenstand der Denkmalpflege, kann bestenfalls ein vorschneller Abriss verhindert und eine denkmalgerechte konstruktive Instandsetzung vorgenommen werden. Doch auch das, was unter denkmalgerecht zu verstehen ist, unterliegt dem Wandel der Zeit, ebenso wie sich Sanierungsmaßnahmen durch Entwicklung neuer Methoden verändern. So müssen unter Umständen aus heutiger Sicht manche Eingriffe oder Sanierungsmaßnahmen negativ beurteilt werden.

Vielfältige Einflüsse führen während der Lebenszeit einer Brücke zu Schäden und verkürzen schlimmstenfalls die Lebensdauer. Die nachhaltigsten Schäden an Steinbrücken entstehen durch Hochwasser und Kriege, wobei unter den Folgen aus Kriegseinwirkungen sowohl die Zerstörungen durch feindliche Mächte als auch Sprengungen, um den Feind aufzuhalten, vorkommen. Weitere schädigende Einflüsse sind:

- Höhere Belastung durch wachsende Nutzungsansprüche, Erschütterungen durch Verkehr,
- Durchfeuchtungen infolge mangelnder Abdichtung des Brückenkörpers gegen eindringendes Wasser,
- Eingriffe in den Brückenkörper aus stadtplanerischer Sicht,
- Eintrag aus der Atmosphäre führt zu Abwitterung, die durch schädliche Umwelteinflüsse noch verstärkt wird,
- Salzeintrag in den Brückenkörper bei Streumaßnahmen im Winter.

IV. 1.5.2 Denkmalpflege und fehlende Dokumentation vorgenommener Eingriffe

Wenn auch schon im beginnenden 20. Jh. als Monument betrachtet, steht die Fleischbrücke doch erst seit dem 8.2.1974 als Einzeldenkmal unter Denkmalschutz inmitten der als Ensemble für den Wiederaufbau unter Denkmalschutz stehenden Altstadt.

Sie hat in den rund 400 Jahren ihrer Geschichte – bis auf den Abriss – alle der oben genannten Stadien durchlitten. Bei der Erforschung der Nutzungsgeschichte und der Eingriffe an der Fleischbrücke zeigte sich, dass über die meisten Maßnahmen weder Daten beim Tiefbauamt existieren, noch eine denkmalgerechte Dokumentation für die Maßnahmen, die im 19. und 20. Jh. erfolgten, vorliegt:

- Austausch der steinernen Rosetten vermutlich im 19. Jh.,
- Erneuerung der steinernen Wappen an den Kanzeln,

- Entfernen von Teilen des südlichen Widerlagers und der Schrägpfähle im Zuge des Baues eines Hochwasserentlastungstollens zwischen 1951-1958,
- Sandstrahlmaßnahmen überwiegend an der Oberstromfassade mit anschließendem Aufbringen der künstlichen Steinersatzmasse „Mineros“ 1970/71.

Zu dem Zeitpunkt, als diese Maßnahmen durchgeführt wurden, war die Fleischbrücke noch nicht offiziell Denkmal. Die Denkmalpflege unterstand derzeit noch dem Hochbauamt, Abteilung Denkmalpflege. Entweder wurde die Denkmalpflege nicht informiert oder aber eine Zusammenarbeit mit dem für Brücken zuständigen Tiefbauamt scheint – zumindest zeigt das das Beispiel der Fleischbrücke – nicht von Interesse gewesen zu sein.⁴⁰⁷ Auch die übergeordnete Behörde, das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege, verfügt bezüglich der oben genannten Maßnahmen über keine Informationen zu diesem Brückendenkmal:

*„Bei der Prüfung unserer Akten zu den von Ihnen nachgefragten Sanierungsmaßnahmen an der Brücke mussten wir leider feststellen, dass das bayerische Landesamt für Denkmalpflege an den genannten Maßnahmen nicht beteiligt war. Wir bedauern diesen Umstand sehr. Vor diesem Hintergrund erklärt sich auch die ungewöhnlich dünne Aktenlage ...“*⁴⁰⁸

Bei den Sanierungsmaßnahmen, die der Fleischbrücke ab 2004 bevorstehen, sind die Fachbehörden der Denkmalpflege involviert und es bleibt zu hoffen, dass bei dieser Instandsetzung auch eine detaillierte Dokumentation erfolgt.

IV. 1.5.3 Befahrverbote im 18. Jahrhundert

In der rst. Zeit sind nach Errichtung der Fleischbrücke in den folgenden 100 bis 150 Jahren keine Mängel an der Fleischbrücke nach derzeitigem Stand der Recherche aktenkundig. In existierenden Bauamtsrechnungen über die Unterhaltung der Brücken und Stege in Nürnberg zwischen 1654-1684 tauchen keine Posten zur Fleischbrücke auf.⁴⁰⁹

Mitte des 18. Jh. war die Fleischbrücke jedoch reparaturbedürftig. Schon im Jahr 1750 ist dies durch verschiedene Schriftwechsel zur *„Verordnung und Menagierung der Fleischbrücke, sonderlich in Ansehung der schwer beladenen Wagen“*⁴¹⁰ belegt. *„Es ist ertheilt wegen Verwehr- und Menagierung der Fleischbrücke, ...durch eine diß und jenseits eine Zeitlang aufzustellende Wacht, das Hin- und Herfahren der schweren Waegen, mittelst des Löbl. Kriegs-Amts verhindern zu laßen. den 12. October 1750, Kriegs-Amt.“*⁴¹¹ Zur Umsetzung des Befahrverbotes der Fleischbrücke mit allzu schwer beladenen Fuhr- und Güterwagen, wie z. B. der Bierbrauer und

⁴⁰⁷ Auch W. v. Stromer beauftragte 1989 die Landesgewerbeanstalt Nürnberg zu Rammbohrungen auf der Brücke, die auch ausgeführt wurden, ohne dass die inzwischen eingerichtete Untere Denkmalschutzbehörde informiert war und darüber Unterlagen erhielt.

⁴⁰⁸ Antwort des Oberkonservators Dr. Exner vom 4.2.2002 an die Verfasserin.

⁴⁰⁹ Siehe StadtAN: B1/II, Nr. XVI 29. – Auch in dem Sammelakt StadtAN: B1/II, Nr. 33, der Fragmente von Schriftstücke verschiedenen Inhaltes zu schadhafte Brücken und Stegen aus dem Zeitraum 1579-1807 enthält und gegebenenfalls deren Sperrungen, ist zur Fleischbrücke (erstaunder Weise, vermutlich aussortiert in anderen Aktenbündelungen) nichts enthalten. – Ein weiterer sehr umfangreicher Akt von rund 80 Seiten (№ 84 bis №161) zu den Rednitzbrücken, derer Reparatur und Unterhaltung im Zeitraum von 1679-1688 beinhaltet nichts zur Fleischbrücke, StadtAN: B1/II Nr. XVI 43.

⁴¹⁰ Menagieren = sich selbst verköstigen; sparen, auch sich menagieren = sich rücksichtsvoll benehmen. Hier aber ist mit Menagierung wohl Einschränkung oder Bauunterhalt zu verstehen. In StadtAN: B1/II, Nr. XVI 10 mit Abschriften von Ratsverlassen oder Bestimmungen aus den Jahren 1750 und 1757, die alle zum Ziel haben, das Befahren mit überladenen Wagen zu verhindern durch Wachen, Patrouillieren und Androhung von Leibesstrafen (1750: 26. März; 29. Mai; 12. Okt.; 17. Okt.; 19. Okt.; und 1757: 22. Okt.).

⁴¹¹ StadtAN: B1/II, Nr. XVI 10, „Copia“ des Ratsverlasses vom 12. Oktober 1750.

Müller, folgen in diesem Akt weitere Schriftstücke, in denen das Bauamt, das Zollamt und das Kriegamt gemeinsame Verordnungen erlassen, z. B. auch zur Publizierung dieses Mandates, „damit sich Niemand mit der Unwissenheit entschuldigen möge“. Vorerst hält man es für notwendig, mehrmals Patrouillen einzusetzen und auch, dass „Schützen zur fleißigen Aufsicht befehliget werden... damit gegen die Übertreter mit Rügen [Rügen, Anzeigen] könne verfahren werden.“ Es sollen nur Wagen mit zwei oder drei Pferden erlaubt sein, deren Kutschern zudem das schnelle Fahren bei Geldstrafe untersagt wird.⁴¹²

Rund 10 Jahre später im November 1766 war die schadhafte Fleischbrücke mit nicht geringen Kosten ausgebessert und wiederhergestellt. Dennoch verweist das Bauamt darauf, die Fleischbrücke mit stark belasteten Fuhren zu verschonen.⁴¹³

Im Verzeichnis vom 1. Juli 1772 „in hiesiger Stadt vorgenommen Brückenvisitation“ dokumentierte Keyl in seiner Funktion als Anschicker die Ergebnisse seiner Brückeninspektionen und beschrieb die vorgefundenen Mängel. Die Steinernen Brücke ist als von allen Brücken der Stadt am stärksten beschädigt. Dagegen notierte er „Fleischbrücke Nichts“. Selbiges erfährt man von den Schuldbücke, der Heubücke, der Barfüßerbrücke und der A.B.C-Brücke.⁴¹⁴

Auch wenn 1772 keine Schäden an der Fleischbrücke festzustellen waren, blieb es dennoch bei Befahrverboten für Müller, Bierbrauer und Fuhrleute, die allerdings nicht eingehalten werden: Zehn Jahre später besteht noch das gleiche Problem der Zuwiderhandlung, „dessen ungeachtet es doch alltäglich geschieht“, weshalb denn 1782 der Gassen-Hauptmann Johann Wilhelm Weiß Anzeige erstattete und ausdrücklich darauf aufmerksam machte, das dieses Befahren nicht allein dem kostbaren Gewölbe der Fleischbrücke großen Schaden zufügen könne, sondern dass auch die Nachbarschaft mancherlei Arten von Gefahr und Unglück ausgesetzt sei.⁴¹⁵

In dieser Zeit kam es wiederholt zur Erneuerung der Verbote, Anzeigen bei Zuwiderhandlung (die teilweise niedergeschlagen werden, wenn es sich nur dem Augenschein nach um zu stark belastete Fuhrwerke handelte, aber z. B. nur Wolle geladen war) und Anzeigen seitens der Anwohner. Im März 1784 wird erneut überlegt „an den Extremitäten der Brücke“ einen Wachposten abzustellen. Unter Berufung auf Verlässe von 1779 und 1782 wird beschlossen – da immer noch kein gedrucktes Mandat existiere – allen Personen, die Fuhrwerke besitzen, aufs Schärfste Geld- oder Leibesstrafen bei Zuwiderhandlung gegen das Befahrverbot „einzuprägen“.⁴¹⁶

Trotzdem wird weiter gegen das Befahrverbot verstoßen – noch 1801.⁴¹⁷

⁴¹² StadtAN: B1/II, Nr. XVI 10, wiedergegebener Ratsverlass vom 19. Oktober 1750.

⁴¹³ StadtAN: B1/II Nr. LXXVIII 855, Schreiben des Bauamtes vom 10.11.1766.

⁴¹⁴ StadtAN: B1/II, Nr. XVI 6. Frei transkribiert: „Die steinerne Brücke, welche wohl die schadhafteste in der Stadt, wird wohl heuer noch nötig sein. Man müsse den tief hinein ausgefaulten und schon lange immer mit Pfählen geholten Pfeiler mit harten Stücken unterfahren, wobei auch der sich von der Brücke abgelöste Pfeiler der anderen Seite mit eine langen Klammer zu fassen sein wird. Wie auch an den beiden Steinmauern einige Stücke einzuwechseln wären, ferner noch das Eck an den Freibänken mit etlichen Klammern zu fassen sei.“

⁴¹⁵ StadtAN: B1/II, Nr. LXIX 2. Brief vom 20. 2.1782. Der gesamte Akt beinhaltet eine Sammlung unterschiedlichster Schriften zu Befahrverboten von 1779 -1791 (nicht nur zur Fleischbrücke) mit enthaltenen Kopien von Ratsverlässen, insgesamt ca. 60 Seiten. Auch enthalten ist hier eine Bestimmung vom 18.10.1756, dass die Ladungen von Fuhr- oder Frachtwagen beschränkt werden auf 40 bis 50 Zentner nach dem schweren und sogenannten Wiener Gewicht oder 60 Zentner nach dem leichten bzw. Nürnberger Gewicht.

⁴¹⁶ B1/II, Nr. LXIX 2. Ratsverlass vom 5. März 1784 und 6. März 1784.

⁴¹⁷ StadtAN: B1/II, Nr. XVI 39. 1801. Die Fleischbrücke wird mit einen Wagen mit großen Fässern voll Eisenware überfahren.

Es verwundert schon, dass die Stadt auch in den Jahren bis 1806 offensichtlich das Problem nicht in den Griff bekam. „*So sehr ich nach dem verehrlichen Schreiben Einer Königl. Wollöbl. Bau-Direction von 5ten d. M. bereit bin, dafür zu sorgen, dass die steinerne und Fleischbrücke nicht mit schwerem Fuhrwerk befahren werden, so wenig möchte dieses durch einen bloßen Befehl am Thor oder öffentlichen Anschlag zu bewirken sein. Sobald diese Brücken wirklich schadhafft sind, so möchte auf deren Reparatur schleunigst Bedacht zu nehmen, bis diese aber erfolgt sein wird, sei die Passage gänzlich zu sperren, weil sonst ein unglückliches Ereigniss zu spät lehren möchte, dass unzureichende Maasregeln soviel als nichts helfen. Eure Wollöbl. Bau-Direction ersuche ich demnach, zu bestimmen, ob die gemachten Brücken für Fuhrwerk unzugänglich gemacht werden sollen, wobei ich die baldige Herstellung derselben dringend empfehlen muß. Nürnberg den 15. Oktober 1806, Königl. Bayr. Polizei-Direction.*“⁴¹⁸

Nur neun Tage später erfolgte eine Eingabe von acht Anwohnern der Fleischbrücke. Sie brachten mit tiefer Bestürzung und Unwillen zur Anzeige, dass schon etlichen Wochen eine große Menge schwerer Wagen des Heerwesens der Kaiserlichen Französischen und Königlich Bayerischen Armee, ja ganze Züge von Artillerie die Brücke passierten, und dass schnelle Abhilfe nötig sei, da dem Vornehmen nach, „*schon heute oder morgen wieder württembergische Artillerie in der Stadt ankäme*“⁴¹⁹. Wie diese scheinbar unendliche Geschichte nach 1806 weiterging, dazu müsste in den Magistratsunterlagen der Folgezeit recherchiert werden.⁴²⁰ Für die Zeit ab 1879 bis zum Ende des 20. Jh. fanden sich jedenfalls keinerlei Hinweise auf Sperrungen oder Befahrverbote.⁴²¹

In den oben genannten rst. Bauamtsakten waren keine detaillierte Informationen enthalten, auf Grund welcher Probleme man überhaupt zu der Einschätzung gelangte, dass eine Menagierung „*jezo mehr als jemals erforderlich und nötig sein will*“⁴²² und warum man diese Einschätzung auch nach erfolgter Reparatur 1766 aufrecht zu erhalten suchte. Es fanden sich auch keine ähnlichen Angaben, wie Keyl sie zu den Schäden der Steinernen Brücke gab (siehe Anm. 414, S. 128). Da auch über entsprechende Sanierungen keine detaillierten Beschreibungen auffindbar sind, ist davon auszugehen, dass es sich bei der Fleischbrücke eher um Schäden handelte, die lokale Bereiche betrafen – vielleicht die Kanzeln, einzelne lose Bogensteine oder die Pflasterung –, als um Schäden, die die Standfestigkeit der Brücke ernsthaft bedrohten.⁴²³

⁴¹⁸ StadtAN: B1/II, Nr. XVI 36. Akten zur Beschädigung der Fleisch- und der steinernen Brücke durch schwere Fuhrwerke aus dem Jahr 1806. U. a. der zitierte Brief vom 15. Oktober 1806.

⁴¹⁹ StadtAN: B1/II, Nr. XVI 36. 24. Oktober 1806.

⁴²⁰ StadtAN, Bestand C: Amtliche Provenienzen der bayerische Zeit seit 1806.

⁴²¹ Ab 1879 sind Unterlagen zur Fleischbrücke, was bauliche Maßnahmen und Sanierungen anbelangt, im Tiefbauamt in der Hauptakte zur Fleischbrücke dauerhaft aufbewahrt, siehe S. 27.

⁴²² StadtAN: B1/II, Nr. XVI 10. Wiedergegebener Ratsverlass vom 19. Oktober 1750.

⁴²³ So wurde beispielsweise auch verboten, Karren an die Brüstung zu lehnen, weil diese dabei beschädigt werden könnte. In StadtAN: B1/II; Nr. XVI 36. Von der Königlich Bayerischen Bau-Direction am 1.12.1806.

IV. 1.5.4 Verkehrstechnische Planungen und Maßnahmen

Um 1882 nahmen Teile der Bevölkerung die Fleischbrücke bei wachsendem Verkehr als Verkehrshindernis wahr. Der Fleischbrücke drohte ein Abflachen des Bogens oder gar ein Abriss aus verkehrstechnischen Gründen. Man stellte sich eine Straßenbahnlinie – eine Pferdebahn – über die Fleischbrücke vor, wofür eine geringere Neigung notwendig war. Mittels Umbau der Fleischbrücke sollte die Verbindung der Bahnlinien der Stadtteile St. Sebald und St. Lorenz möglich gemacht werden.⁴²⁴

Die Presse vertrat die Meinung, dass was die Schwierigkeiten dabei anbelange, habe die Neuzeit schon manches Hindernis besiegt, das weniger groß schien. Leider aber verlautete nichts davon, ob die städtischen Kollegien dafür Interesse zeigten. Deshalb müsse man sich mit den Technikern ins Benehmen setzen. „Sollte aber trotz alledem an maßgebender Stelle fortgefahren werden, die berechtigten Wünsche der Bürgerschaft zu ignorieren und dadurch die Unzugänglichkeit und Gefährlichkeit der gegenwärtigen Passagen fortbestehen bleiben, so musste man eine Eingabe an höherer Stelle unter Vorlage der technischen Elaborate erfolgen.“⁴²⁵

Offensichtlich wurden diese Gedanken erst Jahrzehnte später in die Planzeichnungen umgesetzt. Davon zeugen noch ein Grundriss im Maßstab 1:250 (Abb. IV-52), ein Längsschnitt mit einem Höhenmaßstab von 1:25 bei einem Längenmaßstab von 1:100 (Abb. IV-53) und ein Plan verschiedener Querprofile im Maßstab 1:50.⁴²⁶ Die ersten Datierungen der Pläne verweisen auf Dezember 1921, sind aber vom Nürnberger Straßen- und Wasserbauamt am 16.9.1927 abgestempelt. Im Tiefbauamt ist nicht belegt, aus welchen Gründen man von dieser Maßnahme absah. Im Übrigen sind im Grundriss noch die heute nicht mehr vorhandenen Treppenanlagen auf der Nordost-, Südost- und Südwestecke erkennbar, die bei den Anschüttungen aus Kriegsschutt nach 1945 verloren gingen.

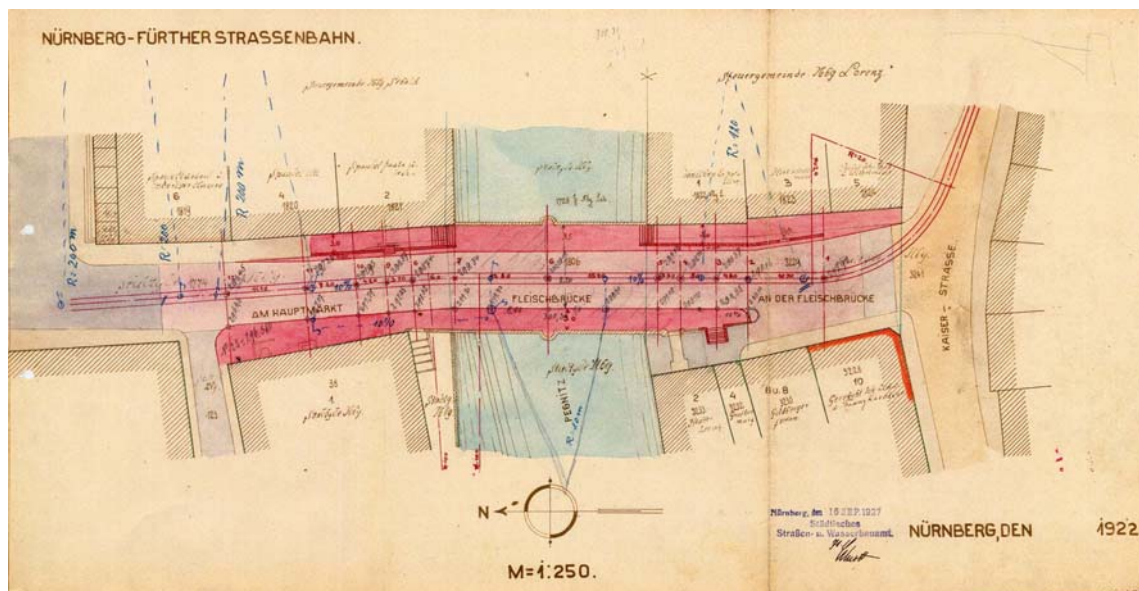


Abb. IV-52: Grundriss im Maßstab 1:250. Planentwurf für eine Nürnberg-Fürther Straßenbahnlinie. Tiefbauamt Nürnberg

⁴²⁴ Siehe Nürnberger Stadtzeitung vom 1. Februar 1882

⁴²⁵ „Nürnberger Presse“ vom 5. Februar 1882.

⁴²⁶ Tiefbauamt Nürnberg, Hauptakte 650-41-01/020.

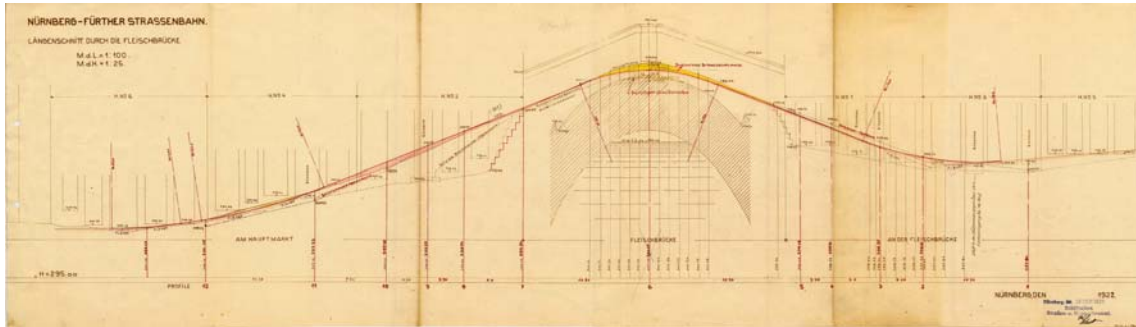


Abb. IV-53: Längsschnitt in überhöhter Darstellung, Planentwurf für eine Nürnberg-Fürther Straßenbahnlinie. Tiefbauamt Nürnberg

Bei aller Besorgnis um die Tragfähigkeit der Fleischbrücke Ende des 18. Jh. mutet es erstaunlich an, dass sie dennoch im Zweiten Weltkrieg der Überführung durch Panzer standhielt. Pläne der ersten Nachkriegsjahre, die Fleischbrücke als Verkehrshindernis einer autogerecht wieder aufzubauenden Stadt zu beseitigen, scheiterten laut W. v. Stromer am Widerstand einiger mutiger Altstadtfreunde.⁴²⁷ Stattdessen stuft sie das Tiefbauamt 1955 in die Brückenklasse 30 ein. Damit war die Fleischbrücke für den regulären, planmäßigen, innerstädtischen Verkehr mit Lastkraftwagen (30-Tonner) freigegeben. Erst 1967 wurde der Altstadtbereich zur Fußgängerzone erhoben, so dass nur noch Lieferverkehr oder die Feuerwehr die Brücke passierten. Aufgrund der Bauaufnahme der Brückenuntersicht im Frühjahr 2003 sperrte das Tiefbauamt die Fleischbrücke am 4.10.2003 für Kraftfahrzeuge durch Aufstellen entsprechender Blumenkübel.

IV. 1.5.5 Hochwasser

Den Problemen aus Hochwassereinwirkungen war die Fleischbrücke gewachsen. Weder das Jahrhunderthochwasser von 15.1.1849 – „Die größte denkbare Wasserfluth in der Stadt Nürnberg“ (Abb. IV-54) – noch das vom Februar 1909 vermochten ihr im Gegensatz zu anderen Nürnberger Brücken wesentliche Schäden zuzufügen (Abb. IV-55 und Abb. IV-56).⁴²⁸



Abb. IV-54: Wasserstand in den Straßen 1849. W. Schroll, Ausschnitt aus einem Druck mit Darstellung von geschädigten Bauten. In StadtAN, Bild-, Film- und Tonarchiv: LR359/22

⁴²⁷ Siehe Stromer (1988), S. 167.

⁴²⁸ Zumindest sind Schäden nicht aktenkundig. Der Einflussbereich des schweren Hochwasser vom 15.1.1849 ist auf einer Zeichnung dargestellt, auf der auch geschädigte Bauwerke aufgeführt sind, die Fleischbrücke ist nicht dabei. In StadtAN, Bild-, Film- und Tonarchiv: LR 359/22.



Abb. IV-55: Fleischbrücke während des Hochwassers 5.2.1909 von Osten. In StadtAN, Bild-, Film- und Tonarchiv: D164/ XII (vgl. Bd. 3, Foto 7)



Abb. IV-56: Fleischbrücke während des Hochwassers 5.2.1909 von Westen. In StadtAN, Bild-, Film- und Tonarchiv: Repr0182_V (vgl. Bd. 3, Foto 8)

Dennoch können Hochwasser mitverantwortlich für die Schäden gewesen sein, die die Stadt zu den Sperrungen in der 2. Hälfte des 18. Jh. veranlasste, denn auch frühere Hochwasser reichten bis annähernd zum Scheitel und konnten den Verband der Bogensteine des Intrados schädigen.⁴²⁹

IV. 1.5.6 Kriegsschäden aus dem Zweiten Weltkrieg

Etwa 59 Luftangriffe der Alliierten zwischen 1942 und April 1945 legten die Stadt Nürnberg, vom Erhaltungszustand einst mit Florenz und Venedig verglichen, in Schutt und Asche und zerstörten die Altstadt zu 95 %. Das Maß der Vernichtung war so groß, dass es sogar die Idee gab, Nürnberg als modernes Pompeji mit Ruinen zu belassen und die Stadt an anderer Stelle komplett neu zu errichten. Dazu kam es zum Glück nicht, denn nach einem Wettbewerb 1947 entschieden die Stadtväter, die Nürnberger Altstadt in ihrer kleinteiligen Bebauungsstruktur wieder zu errichten.⁴³⁰

Angesicht des Ausmaßes der Zerstörung ist es umso bemerkenswerter, dass die Fleischbrücke nicht zerstört wurde (Abb. IV-57), denn eine „großkalibrige Bombe traf Anfang März 1945 das südliche Widerlager, zerstörte die Brüstungen und Erker der Brücke sowie die umliegenden Häuser. Die Brücke selbst hielt den Erschütterungen stand.“⁴³¹

⁴²⁹ Zwischen 1300 und 1956 gab es zwölf katastrophale Hochwasser mit einer Flutwelle von über 3,5 m, 44 Hochwasser mit einer Flutwelle von über 2,5 m sowie 89 mittlere Hochwasser über 1,4 m. Durch die zunehmende Einnengung der natürlichen Ausbreitungsflächen der Pegnitz im 19. Jh. erreichten die Hochwasser immer häufiger den Hauptmarkt. Dort wurde 1909 der höchste Wasserstand mit 2,5 m gemessen (Nürnberger Stadttafeln).

⁴³⁰ Siehe Stadt Nürnberg (2000).

⁴³¹ Stromer (1988), S. 167.



Abb. IV-57: Fleischbrücke von Südwest und von Osten. 16.10.1946. In StadtAN, Bild-, Film- und Tonarchiv: FiF3 (vgl. Bd. 3, Foto 30)

In einem Bericht zur Bergung Nürnberger Kulturgutes heißt es 1946:

„Ja ich empfehle eine baldige Wiederherstellung dieser Brücke, um wieder einen Ruhepunkt in dieser furchtbaren Trümmervelt zu gewinnen. Es fehlt vor allem die östliche Kanzel, die südlich an diese anschließende Abschlußbrüstung, eine kleinere Stelle der gegenüber befindlichen Wange und der größte Teil der Deckplatten der Wangen. Alte und neue Abbildungen sind zur Genüge vorhanden. Es stimmt wehmütig, wenn man von dieser Stelle aus die zerstörte Altstadt überblickt und die Hauptverkehrsader und Verkehrsbrücke zwischen Nord und Süd, zwischen Hauptmarkt und Kaiserstraße derart defekt sieht ...“⁴³²

Die aus dem Allgäu stammende Fotografin Lala Aufsberg (* 1907, † 1976) zählt zu den bekanntesten Kunstfotografinnen der Nachkriegszeit. Sie fotografiert die Fleischbrücke vom Schleifersteg über das Wehr 1935 und bedrückend und symbolhaft in der Bildersprache erscheinen der gleiche Blick 10 Jahre danach: *„Alles Leben ist gewichen und ein absoluter Stillstand ist eingetreten. Der Fluß und die Stadt sind tot. Einer Szenerie wie aus einem Text von Wolfgang Borchert.“⁴³³*

Der amerikanische Armeefotograf Ray D'Addario dagegen stellt unter gleichem Blickwinkel die Trümmerlandschaft 1945 bis 1949 (Abb. IV-58) und urbanes Leben in der rekonstruierten

⁴³² Stadtarchiv, Bild-, Film- und Tonarchiv: Fleischbrücke, 21. Schriftliche Äußerung am 25.6.46 von Prof. Dr. Schulz, Nürnberg.

⁴³³ Beer (1998), S. 18. Foto von Aufsberg 1935, S. 100 und 1945, S. 101.

und wieder aufgebauten Altstadt 25 Jahre später gegenüber, ein Bilder-Buch, das dazu aufordert, für eine friedliche Zukunft zu wirken.⁴³⁴

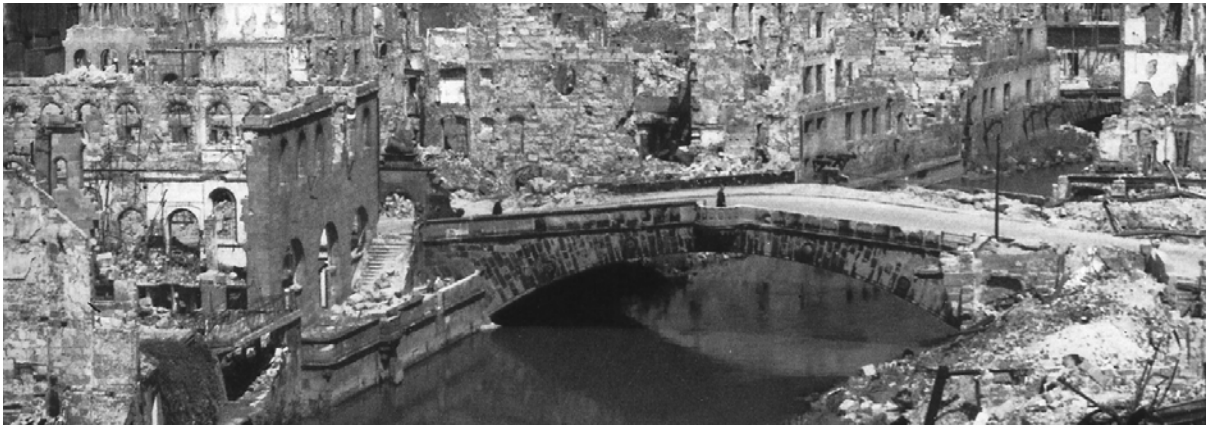


Abb. IV-58: Blick von Südwesten vor 1949, links das Fleischhaus. In D'Addario, Ausschnitt aus Foto S. 82 (vgl. Bd. 3, Foto 27)

Die Reparaturen, die sich gegenüber der gesamten Wiederaufbauleistung von Nürnberg gering ausnehmen, erfolgten. Die fehlenden Wappen an der östlichen Kanzel wurden nicht ersetzt.⁴³⁵

Die Fleischbrücke wirkt jedoch nach dem Zweiten Weltkrieg im Stadtbild viel flacher, weil man bei der Wiederbebauung der Ufer die Auffahrten zur Fleischbrücke mit Kriegsschutt abflachte. Im Süden an der Kaiserstraße beträgt die Aufschüttung ca. 1,5 m. Die an den Brückenenden im Fußgängerbereich vorhandenen Treppen sind damit nicht mehr vorhanden.



Abb. IV-59: Ochse Rekonstruktion.
2001. Foto C. Kaiser

Der Ochse, dem durch Bombensplitter der Kopf abgeschlagen worden war, wurde durch eine leicht veränderte Rekonstruktion ersetzt (Abb. IV-59):

„Der jetzige Ochse wurde 1951 völlig neu nach dem Modell des alten hergestellt, aus einem Quarzitblock der Worzeldorfer Steinbrüche durch den Nürnberger Bildhauer Emil Zentgraf; er wiegt 55 Zentner und seine Hörner stammen von einem echten Watussi-Stier. Am 21. Februar 1951 wurde der neue „Ochs auf der Fleischbrücke“ unter reger Anteilnahme der Bevölkerung auf sein hohes Postament gezogen.“⁴³⁶

⁴³⁴ Siehe D'Addario (1997). Ende 1945 -1949 war D'Addario im Auftrag des IMT (International Militär Tribunal) mit einer Gruppe amerikanischer Armeefotografen in Nürnberg mit dem Auftrag, das gesamte Bildmaterial aus dem Kriegsverbrecherprozess festzuhalten. Aus dieser Zeit stammen seine Fotos. Besuchsweise wieder nach Nürnberg gekommen, reizte es ihn, die gleichen Motive, die er im zerstörten Zustand aufgenommen hatte, jetzt in ihrer gegenwärtigen Form des Neu- bzw. Wiederaufbaus zu fotografieren. Fotos der Fleischbrücke S. 32/33, 58/59, 72/73, 78/79, 84/85.

⁴³⁵ Laut Hauptakte Fleischbrücke 1/020 des Tiefbauamtes der Stadt Nürnberg findet sich zu den Sanierungen der Nachkriegszeit nur ein Nachtrag vom 15.11.88, der die als „Neubau“ bezeichnete Sanierung beschreibt: Kriegsschäden an den Sandsteinbrüstungsmauern beseitigt von Firma Schöpf in Höhe von 6350,- DM in der Zeit von 11.7.1949-23.9.1949 und Ausbesserungsarbeiten an Sandsteingewölbe-Untersicht und an Stirnmauerwerkverblendung der Unterstromseite, Firma Konrad Winkler in Höhe von 2593,- DM in der Zeit von 16.10.1953-27.11.1953.

⁴³⁶ Sieghardt; Malter (1966), S. 76/77 – siehe auch D'Addario (1997), Abb. S. 32 der Ochse mit abgeschlagenem Kopf.

Insgesamt blieb in groben Zügen der Charakter Alt-Nürnbergs mit seiner einzigartigen Stadtbe-
festigung und hervorragenden Monumentalbauten erhalten. Man baute die historisch wichtigs-
ten Gebäude wieder auf, wobei Neubauten behutsam eingefügt wurden.⁴³⁷ Dennoch büßte gera-
de die Umgebung der Fleischbrücke in den Nachkriegsjahren viel von ihrem Charme ein (Abb.
IV-60). Durch die Nachkriegsbebauung veränderten sich die historischen Baufluchten, so dass
Teile der äußeren Fundamente der Brücke möglicherweise überbaut wurden.



Abb. IV-60: Fleischbrücke von Osten mit Ponton zur Aufnahme der Brückenuntersicht, 19.4.2004. Foto c. Kaiser

IV. 1.5.7 Bauliche Eingriffe in das Brückenbauwerk

Verlegen von Leitungen

Um gusseiserne Wasserleitungen zwischen den Stadtteilen St. Sebald und St. Lorenz verlegen zu können, kerbte man 1928 unterhalb der Fahrbahn Rinnen von ca. 20-30 cm Tiefe in den Brückenkörper ein und schwächte damit örtlich den Querschnitt, insbesondere im Scheitel (Abb. IV-61). In späteren Jahren haben undichte Leitungen die Brücke von oben durchfeuchtet. Als sich weitere Versorgungsleitungen als notwendig erwiesen – sei es für Telefon oder Gas – verfuhr man ähnlich und verlegte diese teils im Fahrbahnbereich, teils unter den Fußwegen im eingeschnittenen Brückenkörper.

⁴³⁷ Siehe Stadt Nürnberg (2000).



Abb. IV-61: Versorgungsleitungen in der Fleischbrücke 1928. In Tiefbauamt Nürnberg (vgl. Bd. 3, Foto 14)

Das Bemühen seitens des Tiefbauamtes, alle diese Leitungen im Rahmen der anstehenden Sanierung nicht mehr über die Brücke zu führen, scheiterte am Widerstand der Sparten-träger. Deshalb zielt die derzeitige Planung dahin (Stand Okt. 2003), alle Leitungen aus den eingeschnittenen Bereichen zu entfernen und oberhalb des tragenden Querschnittes zu verlegen, was eine Erhöhung der Überdeckung im Scheitelbereich zur Folge hat.

Eingriffe am südlichen Widerlager

Ein weiterer Eingriff betrifft das südliche Widerlager im Zuge des Baues eines Hochwasserentlastungsstollens.⁴³⁸ Die Problematik der Hochwassersituation in der Stadt Nürnberg verlangte nach einer Lösung. Infolge des Jahrhunderthochwassers von 1909 plante die Stadt einen ca. 3 km langen Hochwasserstollen. Durch den Ausbruch des Ersten Weltkrieges und der folgenden wirtschaftlich schwachen Zeit konnte dieser Hochwasserstollen nicht verwirklicht werden. Nachdem im Zweiten Weltkrieg die Altstadt zerstört worden war, bot sich vor dem Wiederaufbau der Häuser auf der südlichen Pegnitzseite die Möglichkeit, hier einen nur 140 m langen, 10 m breiten und 4 m hohen Hochwasserentlastungsstollen anzulegen. Die Baumaßnahmen, die auch den Ausbau des Flussbettes, die Beseitigung von Mühlwerken, die Aufhöhung von Ufermauern und den Neubau von Stauwehren umfassten, dauerten von 1951 bis 1958.⁴³⁹

Der Abriss der kriegsbeschädigten Museumsbrücke erfolgte 1954. Sie wurde wesentlich breiter als Stahlbetonbrücke – äußerlich mit Sandstein verkleidet – nunmehr mit drei Bögen rekonstruiert. Der dritte Bogen bildet nun den Einlass für den Hochwasserstollen. Dieser entlastet die Engstelle der Pegnitz zwischen Museumsbrücke und Fleischbrücke.

Stromabwärts, unterhalb der Fleischbrücke in der Nähe des Schwabenwehrs führt der Hochwasserentlastungsstollen wieder in die Pegnitz. Der Querschnitt des Stollens, auf der Museumsseite noch bogenförmig zum Einfluss unterhalb der Fleischbrücke auf rechteckigen Querschnitt verzogen, wurde so ausgelegt, dass hier insgesamt 430 m³/sec abgeführt werden. Das ist das 40-fache der durchschnittlich abfließenden Wassermenge.⁴⁴⁰

⁴³⁸ Siehe Tiefbauamt Nürnberg: Hauptakte 650-41-05/028, Hochwasserstollen.

⁴³⁹ Siehe Diefenbacher, Endres (2000), S. 452, Hochwasserfreilegung.

⁴⁴⁰ Siehe Nürnberger Stadttafeln.



Abb. IV-62: Bauabschnitt I des Hochwasserentlastungsstollens ist fertig gestellt, Beginn des Bauabschnitts II, dem Neubau der Museumsbrücke. Blick von Osten. In Tiefbauamt Nürnberg



Abb. IV-63: Bau der Museumsbrücke mit dem dritten Bogen als Einlassbauwerk für den Hochwasserentlastungsstollen, Blick von Osten. In Tiefbauamt Nürnberg



Abb. IV-64: Fertigstellung des II. Bauabschnittes. In Tiefbauamt Nürnberg

Es gab drei Bauphasen:

- I. Tunnelstück von der Museumsbrücke in Richtung Fleischbrücke, einschließlich Widerlagersituation der Fleischbrücke (Abb. IV-62),
- II. Einlaufbauwerk Museumsbrücke (Abb. IV-63 und IV-64),
- III. Auslaufbauwerk von Fleischbrücke bis zu Schwabenmühle (Abb. IV-65).

Die vorbereitenden Maßnahmen im Tiefbauamt gingen davon aus, den Stollen am südlichen Widerlager der Fleischbrücke vorbeizuführen.

Während der ersten Bauphase stieß man gegen das Ende des südlichen Widerlagers der Fleischbrücke. Ohne Kenntnis der historischen Pläne hatte man nicht angenommen, dass die Widerlager bis zur geplanten Streckenführung des Stollens reichen würden.

Um den Hochwasserstollen wie geplant ausführen zu können, fiel die Entscheidung, das Fleischbrückenwiderlager soweit notwendig abzureißen, die schrägen Pfähle zu entfernen und später den Bereich zwischen Hochwasserstollen und südlichem Fleischbrückenwiderlager mit Beton zu verfüllen. Durch diese Maßnahme ist belegt, dass die schrägen Pfähle zumindest im Bereich des südlichen Widerlagers tatsächlich ausgeführt wurden (siehe auch Abb. IV-39, S. 112).

Das Abbruchmaterial wurde abtransportiert und entsorgt, die

schrägen Pfähle z. T. auch als Brennholz verwendet.⁴⁴¹



Abb. IV-65: Baustelle des III. Bauabschnitts, dem Auslaufbauwerk, bei Hochwasser unter Wasser, Blick von Westen. In Tiefbauamt Nürnberg (vgl. Bd. 3, Foto 39)

Die schriftliche Dokumentation der Maßnahme an der Fleischbrücke erschöpft sich in einer Nachtragsforderung für das abgerissene Mauerwerk, von dem man vor der Baumaßnahme nichts gewusst habe. Das erst senkrecht verlaufende, dann aber schräg unterschrittene Widerlager wurde um ca. 80 cm verkürzt. Um etwaigen statischen Problemen vorzubeugen, verfüllte man den Zwischenraum bis zum Hochwasserentlastungsstollen mit Beton.⁴⁴²

Aus persönlichem Interesse fotografierte der damaligen Bauleiter Dipl.-Ing. Roland Funk den Baufortschritt. Ihm ist es zu verdanken, dass Fotos aus dieser Zeit die Existenz der Schrägpfähle am Südwiderlager belegen. Etliche seiner Fotos verblieben meist unkommentiert und undatiert im Tiefbauamt, weitere Fotos sind noch –

diese meistens datiert und kommentiert – im Privatbesitz von Herrn Funk. Das damalige Hochbauamt, Abteilung Denkmalpflege, hielt sich offenbar nicht für zuständig, auch wenn damals schon die Fleischbrücke – bevor sie den rechtlichen Status eines Denkmals erhielt – als Monument angesehen wurde. Die Chance für eine denkmalgerechte Dokumentation der freigelegten Widerlager wurde vertan.⁴⁴³

IV. 1.5.8 Brückenschmuck und seine Veränderung

Längst nicht mehr alles, was die Werkleute für die Verschönerung der Fleischbrücke an der Brücke gestalteten, ist heute noch vorhanden. Es gab auch unterschiedliche Entwürfe bezüglich der gestalterischen Elemente, die nur in den Entwurfsplänen auftauchen. Als Gliederungselemente oder Schmuckelemente der Fleischbrücke umgesetzt wurden letztlich das Gesims, die Kanzeln – auch als Erker oder Ausladung bezeichnet – in der Brückenmitte mit den steinernen Patrizierwappen sowie die vier steinernen Rosetten auf jeder Seite. Steinernen Kugeln zierten die Brüstung; das Ochsenportal mit dem steinernen Ochsen bildete die Anbindung der Brücke an das Fleischhaus. Mittels steinerner Voluten gestaltete das rst. Bauamt alle Anschlüsse an die bestehende Bebauung.

⁴⁴¹ Nach freundlicher Information durch Dipl.-Ing. Roland Funk, den damaligen Bauleiter.

⁴⁴² Siehe Tiefbauamt Nürnberg: Hauptakte 650-41-05/028, Hochwasserstollen.

⁴⁴³ Zu den Informationen aus einem Interview mit dem damaligen Bauleiter Dipl.-Ing. Roland Funk siehe in Kap. IV. 1.3.3, „Bauablauf“, S. 111.

Nicht ausgeführte Entwürfe mit Obelisken oder Säulen

Nicht zur Ausführung gelangte Entwürfe sehen in den Kanzeln Schmucksäulen bzw. Obelisken vor.⁴⁴⁴ Etliche dieser Entwürfe enthalten Geländer, die feldweise mit verschiedenen Emblemen ausgearbeitet sind.

Eine von Peter Schmidt signierte Zeichnung fügt dem Entwurf einen Text zu den Bedeutungen der Embleme bei, der das Motto des jeweiligen Feldes lateinisch und seine symbolhafte Darstellung auf deutsch angibt (Abb. IV-66). Die Motti „Beständige Stärke“, „Sanfte Gerechtigkeit“, „Siegreiche Geduld“, „Feste Wachsamkeit“, „Scharfsinniger Fleiß“, „Wachsamkeit Gottes“ und „Nützlicher Rat“ sind der Nennung von über Kreuz liegenden Balken, einem Schwert mit Öl-zweig, einem Lamm, einem gehenden Löwen mit Schlange um den Hals, einem Turm aus dem Schachspiel, einem schlafenden Löwen mit offenen Augen sowie mit einem Wasserrad nebst angehängten Gefäßen verbunden, die Zuordnung zu den gezeichneten Feldern ist unklar.

Die Siebenzahl der geplanten Embleme lässt auf die Septemviren schließen. In der frühen Neuzeit war die emblematische Ausdeutung von Wappen sehr beliebt und wurde auch in Nürnberg oft gepflegt. Die oben genannten Gegenstände der Embleme können mit Wappen Nürnberger Patrizier in Verbindung gebracht werden, aber sie stimmen nicht alle mit den Wappen der Ältern Herren von 1597 oder 1598 überein.⁴⁴⁵

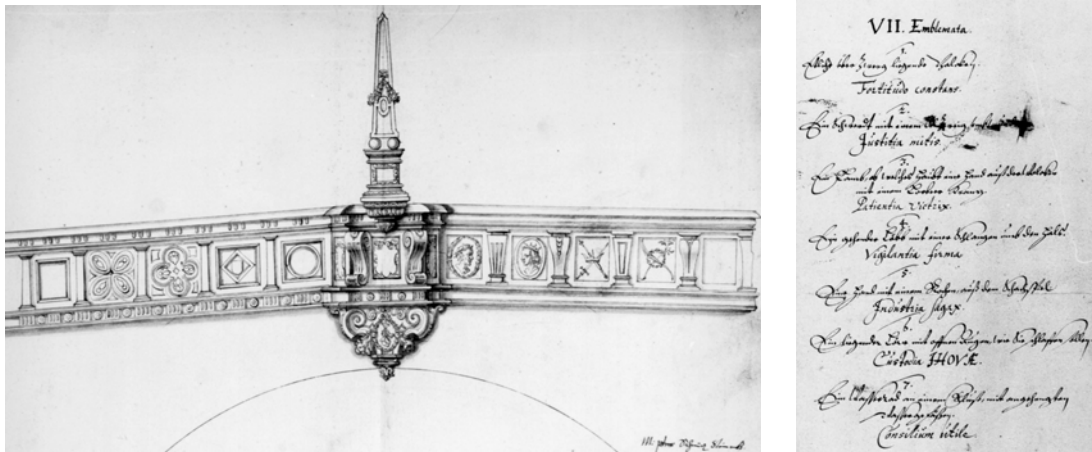


Abb. IV-66: Entwurf für eine Brüstung mit Emblemen und Beiblatt, Ausschnitte. In GNM: HB 1423 (vgl. Bd. 2)

Eine weitere, nicht zur Ausführung gelangte Federzeichnung (Abb. IV-36, S. 109), zeigt die Brücke mit vier Rosetten, auf denen Löwenhäupter prangen sowie eine gotisierende Brüstung (unterschiedliche Ausführung als Varianten links/rechts). Die Brückenmitte aber schmückt eine Rundsäule mit Justitia. Neben ihr ruhen Löwen, den Brückenabschluss bilden geflügelte Pferde.

Austausch der Rosetten

Die paarweise links und rechts der Kanzeln angeordneten Rosetten dienen der Tarnung der im Brückenkörper eingebundenen eisernen Querstangen. Vermutlich entfernte man die Rosetten mit figürlichen Emblemen im 19. Jh. und ersetzte sie durch sehr einfache große runde, kannelierte Steinköpfe mit einer Art Muster. Während auf den frühen Grafiken und Kupferstichen

⁴⁴⁴ StAN: Stromer-Archiv B 15, fol. 43 verso, fol. 47; fol. 49 – GNM: HB 12429; HB 1222; HB 1423.

⁴⁴⁵ Nach freundlicher Mitteilung von Helge Weingärtner finden sich folgende emblematische Entsprechungen: Schwert = Ein solches führen nur die Kress – Lamm = Löffelholz – Löwe mit Schlange um den Hals = Imhoff – Turm = Harsdörffer – Löwe = Grundherr – Rad = Fürer bzw. Volckamer.

noch figürliche Darstellungen auf den Rosetten erkennbar sind, fehlen sie bereits auf dem frühesten Foto der Fleischbrücke im Stadtarchiv (vor 1909). Beim Tiefbauamt sind keine Unterlagen zu dieser Maßnahme vorhanden.

Auch wenn verschiedene Motive für die figürlichen Embleme als Federzeichnungen überliefert sind, konnte nicht geklärt werden, welche tatsächlich anfangs die Brücke schmückten. Alte Stiche oder Druckgrafiken lassen zwar auch figürliche Darstellungen erkennen, doch erscheinen sie nicht in solcher Deutlichkeit, dass damit eine der Entwurfszeichnungen als direkte Vorlage für die Embleme ausgemacht werden konnte. Die Embleme standen offensichtlich unter einem Motto, jedoch ohne religiösen Bezug, wie Zeichnungen zeigen:

- Löwenköpfe bei einem nicht ausgeführten Entwurf,
- die vier Elemente Feuer, Wasser, Erde und Luft (Abb. IV-67),
- die vier Jahreszeiten stehen in zwei Varianten zur Auswahl, der Winter als Mann dargestellt. Ob es sich bei den beiden sehr ähnlichen Darstellungen (Abb. IV-68 und IV-69) um Entwürfe für die Ober- und Unterstromseite handelt, bleibt offen.

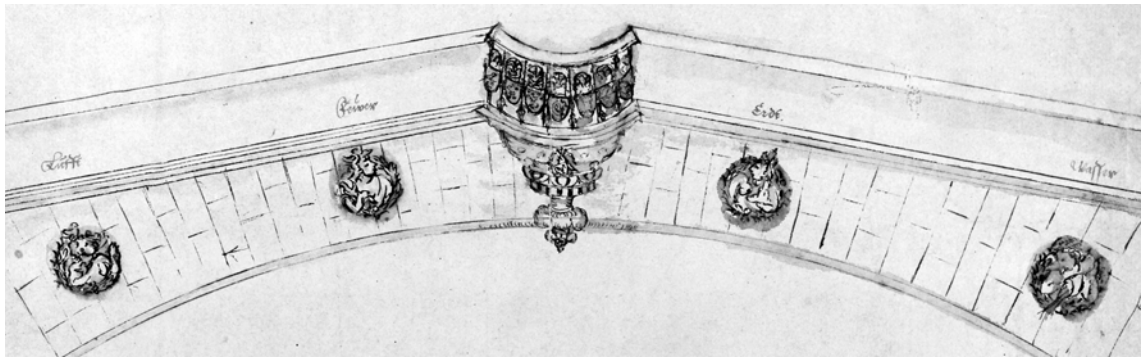


Abb. IV-67: Figürliche Darstellungen für die Rosetten mit den vier Elementen nebst Gesims, Darstellung der Kanzel mit sieben Wappen der Ausführung recht nahe kommend. Ausschnitt. In GNM: HB 1436 (vgl. Bd. 2)



Abb. IV-68: Figürliche Darstellungen für die Rosetten, die vier Jahreszeiten, Ausschnitt. In GNM: HB 1434 (vgl. Bd. 2)



Abb. IV-69: Figürliche Darstellungen für die Rosetten, die vier Jahreszeiten, Ausschnitt. In GNM: HB 1435 (vgl. Bd. 2)

Veränderte Brückenabschlüsse

Die Baumeister vor 400 Jahren lösten auch die Gestaltung der Übergänge oder Anschlüsse der Brücke an die anstehende Bebauung entschieden harmonischer als die Verantwortlichen für den Wiederaufbau der anliegenden Gebäude nach 1945. In rst. Zeit sah man zu den Häusern hin ornamentalen Schmuck vor. Eine 1598 datierte Zeichnung des rst. Bauamtes zeigt die Brüstung der Brücke mit der Einpassung eines Tores mit gotischem Türbogen „an des Ringmachers Gang und seiner Behausung“. Für den Anschluss sind als typisches Bauornament der Renaissance eine Volute und gotische Ziersäulen vorgesehen (Abb. IV-70). Die Voluten wurden –

zumindest nach Stichen oder Drucken zu urteilen – in veränderter Form ausgeführt (Abb. IV-71 als Ausschnitt von Abb. I-13, S. 11).

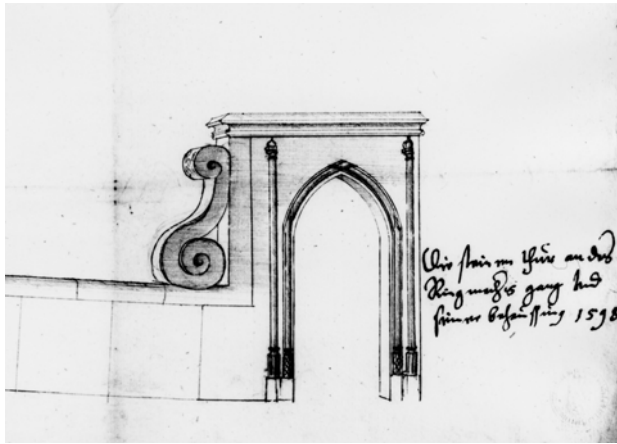


Abb. IV-70: Vorgesehener Brückenanschluss an die Bebauung von 1598, Ausschnitt. In ArchMM: Fleischbrücke Nr. 4 (vgl. Bd. 2)

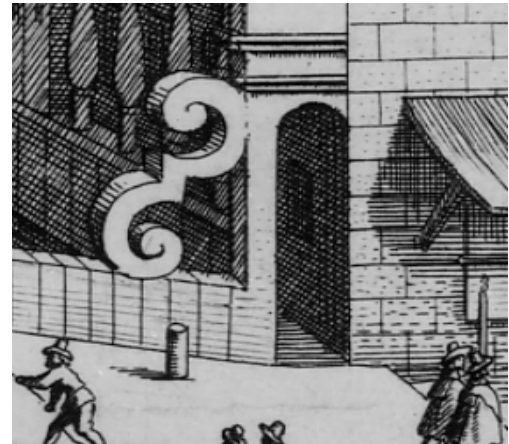


Abb. IV-71: Brückenübergang dargestellt im Merian Stich von 1648, Ausschnitt. In GNM: HB 1488 (vgl. Bd. 3, Grafik 12)

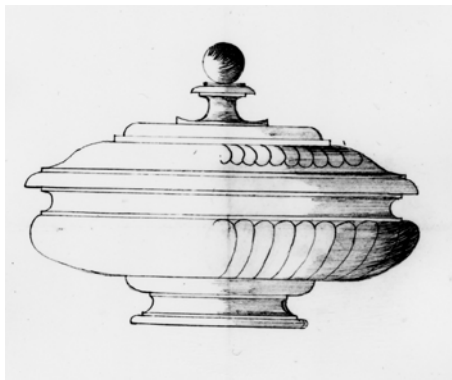


Abb. IV-72: Steinere „Schüssel“ als Schmuckelement auf den Kanzeln, Ausschnitt. In ArchMM: Fleischbrücke Nr. 2 (vgl. Bd. 2)

Ein Entwurf für die steinernen Kugeln, die auf der Auskragung und der Brüstung plaziert waren, zeigt eine filigranere Ausführung als die derzeit auf der Fleischbrücke angebrachten Betonkugeln (Abb. IV-72). Letztere entsprechen jedoch der Darstellung der fertigen Brücke auf den ältesten Stichen und Zeichnungen.

Austausch und Verlust der steinernen Wappen

Die Septemvirn verbanden die technische Leistung der Errichtung der Fleischbrücke mit dem Stolz der Reichsstadt, indem sie auf den Kanzeln der Fleischbrücke Flachreliefs mit steinernen Wappen ihrer patrizischen Familien anbringen ließen. „An der Brücke waren die Wappen teilweise doppelt, auf jeder Brückenseite einmal, angebracht. Ehedem konnte dieser Schmuck auch die gebührende Beachtung finden, weil es auch auf dem Wasser einen Verkehr gab, der jetzt längst verschwunden ist.“⁴⁴⁶

So wie auch auf den Medaillen auf die Grundsteinlegung wurden diejenigen gewürdigt, die die Geschicke der Reichsstadt leiteten, ihnen schien der „Ruhm als Schatten der Tat“⁴⁴⁷ zu gebüh-

⁴⁴⁶ Nürnberg-Fürther Neueste Nachrichten: „Was Nürnbergs Brücken erzählen“, 17.2.1939.

⁴⁴⁷ Friedrich Hebbel, „Der Ruhm ist der Schatten der Tat“.

ren. Ihr politischer Einfluss bedeutete der Stadt mehr als die Leistungen des Ratsbaumeisters oder gar der Werkmeister.



Abb. IV-73: Kanzel Ost von unten mit Wappen des Ratsbaumeisters Stromer und Lamm 10.4.2002. Foto C. Kaiser

Doch gelang es dem Ratsbaumeister immerhin, unter den patrizischen Wappen der Septemviren das Stromersche Wappen zu platzieren. Die Darstellung eines Tieres – auf der Oberstromseite unter dem Stromerschen Wappen – entzieht sich der Deutung. Würde es eher einem Wolf als einem Lamm ähneln, könnte es für Jakob Wolff stehen (Abb. IV-73).⁴⁴⁸

Die heute sichtbaren steinernen Flachreliefs mit den Wappen sind nicht die Originale. Weder in den Akten des Tiefbauamtes, noch bei der unteren Denkmalschutz-

behörde sind Daten über ihren Austausch vorhanden. Detaillierte Zeichnungen aus rst. Zeit über die Ausführung oder Anordnung der je sieben Wappen unterstrom und oberstrom sind nicht überliefert.

Die entfernten steinernen Flachreliefs mit den Wappen wurden zu einem Brunnen im Klosterhof des Germanischen Nationalmuseums verbaut. Jegliche Akten über diesen Vorgang und über die ursprüngliche Anordnung sind auch im Germanischen Nationalmuseum nicht mehr vorhanden.⁴⁴⁹

Durch den Vergleich von Fotografien der Fleischbrücke von Westen (Abb. IV-74 und IV-75) wird klar, dass die alten steinernen Wappen zwischen Oktober 1933 und Ende 1934 ersetzt wurden. Nürnberg – als Stadt der Reichsparteitage – schmückte sich. Diese Datierung ist durch Magistratsberichte bestätigt.⁴⁵⁰

Fotos der Wappen an der Brücke und auf dem Brunnen sowie die Zuordnung zu Nürnberger Patrizierfamilien sind in Bd. 3 (Materialsammlung), Kap. 8 zu finden.

⁴⁴⁸ Das Wappen der Patrizierfamilie Stromer ist sehr ähnlich dem der Familie Nützel, weshalb gelegentlich auch das Stromer Wappen bei den steinernen Wappen der Kanzeln genannt wurde. Es ist aber als sicher anzunehmen, dass die steinernen Wappen der Kanzeln in Rangfolge die Septemviren zeigen und nicht den rangniedrigeren Ratsbaumeister. – Vgl. dazu z. B. auch StAN: Rst. Nbg. Lüdersche Chronik Hs 49, fol. 313 nennt Schlussstein mit Lamm und fol. 314, 314 verso nennt nur Wappen der Septemviren und nicht des Ratsbaumeisters.

⁴⁴⁹ Siehe Fehring, Ress (1977), S. 258. Dies war die einzige Quelle, die den Austausch vermerkte. Nach freundlichem Hinweis von Dr. Kammel (GNM, Skulpturen) sind die Akten des GNM im Zweiten Weltkrieg verbrannt.

⁴⁵⁰ Magistratsbericht: Bericht über die Arbeit der Stadtverwaltung Nürnberg im zweiten Jahr des nationalsozialistischen Deutschlands von März 1934 bis März 1935, S. 25. Demnach oblagen die Arbeiten der Denkmalpflegeabteilung des Hochbauamtes. "Wieder hergestellt wurden die mit reichem bildhauerischen Schmuck versehenen Kanzeln der Fleischbrücke und Museumsbrücke sowie mehrerer Großbauten (Fembo-, Peller- und Zeughaus, Waaghaus)."

Ob die ausgetauschten Wappen wirklich die originalen waren, oder ob schon einmal ein Austausch erfolgt war, bleibt offen. Die Steine lassen wegen ihrer starken Verwitterung nur noch die Wappen Welser und Nützel sowie Fürer und Harsdörffer (je nebeneinander auf einem Stein) sowie Imhoff erkennen.



Abb. IV-74: Verwitterte Kanzeln der Fleischbrücke von Westen 31.10.1933. In Tiefbauamt Nürnberg (vgl. Bd. 3, Foto 16)



Abb. IV-75: Deutlich erkennbare erneuerte Wappen der Westkanzeln der Fleischbrücke, 1934. Ausschnitt. Aufnahme Hochbauamt. In StadtAN, Bild-, Film- und Tonarchiv: F27/X (vgl. Bd. 3, Foto 19)

Westseite - Unterstrom

Die steinernen Flachreliefs der Fleischbrücke zeigen auf der Westseite, unterstrom, die Wappen der Septemviren der Jahre 1597 und 1598. In Nürnberg wurden die sieben Älteren Herren immer in Rangordnung aufgeführt, z. B. bei den Medaillen auf die Grundsteinlegung. Entsprechend ordnete man auch die Wappen in der richtigen hierarchischen Ordnung an. Danach steht der Platz in der Mitte der Kanzel dem ranghöchsten der Septemviren, Hieronymus Paumgartner als erstem Losunger zu. Wenn aber einer der Septemviren verstirbt, rücken jeweils die anderen in der Rangfolge auf und für den siebenten wird ein neuer Älterer Herr bestimmt. Insofern ändert sich zwischen 1597 und 1601 die Reihenfolge im Rang. Gerade in diesem Zeitraum gab es auch Abweichungen von der Regel: 1597 waren es nur sechs Ältere Herren und 1601 sogar acht (Tab. IV-1).

Man darf wohl davon ausgehen, dass 1934 die neuen Wappen der Westseite an denselben Stellen angebracht worden sind wie die ursprünglichen Wappen. Bei dieser Anordnung bedarf es der Spekulation darüber, wie man die Rangfolge der Septemviren an den Kanzeln umsetzte und ob sich die Wappen einem bestimmten Jahr zuordnen lassen. Heraldisch rechts herum, von der Mitte ausgehend, wäre die richtige Anordnung (mit der Angabe des Ranges im Jahr 1597):

- Paumgartner, Hieronymus (1)
- Imhoff, Andreas (2)
- Welser, Johann (3)
- Nützel, Joachim (4)

Soweit entsprechen auch die Wappen an der Fleischbrücke der Hierarchie der Septemviren des Jahres 1597. Von links nach rechts folgen aber:

- Tucher
- Fürer, Christoph (5)
- Harsdörffer, Paul (6).

Diese Reihenfolge ist weder 1597 noch 1598 gegeben, weil Tucher weder 1597 noch 1598 auf Fürer folgt. Eine Zuordnung zu 1598 passt zudem nicht, weil nach Imhoffs Tod Welser aufgerückte und an 2. Stelle stehen müsste (Tab. IV-1).

Septemvirk zwischen 1597 und 1601		
Medaille 1597 (GNM)	Medaille 1598 (bei Sammlung Erlanger)	Wappen auf Medaille, 1601 zu datieren (GNM)
1. Paumgartner, Hieronymus	1. Paumgartner, Hieronymus	1. Paumgartner, Hieronymus
2. Imhoff, Andreas [†]	2. Welser, Johann [†]	2. Nützel, Joachim
3. Welser, Johann	3. Nützel, Joachim	3. Fürer, Christoph
4. Nützel, Joachim	4. Fürer, Christoph	4. Harsdörffer, Paul
5. Fürer, Christoph	5. Harsdörffer, Paul	5. Tucher, Christoph
6. Harsdörffer, Paul	6. Tucher, Christoph	6. Geuder, Anton
	7. Imhoff, Jakob [†]	7. Tetzl, Jobst Friedrich
		8. Haller, Martin
aedibusque	aedibusque	
Welser, Johann	Welser, Johann	
Stromer, Wolfgang	Stromer, Wolfgang	

Tab. IV-1: Rangfolgen der Septemvirk (1597, 1598, 1601) nach Angaben auf den Medaillen

Möglicherweise wollte man für das Jahr 1597 die heraldische Regel bei der Planung für die Anordnung der steinernen Wappen zwar einhalten und lies den Platz für das äußerste Wappen gen Hauptmarkt dann zunächst frei, denn 1597 gab es nur sechs Septemvirk. Ab dem 2. Platz von links konnte man dann mit der richtigen Reihenfolge des Jahres 1597 – nämlich Fürer, dann Harsdörffer – fort fahren. Für das Jahr 1598 wäre es damit möglich gewesen, das Wappen des nachrückenden letzten Septemvirk nach Harsdörffer, nämlich Tucher, auf die freie Stelle zu plazieren.⁴⁵¹ Sieht man aber von der Reihenfolge ab, stellen die eben genannten Namen jedenfalls die Patrizierfamilien dar, aus denen sich 1598 das Septemvirat zusammensetzte.

Ostseite - Oberstrom

Die nach dem Zweiten Weltkrieg fehlenden Wappen an der östlichen Kanzel wurden nicht ersetzt, als einziges Wappen ist dort noch das der Patrizierfamilie Volckhamer vorhanden. Die Flachreliefs der Ostseite zeigen bzw. zeigten – anders als bei den Reliefs der Westseite – immer einen Wappenhalter zusammen mit dem Wappen (Abb IV-76).⁴⁵² Doch bräuchte man Vergröße-

⁴⁵¹ Die Lüdersche Chronik nennt sieben Namen der Älteren Herren (entsprechend der Rangfolge des Jahres 1598), deren Wappen als Flachreliefs die Brücke zieren: Hieronymus Paumgartner, Hans Welser, Joachim Nützel, Christoph Fürer, Paul Harsdörffer, Christoph Tucher und Jakob Imhoff, siehe StAN: Rst. Nbg. Hs 49, fol. 414, 314 verso. Transkription siehe Bd. 3 (Materialsammlung), Kap. 3.2.

⁴⁵² Das ist auch noch auf den verwitterten Wappen auf dem Brunnen im GNM erkennbar, ebenso wie auf alten Fotos aus der Zeit vor dem Ersatz der Wappen. Die ursprüngliche Anordnung der Wappen auf der Ostseite ließe sich nur aus alten Fotos rekonstruieren. Der Versuch einer Zuordnung musste wegen der Unschärfe durch die starke Vergrößerung unterbleiben. Das gleiche Problem besteht bei der Auswertung alter Stiche bezüglich der Wappen auf der Ostseite.

runge noch besserer Qualität, um Zuordnungen zu den Patrizierfamilien bei den verlorenen Wappen vorzunehmen.

Das Wappen der Familie Volckhamer entzieht sich der Deutung, da zwischen 1595 und 1601 kein Mitglied der Familie Volckhamer einen der Septemvirn stellte. Diese Frage kann im Rahmen der Arbeit nicht weiter verfolgt werden.



Abb. IV-76: Ansicht der Kanzel von Osten vor 1909. Ausschnittsvergrößerungen von Abb. I-1, S. 1 (vgl. Bd. 3, Foto 6)

IV. 2 Bau- und Schadensaufnahme

IV. 2.1 Vorbemerkungen

In der Bauforschung ist es die Regel, dass trotz gründlichem Studium der historischen Quellen häufig viele Fragen unbeantwortet bleiben. Einerseits wurde oftmals anders gebaut, als es auf Plänen – sofern diese existieren oder existierten – festgehalten ist, andererseits sind Bauwerke schädigenden Einflüssen und permanenten Veränderungen ihrer Substanz unterworfen. Die schädigenden Einflüsse sind nicht nur der Zeit geschuldet, sondern Schädigungen entstehen auch durch ungeeignete Sanierungsmaßnahmen.

Während in den vorangehenden Kapiteln die Fleischbrücke samt ihrer Veränderungen im Wesentlichen aus papiernen Zeugnissen rekonstruiert wurde, wendet sich dieses Kapitel dem Bauwerk direkt zu. Es versucht im weitesten Sinne das Bauwerk zum aktuellen Zeitpunkt selbst Auskunft geben zu lassen (Abb. IV-77).

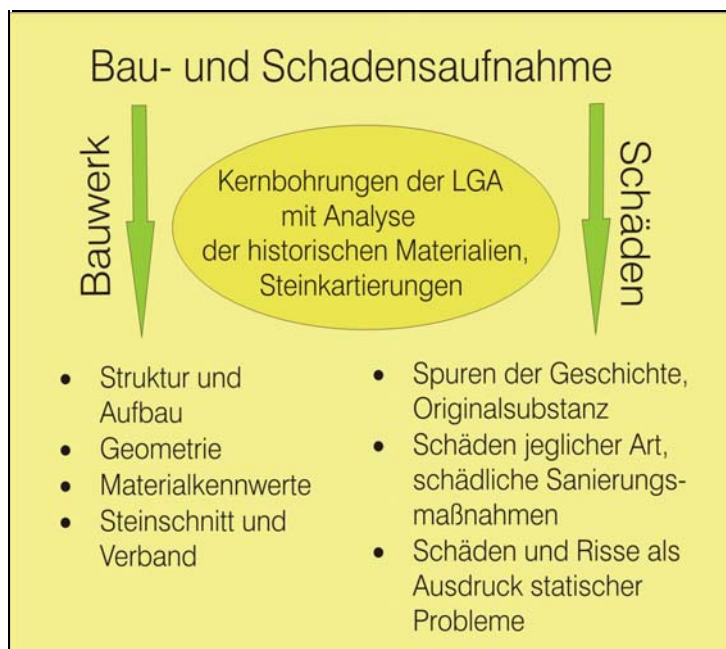


Abb. IV-77: Überblick der Bau- und Schadensaufnahme

Eingriffe in das Bauwerk sollten – im Sinne der Denkmalpflege – möglichst zerstörungsfrei, d. h. so vorgenommen werden, dass die Originalsubstanz so wenig wie möglich beeinträchtigt wird. Kosten und Nutzen gilt es abzuwägen.

Im Rahmen dieses Kapitels werden inhaltlich die Abschnitte der Bauaufnahme dargelegt, die vom Tiefbauamt Nürnberg beauftragt und überwiegend durch die LGA – teilweise unter Mitarbeit der Verfasserin – erfolgten.

Die seitens der LGA seit Juni 1999 durchgeführten konstruktiven Untersuchungen in situ – diese werden als erstes dargestellt – lieferten erste Materialparameter. Aber die Auswertung unterschiedlichster Daten ermöglichte auch Angaben zur Struktur und zum Aufbau der Brücke (Geometrie, Steinschnitt und Verband) und erlaubte Rückschlüsse auf den Ablauf beim Mauern des Bogens. Es folgt eine Beschreibung und Wertung der Schäden. Letztlich ist es das Ziel, mit den Daten aus der Bauaufnahme zu statischen Modellen zu gelangen und nach der statisch-konstruktiven Analyse Aussagen zum Tragverhalten der Fleischbrücke zu machen.

IV. 2.2 Durchgeführte Maßnahmen zur Konstruktiven Analyse

IV. 2.2.1 Untersuchungen der LGA zum „1. Bericht“

Im August 2001 erstellte die Landesgewerbeanstalt Nürnberg den „1. Bericht“ über die durchgeführten Untersuchungen für den Untersuchungszeitraum Juni 1999 – Dezember 2000.⁴⁵³ Dieser Bericht beschreibt die Schäden am Bauwerk aufgrund der erfolgten Untersuchungen: Aufschlussbohrungen, Laboruntersuchungen an den historischen Baumaterialien, Schürfen zur Untersuchung der Widerlager und endoskopische Untersuchungen an der Brückenuntersicht.

In der Folgezeit fügte die LGA diesem Bericht noch Steinkartierungen der Unter- und Oberstromseite im Maßstab 1:50 hinzu. Je Stirnseite entstanden 3 Kartierungen mit Erfassung der:

1. Steinart, Ausbesserungen und Risse (Unterstrom Abb. IV-78, Oberstrom Abb. IV-79)
2. Salzausblühungen
3. Abwitterung der Oberfläche.⁴⁵⁴

Arbeitsgrundlage der Erstellung waren Bildmesspläne, die im Auftrag von W. v. Stromer in den 1970er Jahren erstellt worden waren (Abb. IV-80).⁴⁵⁵ Im Randbereich neben dem Ochsenportal erfolgte eine neue Aufnahme der Steine und Fugen. Die entscheidende neue Erkenntnis aus den Kartierungen ist, dass die Oberstromseite nahezu vollständig aus einer künstlichen Steinersatzmasse besteht. Die Salzausblühungen treten hier in einem weit stärkeren Maß auf als auf der Unterstromseite. Der ursprüngliche Steinschnitt der Ostseite entzieht sich damit unserer Kenntnis.⁴⁵⁶

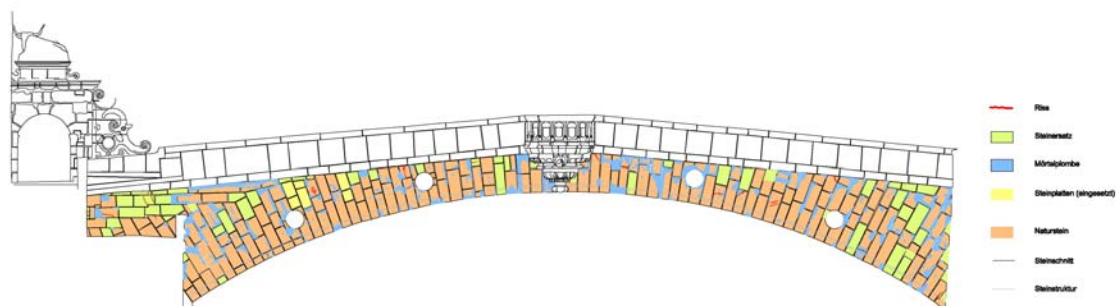


Abb. IV-78: Ansicht Unterstrom, Steinart, Ausbesserungen, Risse. Ausschnitt aus LGA-Plan Anlage 1, (Legende: grün = Steinersatz, blau = Mörtelplombe, gelb = eingesetzte Steinplatten⁴⁵⁷, braun = Naturstein)

⁴⁵³ Siehe Stolarski (2001 a). Zur Notwendigkeit dieser Untersuchungen siehe „Aktueller Sanierungsbedarf“, S. 22.

⁴⁵⁴ Problematisch erweist sich bei den Kartierungen, dass die Legenden nicht einheitlich dargestellt sind, so dass es zu falschen Interpretationen kommen kann. Bei den Kartierungen der Salzausblühungen nimmt der Grauton auf der Oberstromseite mit wachsender Versalzung zu, auf der Unterstromseite ist es genau entgegengesetzt. Bei der Darstellung der Steinarten ist die Darstellung des Steinersatzes Oberstrom und Unterstrom in der Grüntönung unterschiedlich.

⁴⁵⁵ Diese Pläne befinden sich (nur in Papierform) im wissenschaftlichen Nachlass von W. v. Stromer zum Thema Brücken, die Holger Falter erbt.

⁴⁵⁶ Weitere Untersuchungen befinden sich noch in der Auswertung. Das sind zum einen in der Nord- und Südschürfe eingebaute Pegel zur Erfassung des Wasserstandes hinter beiden Widerlagern (korrespondierend mit dem jeweiligen Wasserstand der Pegnitz) sowie die Aufnahme von Rissbewegungen im Bereich der westlichen Kanzel über Weg- und Temperaturnehmer. Die Daten werden direkt zur LGA und dort zur Auswertung in eine Datenbank übertragen. Geplant ist ein Untersuchungszeitraum über ein Jahr.

⁴⁵⁷ Es sind alten Fotos nach wesentlich mehr Steine ausgetauscht, besonders am Bogenintrados sind durch die Aufnahme der Brückenuntersicht noch etliche ausgetauschte Steinplatten erkennbar.

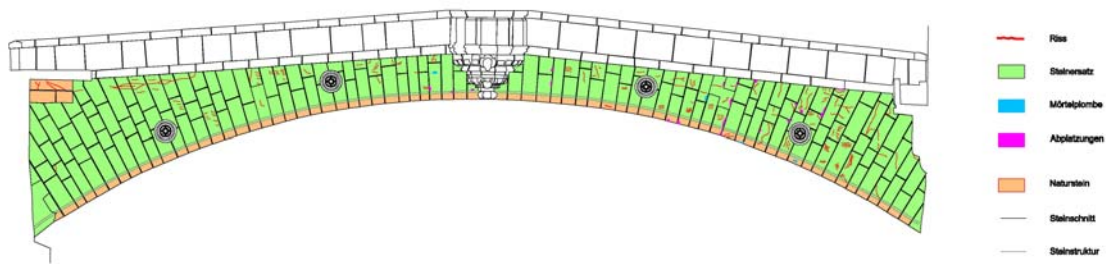


Abb. IV-79: Ansicht Oberstrom: Steinart, Ausbesserungen, Risse. Ausschnitt aus LGA-Plan Anlage 4, (Legende: grün = Steinersatz, braun = Naturstein)

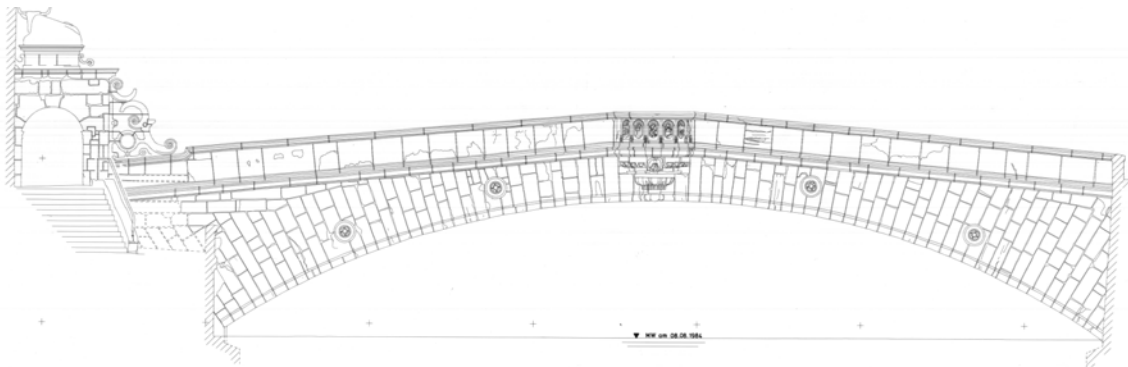


Abb. IV-80: Ansicht der Westseite. Steinschnitt nach Bildmessplänen aus dem Nachlass von W. v. Strome. Ausschnitt aus Plan 1. August 1984

Das im „1. Bericht“ beschriebene Schadensbild betrifft:

1. das Eindringen von Wasser in das empfindliche historische Mauerwerk
2. Schäden des Tragwerks und der Struktur
3. beschädigte Schönheitsmerkmale der Brücke

Daher, folgte die LGA, müsse die konstruktive Instandsetzung „als Ziel die dauerhafte Abdichtung mit nachfolgender Trockenlegung und Stabilisierung des Mauerwerks der Brücke verfolgen. Denkmalpflegerische Maßnahmen zur Steinkonservierung sind dringend erforderlich. Ein Ersatz der verlorenen historischen Ornamentik des herausragenden Denkmals ist zu empfehlen.“⁴⁵⁸

IV. 2.2.2 Aufnahme der Brückenuntersicht

Im Nachgang zu den im „1. Bericht“ der LGA beschriebenen Untersuchungen erfolgte die Aufnahme der Brückenuntersicht im April 2002 durch die LGA unter Mitarbeit der Verfasserin. Ziel war die Erstellung eines Planes, der die Steinkartierung, Steingrößen und Fugenbreiten, Ausbesserungen sowie Risse, Löcher oder sonstige Schäden verzeichnet.

Ein Katamaran mit Plattform und stufenweise höhenverstellbarem Gerüst ermöglichte den direkten Zugang zu allen Bereichen des Brückenbogens, zum Scheitel ebenso wie zu den niedri-

⁴⁵⁸ Stolarski (2001 a), S. 38-40.

gen Kämpfern.⁴⁵⁹ Neben den handschriftlichen Aufzeichnungen entstand eine Excel-Tabelle mit den Maßen aller Steinreihen, die in eine CAD-Zeichnung der Brückenuntersicht mündete (Abb. IV-81 und im Bd. 3 (Materialsammlung), Kap. 10, „Erstellte Pläne“ im Maßstab 1:50).

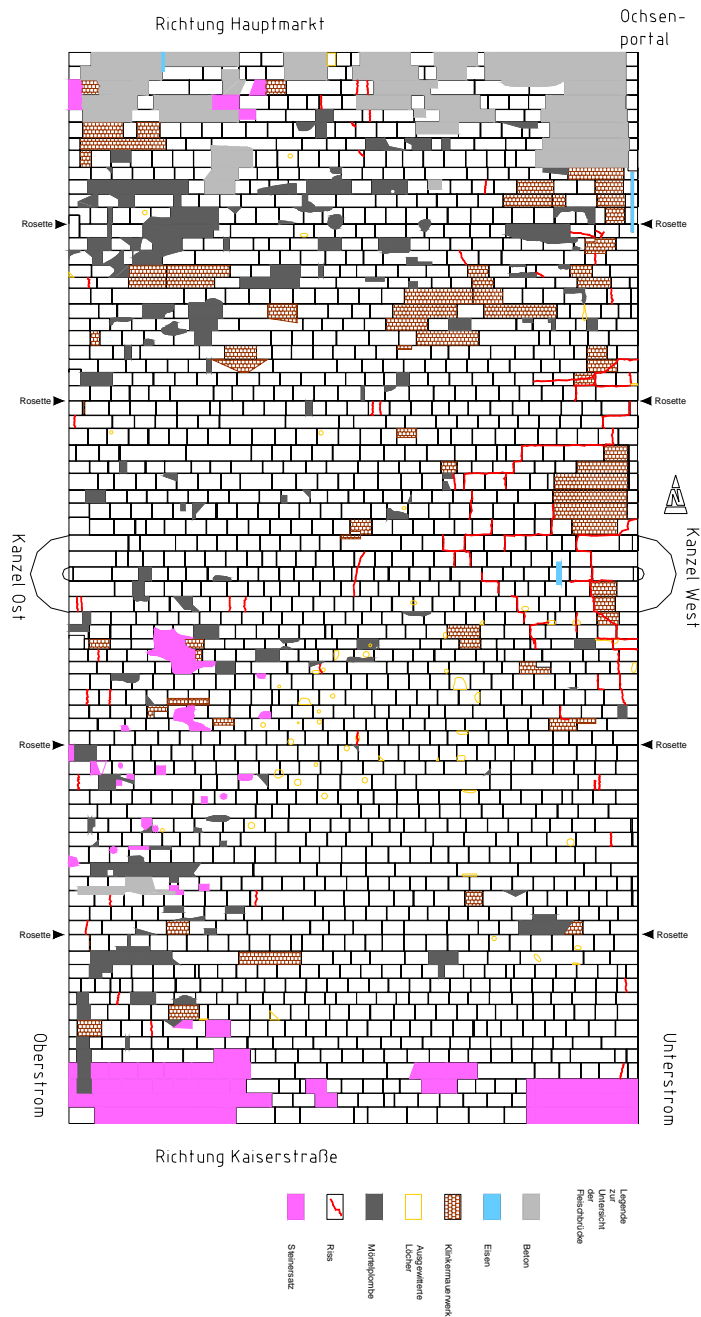


Abb. IV-81: Zeichnung der Brückenuntersicht, Abwicklung des Blickes von unten gegen den Bogen (vgl. im Maßstab 1:50 Bd. 3)

⁴⁵⁹ Nur ein Bereich von ca. 15 m² ließ sich jeweils aufnehmen. Danach musste das Ponton in Längs- und Querrichtung verholt werden. Ein gespanntes Schnurraster diente der besseren Orientierung. Die per Zollstock aufgenommenen Daten wurden im Maßstab 1:20 von Hand eingetragen. Da die Fugen der Brückenuntersicht weitestgehend mit 5 cm breitem Mörtel, quasi Spachtelbreite überzogen sind, war es notwendig, jede Fuge zumindest an einer Stelle frei zu schlagen, um die tatsächliche Fugenbreite bzw. Steinanfang und -ende zu messen.

Verschiedene Lagepläne aus früherer Zeit⁴⁶⁰ zeigen die Fleischbrücke schiefwinklig, so dass die Steinreihen nicht senkrecht zur Längsachse, sondern um etwa 3° davon abweichend hätten angeordnet sein müssen, was den Zuschnitt der Steine wesentlich verkompliziert hätte und damit als unwahrscheinlich erschien. Es entspricht auch nicht der Realität. Durch Messungen von Diagonalen in der Untersicht bestätigte sich, dass die Steinreihen senkrecht zur Längsachse angeordnet sind. Auch die Auswertung einer im März 2002 seitens des Tiefbauamtes erfolgten Vermessung bestätigt diese Aussage, siehe Bd. 3 (Materialsammlung), Kap. 1.1 „Lageplan Stand 2003“.

IV. 2.2.3 Aufnahme des Gesimses

Das Gesims der Fleischbrücke ist auf keinem Plan aus rst. Zeit abgebildet. Derzeit sind die Gesimse stark verwittert. Daten über den Austausch der Gesimse liegen nicht vor. Im Juni 2003 entstanden im Rahmen einer Exkursion mit Studierenden der FH Potsdam zum Thema „Denkmalpflege und Fleischbrücke in Nürnberg“ Bleistiftzeichnungen des Gesimses an der Westseite der Brücke in der Nähe des Ochsenportals (Abb. IV-82).

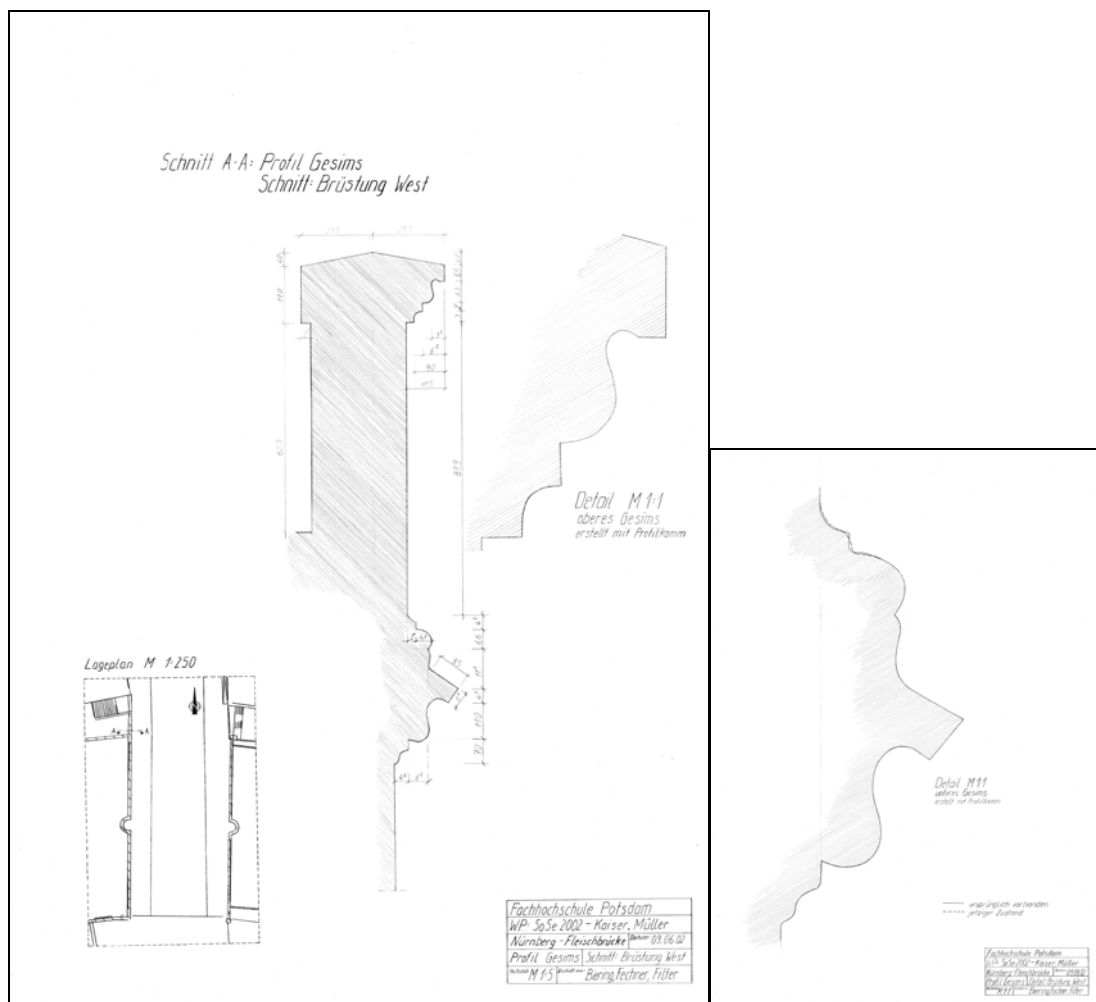


Abb. IV-82: Gesims der Brüstung und im Bereich des Bogens, Westseite in der Nähe des Ochsenportals, aufgenommen im Maßstab 1:1. C. Kaiser 9.6.2002 (vgl. Bd. 3)

⁴⁶⁰ Von W. v. Stromer beauftragte Bildmesspläne, Plan Nr. 5 Lageplan, wurde übernommen in den „1. Bericht“ der LGA.

IV. 2.3 Technische Daten des Bauwerks

IV. 2.3.1 Geometrie des Brückenkörpers

Unter Auswertung der Daten aus den Bohrungen, Pegelbau und Schürfen der LGA aus dem Jahr 2001 konnte die Geometrie des tragenden Brückenkörpers verifiziert werden, weil die entsprechenden Bohrkern Aufschluss über den Beginn des Natursteinmauerwerks geben. Der Intrados wurde von der LGA nicht erneut vermessen. Die Scheitelstärke gab die LGA unter Zugrundelegung alter Unterlagen mit 1,35 m an.⁴⁶¹

Die Bohrungen liefern jedoch nur an einzelnen Stellen Daten. Die Erzeugung einer Geometrie des Brückenaufbaus ist damit eine grobe Interpolation und als eine Idealisierung, Stand 2001, zu verstehen. Die maßstabs- und höhengerechte Umsetzung der Daten (z. B. Beginn des Steinkörpers und Lage der Fundamentsohle), die nach den konstruktiven Untersuchungen durch die LGA vorlagen, erfolgte in einer Zeichnung, siehe Bd. 3 (Materialsammlung) Kap. 10 „Erstellte Pläne“. Diejenigen Punkte sind darin farblich markiert, die durch die Daten der LGA festgelegt werden konnten. Eine vereinfachte Darstellung des Längsschnitts ist Abb. IV-83 zu entnehmen.

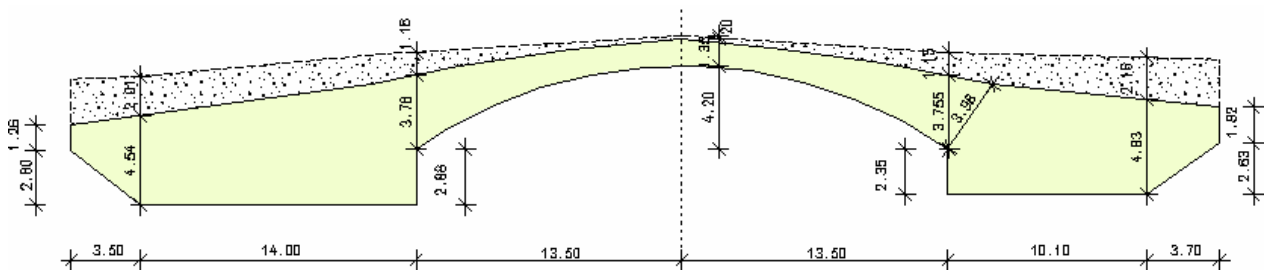


Abb. IV-83: Steinkörper der Fleischbrücke im unsanierten Zustand nach Bohrergebnissen der LGA (Stand 2001) von der Verfasserin idealisiert. Links Nordseite: Hauptmarkt. Rechts Südseite: Kaiserstraße

Idealisierte Maße nach Abb. IV-83	Maße nach Bohrergebnissen der LGA (Stand 2001)
Spannweite	27,0 m (26,89)
Pfeilhöhe (Pfeilverhältnis 1:6,4)	4,2 m
Scheitelstärke	1,35 m
Brückenbreite	15,30 (15,24)
schräge Dicke des Bogen an den Kämpfern	ca. 3,6 bis 4 m
Überschüttung im Scheitel	0,2 m
Überschüttung am Beginn der Kämpfer vertikal	1,15/1,16 m
Überschüttung Nord, 14 m von Ufermauer entfernt ⁴⁶²	2,01 m
Überschüttung Süd, 10,10 m von Ufermauer entfernt	2,16 m

Tab. IV-2: Maße der Fleischbrücke nach Bohrergebnissen der LGA

⁴⁶¹ Siehe Stolarski (2001 a).

⁴⁶² Die Aufschüttung über den Widerlagern bis hin zum Kämpferbereich war vor dem Krieg wesentlich geringer. Die erst in den Nachkriegsjahren aufgebraachten Schuttmassen der zerbombten Häuser lassen den Bogen heute viel flacher erscheinen.

Der sichtbare Intrados des Bogens ist – u. U. auch eingetretenen Setzungen geschuldet – nicht mehr genau symmetrisch. Auch liegt der Eintritt des Bogens in die senkrechte Abmauerung nicht auf gleicher Höhe. Da an beiden Kämpfern die Ufermauern (also die senkrechten Abmauerungen) in den 1930er und 1950er Jahren erneuert wurden, lässt sich die historische Situation daraus nicht entnehmen.⁴⁶³ Der jetzt sichtbare Kämpferpunkt auf der Nordseite (Hauptmarktseite) liegt 0,29 m höher. Anhand der Form des heutigen Intrados kann nicht mehr auf eine Bogen erzeugende geschlossen werden. Das heißt, der unverformte Zustand der Brücke bzw. die den Bogen erzeugende Linie muss nach wie vor aus den Entwurfszeichnungen interpretiert werden, wobei ein Kreisbogensegment nach wie vor das Wahrscheinlichste ist.

Die Bogenstärke im Scheitel von 1,35 vergrößert sich zu den Kämpfern nach den Bohrkernergebnissen auf rund 3,6 bis 4,00 m in „radialer“ Richtung. Im Scheitelbereich ist der Brückenquerschnitt durch 20 bis 30 cm tiefe Einkerbungen für Leitungen lokal auf 1,15 bis 1,05 m reduziert.

Die Fundamente erwiesen sich als unterschiedlich lang, sie wurden – glaubt man historischen Quellen – schon verschieden lang angelegt, zusätzlich ist das südlichen Widerlager durch die Kappung im Rahmen der Arbeiten für den Hochwasserentlastungsstollen gekürzt worden. Gesichert steht durch die Bohrungen fest (Stand 2001), dass die Fundamente unterschiedlich tief gründen, auf der Südseite liegt die Gründungssohle 53 cm höher (Fundamenttiefe ab Kämpferpunkt Süd 2,35, Fundamenttiefe ab Kämpferpunkt Nord 3,17 m). Die Brückenbreite beträgt 15,30 m,⁴⁶⁴ in der Untersicht gemessen 15,24 m. Die ca. 8,10 m breite Fahrbahn liegt derzeit nicht symmetrisch zwischen den Brüstungen.

Weitere Idealisierungen der Geometrie für die Berechnung

Für die Berechnungen wurde als Näherung die Bogenlinie des Intrados zunächst als symmetrisches Kreisbogensegment idealisiert, mit gleichhoher Kämpferlage auf der Höhe des tieferliegenden südlichen Kämpfers, da die Daten des Intrados aus einer neuen Vermessung zum Zeitpunkt der Festlegung der Geometrie für die ersten Berechnungen nicht vorlagen.⁴⁶⁵ Die Spannweite wurde in Anlehnung an vorhandene Berechnungen auf 27,00 m idealisiert.⁴⁶⁶

Die in der Zeichnung angenommenen Abschrägungen der Fundamente mussten in Anlehnung an alte Entwurfspläne festgelegt werden, da in diesem Bereich bislang keine Daten aus Bohrungen existieren.

⁴⁶³ Doch zeigen auch einige der Entwurfspläne einen Bogen, der auf einer Seite höher endet; inwieweit die historische Situation unterschiedlich hohe Ufer aufwies und ob die Bogensehne geneigt angelegt war, bleibt offen.

⁴⁶⁴ Die Breite der Fleischbrücke wurde noch nicht verändert, wie Schultheiß (1967), S. 284 behauptet. Es liegt vermutlich eine Verwechslung mit der Museumsbrücke vor, bei deren Neubau 1954 tatsächlich die Breite von rund 10 m auf 19,80 m erhöht wurde. Zur Museumsbrücke siehe auch Bundesminister für Verkehr (1988), S. 170.

⁴⁶⁵ Bei den Berechnungen als 3d-Tragwerk mit dem FEM-Programm Ansys wurde der Bogen vergleichsweise auch mit auf der Nordseite höherliegendem Kämpfer gerechnet, siehe Kap. IV. 3.5.5, S. 217.

⁴⁶⁶ Aus Bildmessplänen der Fleischbrücke im Nachlass von W. v. Stromer ist eine lichte Weite von 26,69 m ablesbar. Siehe Scann der Originalgröße auf CD-ROM im Ordner „Pläne aus Nachlass Stromer“.

IV. 2.3.2 Materialkennwerte

Sandstein

„Das Brückenmauerwerk des Bogens und der Widerlager besteht aus Keupersandstein mit variierender Körnung, Porosität und Festigkeit. Es überwiegen in den Bohrungen mittelharte Sandsteine.“⁴⁶⁷

Keuper bezeichnet ein relativ altes Sedimentgestein der Randhöhen des Nürnberger Beckens (Sedimentgestein ca. 175-200 Millionen Jahre).

Unter Sandstein versteht man ein Festgestein aus gerundeten bis kantigen Körnern, deren Durchmesser nach der DIN 4022 im Größenbereich zwischen 0,063 mm und 2 mm liegen (definiertes Korngrößenintervall). Im Gegensatz zu den meisten anderen Gesteinen ist der Sandstein nicht durch einen bestimmten Mineralbestand definiert. Als Hauptmineral wird allgemein der Quarz angesehen.

Sandsteine sind Ablagerungs- und Sedimentgesteine, die aus lockerem Sand, dem Sediment, infolge Verfestigung entstanden sind. Transportmittel sind im Wesentlichen Wasser, Wind und Eis. Die Ablagerung des Sandes erfolgt aufgrund der Schwerkraft durch mechanischen Absatz. Kennzeichnendes Merkmal aller Sedimentgesteine ist die Schichtung. Sie entsteht durch Änderung in den Sedimentationsbedingungen. Im Gegensatz zu magmatischen Gesteinen zeigen Sedimentgesteine aufgrund ihrer Schichtung richtungsabhängige mechanische Eigenschaften. So sind Druck- und Biegefestigkeit im Allgemeinen bei einer Kraftereinwirkung senkrecht zur Schichtung größer als bei einer Kraftereinwirkung parallel zur Schichtung. Beim Einbau von Sandsteinen mit ausgeprägter Schichtung sollte deshalb dieses Gefügemerkmal bei der Orientierung der Werkstücke berücksichtigt werden.

Im Rahmen des Bohrprogramms wurden von der LGA an zwei Proben der Elastizitätsmodul E und die Druckfestigkeit β_D bestimmt: „Die Druckfestigkeit der ausgewählten Sandsteinproben beträgt 14,6 und 20,8 MN/m². Die Feuchtdichte der Proben lag entsprechend bei 2,13 g/cm³ und 2,48 g/cm³“⁴⁶⁸

Sandsteinproben	E [MN/m ²]	β_D [MN/m ²]	Feuchtwichte [kN/m ²]
Probe 1	3272	14,6	21,3
Probe 2	3295	20,8	24,8

Tab. IV-3: Proben des Sandsteins der Fleischbrücke bestimmt durch die LGA

Diese Werte sind für Sandstein ungewöhnlich niedrig und lassen eher nicht auf einen mittelharten Sandstein schließen (vgl. Werte nach DIN 1053 in Tab. IV-4 und laut Mauerwerkskalender 2000⁴⁶⁹ in Tab. IV-5). Nach DIN 1053 wäre ein Natursteinmauerwerk heute mit Steinfestigkeiten unter 20 MN/m² nicht zulässig, lediglich in Mauerwerk der Güteklasse N4, dann aber auch mit einer Reduzierung der Grundwerte der zulässigen Spannung σ_0 .

⁴⁶⁷ Stolarski (2001 a), S. 28.

⁴⁶⁸ Stolarski (2001 a), S. 32.

⁴⁶⁹ Siehe Schubert (2002), S. 20, Tabelle 13.

Gesteinsart	Mindestdruckfestigkeit β_D [MN/m ²]
weiche Sandsteine (mit tonigem Bindemittel)	30
dichte Sandsteine	50
quarzitische Sandsteine (mit kieseligem Bindemittel)	80

Tab. IV-4: Erfahrungswerte für die Mindestdruckfestigkeiten β_D für Sandstein aus der DIN 1053

Gesteinsart	E_D [MN/m ²]	Druckfestigkeit β_D [MN/m ²]	Biegezugfestigkeit β_{BZ} [MN/m ²]
quarzitische Sandsteine	20.000 bis 70.000	120 bis 200	12 bis 20
sonstige Sandsteine	5.000 bis 30.000	30 bis 180	3 bis 15

Tab. IV-5: Sandsteinkennwerte nach Mauerwerkskalender 2002, S. 20, Tab. 13.

Stiglat untersuchte Steindruckfestigkeiten aus über 130 Versuchskörpern aus Sandstein, die er z. T. der Literatur entnahm und durch zahlreiche eigene Untersuchungen ergänzte. Er zeigte, dass die Zunahme der Druckfestigkeit mit der Wichte eindeutig ablesbar ist. Ausgleichsgerade g und Ausgleichsparabel p unterschieden sich im untersuchten Bereich nur wenig voneinander. Mit β_{DS10} wird jene Steindruckfestigkeit eines Bereiches bezeichnet, die von 90 % der in diesen Bereich fallenden Prüfkörper erreicht bzw. überschritten wird. Die Ausgleichsgerade für alle Bereichswerte lieferte dann

$$\beta_{DS10} = 18,7 \cdot \gamma - 355,2$$

mit γ in kN/m^3 , anwendbar für $\gamma \geq 20 \text{ kN/m}^3$,

und ist in Abb. IV-84 dargestellt.⁴⁷⁰ Danach würde sich die Steinfestigkeit für Probe 1 zu ca. $39,9 \text{ N/mm}^2$, die der Probe 2 zu $108,6 \text{ N/mm}^2$ ergeben.

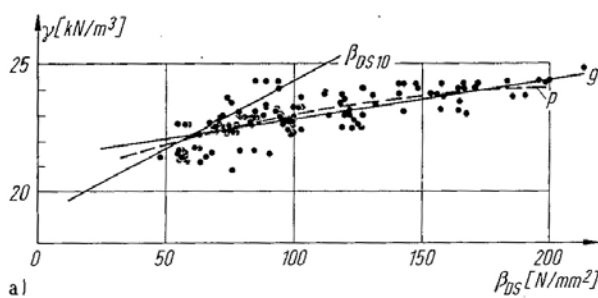


Abb. IV-84: Zunahme der Steinfestigkeit β_{DS} mit der Wichte γ . In Stiglat (1984 a), S. 52, Bild 2a

Schubert gibt in Tabelle 14 die Wasseraufnahmefähigkeit von Natursteinen bei Atmosphärendruck an. Berücksichtigt man, dass die angegebene Dichte die Feuchtdichte ist und setzt man bei den Proben die größtmögliche Wasseraufnahmefähigkeit für quarzitischen Sandstein (0,9 M.-%) an⁴⁷¹, reduzieren sich die errechenbaren Steinfestigkeiten auf $39,5$ und $105,8 \text{ N/mm}^2$. Sie liegen damit immer noch weit über den von der LGA angegebenen Werten.

⁴⁷⁰ Siehe Stiglat (1984 a), S. 52, 53.

⁴⁷¹ Siehe Schubert (1996), S.12. Bei maximaler Wasseraufnahmefähigkeit sonstigen Sandsteins (9 M.-%) erhielt man Werte von $18,8$ und $66,9 \text{ N/mm}^2$.

Die niedrigen Werte der Druckfestigkeit der Proben der Fleischbrücke, die eher in den Bereich der Biegezugfestigkeit von Sandstein fallen, auch der geringe E-Modul, der niedriger ist als er in der Literatur für den Verbundwerkstoff (Steinmaterial und Fugenmaterial) angegeben ist, widersprechen den Aussagen, nach denen die quarzreichen Sandsteine des Kornbergs, der bei der Fleischbrücke verbaut wurde, als harte Sandsteine speziell für Pflasterung, Mühlensteine und Wasserbauten eingesetzt wurden. Die Ursache der extrem niedrig angegebenen Druckspannungen bedarf der Klärung und weiterer Proben, ehe diese Werte als Eingangswerte für die Ermittlung zul. Spannungen verwendet werden können.

Mörtel

Unter Mörtel versteht man ein Gemisch aus Bindemittel, Sand und Wasser zum Verbinden von Mauersteinen. Je nach Bindemittel werden z. B. Kalkmörtel oder Zementmörtel unterschieden. Bis zur Entdeckung der modernen hydraulischen Zemente verwendeten die Baumeister im Allgemeinen Kalk als Bindemittel zur Herstellung von Mörtel.⁴⁷²

Der abgebaute Rohkalk geht beim Erhitzen auf 1.000° C unter Abgabe von Kohlendioxid in Branntkalk (Calciumoxid) über. Der Branntkalk bildet beim Vermischen mit Wasser Löschkalk bzw. gelöschten Kalk (Calciumhydroxid $\text{Ca}(\text{OH})_2$). Es gibt zwei unterschiedliche Methoden, um gelöschte Kalke zu erhalten:

- Beim Einsumpfen wird dem Branntkalk in einer Kalkgrube sehr viel Wasser zugesetzt, so dass die Masse wassergesättigt wird. Auch die Lagerung erfolgt in der Grube.
- Beim Trockenlöschverfahren wird nur soviel Wasser zugegeben, dass der Branntkalk zu einem weißen Pulver zerfällt (exothermen Reaktion). Die Verwendung des trockenen Kalkes bei der Mörtelrezeptur führt zu größeren Festigkeiten des Mörtels.

*„Sumpfkalk und Weißkalkhydrat sind gelöschte Kalke und gehören zur Gruppe der sog. Luftkalke. Diese erhärten durch Reaktion mit dem Kohlendioxid der Luft unter Bildung von Calciumcarbonat. Hydraulisch erhärtende Komponenten sind, wenn überhaupt, nur in Mengen unter 10 % vorhanden.“*⁴⁷³

Mörtel mit Luftkalk als Bindemittel wird als Luftkalkmörtel bezeichnet. Bei der Entwicklung der Festigkeit unterscheidet man zwei Phasen, das Abbinden und die Carbonatisierung. In der Phase des Abbindens erreicht der Luftkalkmörtel durch das Austrocknen des chemisch ungebundenen Wassers seine Anfangsfestigkeit. Dies erfolgt durch Verdunstung nach außen oder durch eine Wasserabgabe an die Steine. Die Carbonatisierung ist ein sehr langsamer Prozess, bei der das Calciumhydroxid $\text{Ca}(\text{OH})_2$ durch Kohlendioxid der Luft zu Calciumcarbonat CaCO_3 carbonatisiert. Da das Eindringen des CO_2 der Luft sehr langsam vonstatten geht, kommt es zu einer verzögerten Festigkeitsentwicklung. Es kann Jahrhunderte dauern, bis sehr dickes Mauerwerk vollständig durchcarbonatisiert ist.

⁴⁷² Doch die Römer kannten neben dem Kalk schon die günstige Wirkung der Puteolanerde (Puzzeolane) als hydraulische Bindemittel. Um hydraulischen Mörtel, der auch ohne Zutritt von Luft abbindet, zu erhalten, schlug Vitruv sowohl die Verwendung von Puzzolanerde als auch von Zieglmehl vor.

⁴⁷³ Schäfer, Hilsdorf (1991), S. 66. „Wasserkalkhydrat enthält neben Calciumhydroxid bereits 10 bis 25 % hydraulische Bestandteile. Hydraulischer Kalk schließlich ist ungelöscht. Sein Anteil an hydraulischen Komponenten beträgt mindestens 25 %. Diese hydraulischen Bestandteile erhärten nicht durch Reaktion mit dem Kohlendioxid der Luft, sondern reagieren - ähnlich dem Zement - mit Wasser unter Bildung sog. Hydratphasen. Im Gegensatz zum Calciumhydroxid können sie auch unter Wasser erhärten; sie sind nach der Erhärtung wasserbeständig, und ihre Festigkeit ist in der Regel höher als die der Carbonatphase.“

Laut „1. Bericht“ der LGA wurde im Bohrprogramm auch der Mörtel der Fleischbrücke untersucht. Demzufolge hat sich der *„Luftkalkmörtel oberhalb des Wasserspiegels in der Brücke hervorragend erhalten und besitzt in den vorliegenden Proben eine gute Festigkeit... Der Mörtel ist sehr feinkörnig mit meist enggestuftem Quarzsand \varnothing 1 mm als Zuschlagstoff.“* Die Laboruntersuchung einer ungestörten Probe aus 3,4 m Tiefe im LGA-Schergerät für Trennflächen ergab eine *„Bruch-Scherspannung von 785,2 kPa bei einer Auflast von 100,2 kPa ... Der Zuschlaggehalt im historisch verwendeten Luftkalkmörtel beträgt für die untersuchten Proben aus der Bohrung B 1 (0,5 m und 1,25 m Tiefe) 64 % und 68 %. Dies entspricht dem Mischungsverhältnis 1/3 Kalk zu 2/3 Sand. Der freie CaO-Gehalt variiert zwischen 2,2 % und 21,3 % und nimmt mit der Tiefe stark ab.“*⁴⁷⁴

Untersuchungen von 120 Putz- und Mörtelproben aus historischer Substanz aus Südwestdeutschland, meist Bruchsteinmauerwerk mit Mauermörteln, die auf kalkhaltigen Bindemitteln basieren, zeigten einen Bindemittelgehalt der Proben von im Mittel zwischen 25 und 35 Masseprozent, d. h. es handelte sich um sehr verbindungsmitteleichen Mörtel mit einem Mischungsverhältnis (Bindemittelmasse : Zuschlagsmasse) zwischen 1:3 und 1:2. In der Regel handelte es sich um Luftmörtel (Karbongehalt 90 %) und Wasserkalkmörtel (Karbongehalt ca. 75-90 %). Gehalte an hydraulischen Phasen >25 % wurden bisher nur ganz vereinzelt gefunden.⁴⁷⁵

In dieses Bild passt auch der Mörtel der Fleischbrücke, bei dem es sich mit einem Bindemittelgehalt von 32-36 Prozent um einen ausgesprochen verbindungsmitteleichen Mörtel handelt (Mischungsverhältnis ca. 1:2). Die Druckfestigkeit wurde von der LGA nicht ermittelt.

*„Reine Luftkalkmörtel besitzen Druckfestigkeiten von 0,1 bis 2 N/mm², während Zementmörtel Druckfestigkeiten von 10 bis 50 N/mm² erreichen können.“*⁴⁷⁶

An Mörtelprobekörpern, hergestellt mit den vier Bindemittelarten Sumpfkalk, Weißkalkhydrat, Wasserkalkhydrat und Hydraulischer Kalk, wurden u. a. die Druckfestigkeiten ermittelt. Sie zeigen zwischen den beiden Luftkalken die höhere Festigkeit des Weißkalkhydrats gegenüber dem Sumpfkalk. Für die reinen Kalkmörtel lagen die erreichten Festigkeiten zwischen 1,2 und 2,3 N/mm² (Abb. IV-85).⁴⁷⁷

⁴⁷⁴ Stolarski (2001 a), S. 28, 32/33.

⁴⁷⁵ Siehe Schäfer; Hilsdorf (1989), S. 67 Aus dem Gehalt an nicht karbonatisch gebundenem Calciumoxid und den Gehalten an Silicium-, Aluminium- und Eisenoxid ließ sich der hydraulische Anteil des Bindemittels berechnen.

⁴⁷⁶ Schäfer; Hilsdorf (1989), S. 68

⁴⁷⁷ Siehe Schäfer, Hilsdorf (1991), S. 71

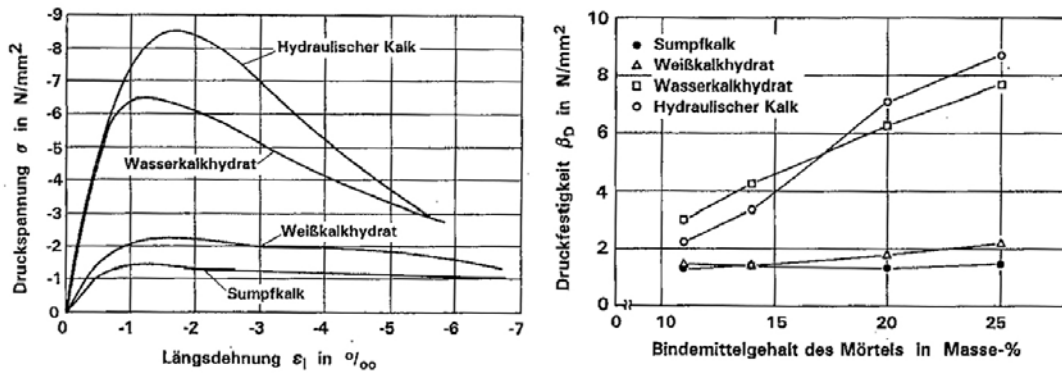


Abb. IV-85: Mechanisches Verhalten historischer Kalkmörtel. Aus Schäfer, Hilsdorf (1991)

Der Luftkalkmörtel der Fleischbrücke besitzt im Vergleich zu anderen historischen Mörteln demnach eine gute Qualität.

1. Der Mörtel ist bei dem Mischungsverhältnis ca. 1:2 (1/3 zu 2/3 Sand) sehr verbindungsreich, was gegenüber verbindungsärmeren Mörteln höhere Festigkeiten bewirkt.
Vitruv schlug für Grubensand 1:3, für Fluss- oder Meersand 1:2 vor.⁴⁷⁸
2. Beschreibungen des Kalklöschens und Kalkverkaufs in Nürnberg lassen auf im Trockenverfahren gelöschten Kalk schließen, der höhere Festigkeiten aufweist als Sumpfkalk. „Meist wurde der Kalk vor Ort wegen des Wasserbedarfs, in der Nähe eines Brunnens gelöscht; der hierbei entstehende Staub führte in den engen Gassen zu einer erheblichen Belästigung.“⁴⁷⁹
3. In vielen historischen Proben aus dem süddeutschen Raum war ein großer Teil des Zuschlags größer als 4 mm, der heutigen Größtkorngrenze für Mörtelzuschlag nach DIN 1045.⁴⁸⁰ Bei der Fleischbrücke jedoch bestätigen die Resultate der Siebanalyse der aus dem Mörtel herausgelösten Zuschlagstoffe die visuelle Ansprache: „knapp 50 % der Masse bestehen aus Körnern 0,5 bis 1mm. Das Größtkorn liegt bei 2 mm. Es handelt sich um einen feinkörnigen Zuschlag, der gut auf die ausgeführte Fugenbreite abgestimmt war“.⁴⁸¹

Ohne direkte Kenntnisse der Druckfestigkeit des Mörtels der Fleischbrücke ist dieser nach DIN 1053 (1996) nach Tabelle A1 und A2 in die Mörtelgruppe I einzuordnen.

⁴⁷⁸ Vitruvius (1996, Fensterbusch), S. 93.

⁴⁷⁹ Fleischmann (1985), S. 186.

⁴⁸⁰ Siehe Schäfer, Hilsdorf (1989), S. 67.

⁴⁸¹ Stolarski (2001 a), S. 32.

IV. 2.4 Mauerwerk: Struktur, Steinschnitt und Verband

IV. 2.4.1 Vorbemerkung und Begriffsbestimmung

Da die Entwurfspläne keine Schichtenpläne zum Mauern des Verbandes des Bogens ausweisen, können nur durch die Aufnahme der Brückenuntersicht und der Stirnflächen und deren Auswertung Aussagen zum Steinschnitt und Verband gemacht werden. Diese genauere Untersuchung der Struktur, des Steinschnitts und des Verbandes lässt Entscheidungen der Werkmeister über Vorgehen beim Mauern des Bogens transparenter werden.

Der Steinschnitt lehrt Konstruktionen aus Werkstein zu planen, sie in einzelne Teile oder Stücke zu teilen – oder, wie schon der Name sagt, zu schneiden – und diesen Stücken eine der Konstruktion angemessene Form zu geben. Das Formen der Stücke geschieht durch steinmetzmäßige Bearbeitung mittels der Steinmetzwerkzeuge, verschiedener Steinbearbeitungsmaschinen und Hilfsmittel. Mit Hilfe des Steinschnittes ist der Steinmetz in der Lage, Form und Anzahl der Werkstücke festzusetzen und alle zu ihrer Herstellung erforderlichen Hilfsmittel abzuleiten bzw. herzustellen.⁴⁸²

Im Gegensatz zu den Aufgaben, die ein Steinmetz beim Steinschnitt von mehrfach gekrümmten räumlichen Gebilden zu bewältigen hat, seien es Kuppeln oder zylindrische Mauern, ist die Aufgabe, einen aus keilförmigen Elementen zusammengesetzten Kreisbogenabschnitt zu erstellen, vergleichsweise einfach. Die Lehren für den Steinschnitt der Bogenform des Intrados sind alle gleich gekrümmt, während das Errichten von parabolischen, elliptischen Bögen oder auch eines Korbbogen unterschiedliche Lehren erfordert.⁴⁸³

Mauerwerk ist ein inhomogenes Material, das aus den Steinschichten und den Fugen besteht. Lager- und Stoßfugen bei z. B. lotrechten Mauern sind geläufig. **Lagerfugen** liegen in den Lagerebenen, mit denen man die Konstruktion in Schichten zerlegt und bilden eine zusammenhängende Linie, während die **Stoßfugen** als jeweils eine Schicht überspringende Linie zu erkennen sind (Abb. IV-86): „Die Lagerflächen werden normal (senkrecht) zur Richtung des auf die Konstruktion einwirkenden Druckes angenommen. Bei einer lotrechten Mauer sind daher die Lagerflächen waagerechte (horizontale) Ebenen. Bei gewöhnlichen Gewölben, wo der Druck vom Gewölbescheitel in der Richtung des Gewölbebogens auf die Widerlager überträgt, werden die Lagerflächen von Ebenen erzeugt, die normal zum Bogenlauf sind.“⁴⁸⁴

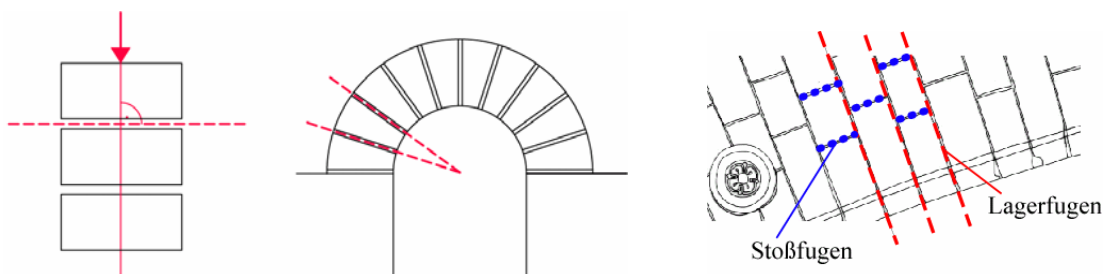


Abb. IV-86: Lagerebenen bei vertikalem Mauerwerk, beim Tonnengewölbe und bei der Fleischbrücke

⁴⁸² Siehe Pechwitz (1942), S. 1.

⁴⁸³ Beim Kreissegment ist bei gleicher Steinbreite der vom Lot abweichende Winkel α immer gleich, siehe Abb. IV-88.

⁴⁸⁴ Pechwitz (1942), S. 2.

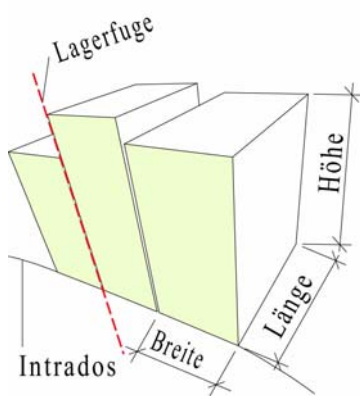


Abb. IV-87: Bezeichnungen

Für die folgenden Beschreibungen der Steinabmessungen oder des Verbandes sind die Begriffe **Länge**, **Breite** und **Höhe** nach der Orientierung des Steins im Bogen bezeichnet (Abb. IV-87).

Unter **Verband** versteht man, wie der Mauerwerkskörper aus den einzelnen Werksteinen und Fugenmustern zusammengesetzt ist. Die Wahl der Größe der Werksteine hängt dabei nicht nur von der Größe des Objektes und von der angestrebten Wirkung, sondern auch von der Mächtigkeit der im Bruch vorhandenen Steinschichten ab. Wichtig ist es, einen richtigen Fugenwechsel bzw. Versatz einzuhalten.

Bei einer Steinbrücke mit Bogenring konstanter Stärke aus nur einem Stein braucht ein Verband nur in Brückenquerrichtung eingehalten zu werden. Komplizierter ist die Situation bei dem sich aufweitenden Bogen der Fleischbrücke. Ohne ganz regelmäßiges Muster in der Stirnfläche weitet sich der Bogen zu den Kämpfern hin auf, somit wird er nicht mehr aus nur einem Ring von Steinen gleicher Höhe gebildet. Zusätzlich zu dem Verband in Brückenquerrichtung muss auch über die Höhe des Bogens der Verband geregelt werden.

Aus den Bohrkernen ging hervor, dass die Anordnung der Steine schräg geneigt bis in die Widerlager vorgenommen wurde. Bei den durchgeführten Bohrungen stieß man nicht auf Steinverbindungselemente wie eiserne Klammern oder Verdübelungen.⁴⁸⁵

Musterrisse, die nach den Erkenntnissen der darstellenden Geometrie und Isometrie jeden Stein in seiner räumlichen Ausdehnung darstellen, und Schichtenpläne zur Lokalisierung des Steins im Bauwerk sind Ende des 16. Jh. noch nicht von der Fleischbrücke zu finden. Die Konstruktion eines Kreisbogenabschnitts war auch ohne vermaßte Musterrisse einzelner Steine und Schichtenpläne möglich. Man befasste sich aber in den Entwurfsplänen mit der Grobstruktur der Steinanordnung und studierte Detailpunkte wie den Übergang vom Kämpfer in die senkrechte Abmauerung (siehe Kap. IV. 1.2.4, ab S. 88).

Dennoch können zumindest der Verband, Versatz und Steinmaße der untersten – den Bogen bildenden – Keilsteinreihe beschrieben werden, nämlich aus der Kombination der Daten aus

- der Untersicht (Abb. IV-81)
- den Ansichten der Stirnflächen Oberstrom und Unterstrom (Steinkartierungspläne der LGA von der Unter- und Oberstromseite bzw. Bildmesspläne aus den 1980er Jahren Abb. IV-80, beide im Original 1:50). Hierbei ist jedoch zu bemerken, dass die Bildmesspläne der Stirnseite Oberstrom nur eingeschränkt verwendet werden können, da sie mit künstlicher Steinersatzmasse überzogen ist, die die Originalfugen z. T. überdecken.

IV. 2.4.2 Steinmaße und Fugenmaße der untersten Steinreihen (Untersicht)

Als Datengrundlage der statistischen Betrachtung zur Verwendung der Stein- und Fugenmaße in der Untersicht dienen 74 Lagerfugen zwischen 75 Steinreihen, 1399 Stoßfugen und 1550 Steine. Diese Daten stammen nur aus den Flächen der Unteransicht, die nicht durch Beton-, Mauer-

⁴⁸⁵ Zur Verwendung von Verdübelungen bei Bogensteinen untereinander siehe S. 239.

werksplomben oder künstliche Steinersatzmasse saniert waren, also nur aus den Flächen, in denen die Sandsteine sichtbar waren.

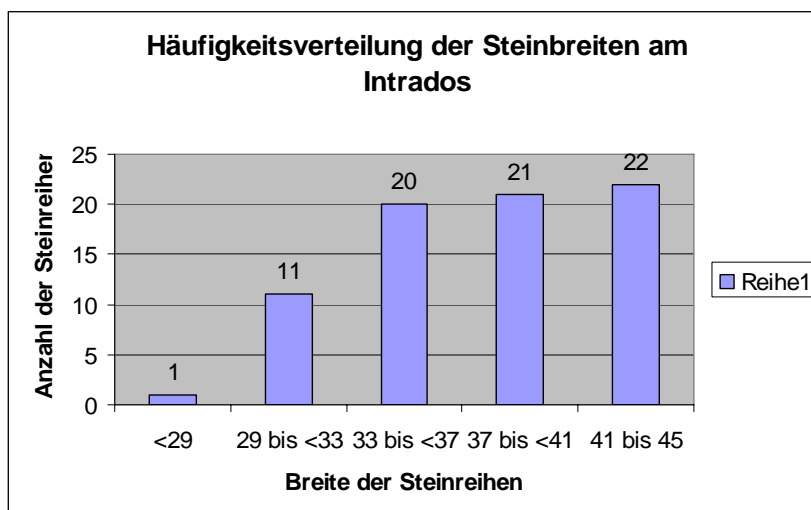
Fugenbreiten der Untersicht

Die Fugenbreite der Stoßfugen in der Untersicht beträgt im Mittel 0,9 cm und zeigen die äußerst hohe Passgenauigkeit beim Versetzen der Keilsteine des Intrados. Die schmalsten Fugen sind 0,2 cm, die breitesten 4 cm, wobei 31 % kleiner 0,5 cm und nur 4 % der Fugen breiter als 1,5 cm sind.

Im Inneren des Bogenkörpers zeigen sich bei den Bohrungen 1-2 cm breite, vereinzelt auch 7 cm dicke Fugen.⁴⁸⁶

Steinbreiten am Intrados

Die Breiten der Steine bzw. Reihen schwanken ohne erkennbares System zwischen 27 und 45 cm, im Mittel 37,4 cm und weisen keine signifikante Häufung um einen Wert auf (Diagr. IV-4). Die Breiten der Rohlinge könnten alle zwischen 1 und 1,5 Schuh gelegen haben. Damit haben die Bogensteine bei der Fleischbrücke am Intrados deutlich geringere Breiten als bei der Rialtobrücke, bei der nur 65 Reihen statt 75 Reihen gebildet werden.⁴⁸⁷

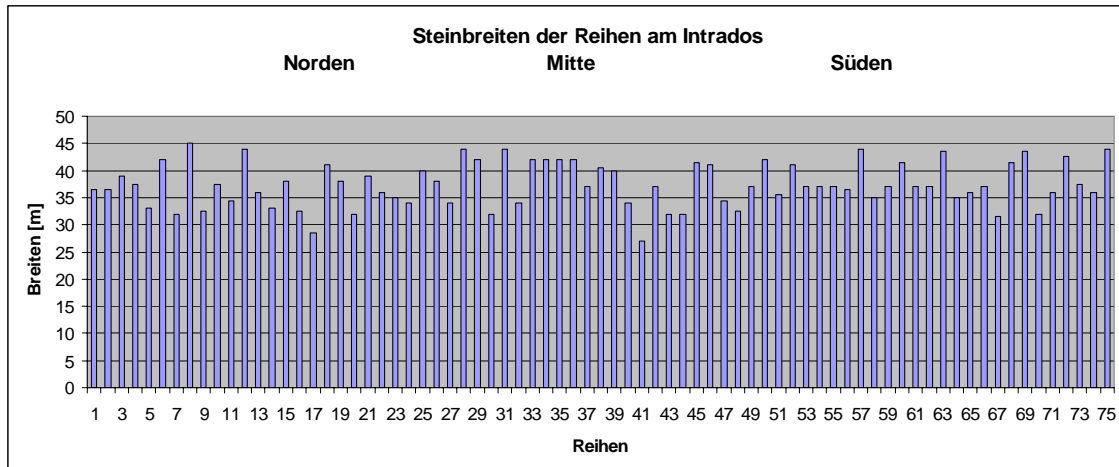


Diagr. IV-4: Aus der Aufnahme der Brückenuntersicht ermittelte Steinbreiten am Intrados

Die mittlere Reihe entspricht in dieser Darstellung der Reihe 37. Wie die Darstellung in Diagr. IV-5 zeigt, fallen keine Regelmäßigkeiten bei der Abstufung der Steinbreiten auf der Nordseite und der Südseite auf. Die Wahl der Schichtbreiten folgt keinem Muster und scheint zufällig.

⁴⁸⁶ Siehe Stolarski (2001 a), S. 28.

⁴⁸⁷ Auswertung des Bildmessplanes der Rialtobrücke im Maßstab 1:50 aus dem Nachlass von W. v. Stromer.

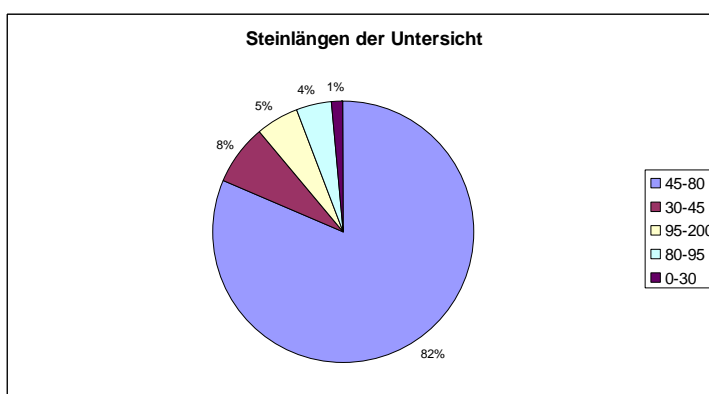


Diagr. IV-5: Die Steinbreiten am Intradós, mittlere Reihe Nr. 37.

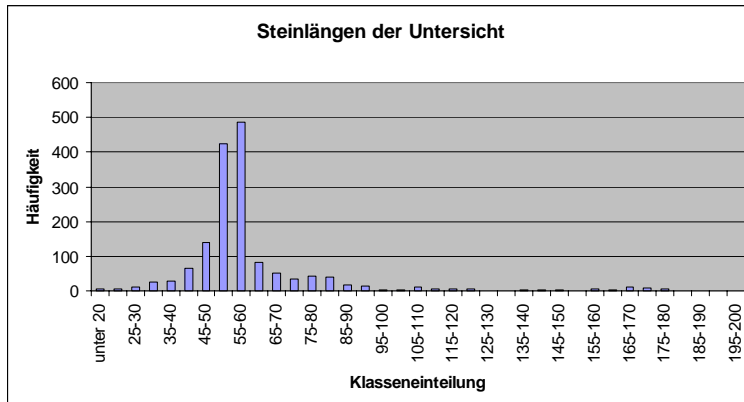
Steinlängen der Untersicht

Bei der statistischen Auswertung der Steinlängen wurden schmale vorgesetzte Steine an den Stirnseiten nicht als Stein gezählt, weil für die statistische Auswertung interessierte, welche ursprünglichen Steinmaße wohl verwendet wurden, welche ursprünglichen Verzahnungen am Bogenrand eingehalten waren usw., um zu wertenden Aussagen zu gelangen. Die statistische Auswertung der Steinlängen aus der erstellten EXCEL-Tabelle der Untersicht ergibt, dass rund 80 Prozent der Steinlängen größer 45 cm und kleiner gleich 80 cm sind (Diagr. IV-6). Der längste Stein ist 195,5 cm, der kürzeste Stein 16 cm.

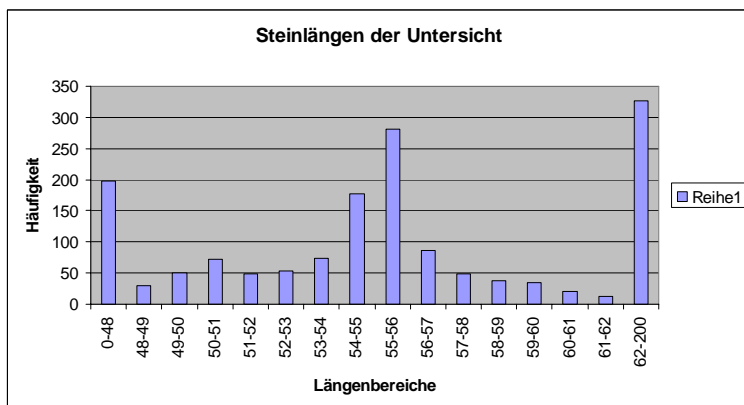
Bei einer Unterteilung in Längenklassen von je 5 cm zeigt sich eine massive Häufung bei Steinlängen zwischen 50 und 60 cm wobei eine besondere Häufung um 55 cm Steinlänge auftritt. (Diagr. IV-7, IV-8). In ein Fenster von nur 2 cm Längenunterschied ($> 53,5$ und $\leq 56,5$) fallen 36 % aller Steine der Untersicht.



Diagr. IV-6: Prozentuale Anteile der Steinlängen der Untersicht



Diagr. IV-7: Steinlängen in Brückenquerrichtung, Auswertung der Aufnahme der Brückenuntersicht. Gleichmäßige Klasseneinteilung 5 cm



Diagr. IV-8: Steinlängen in Brückenquerrichtung, Auswertung der Aufnahme der Brückenuntersicht. Gleichmäßige Klasseneinteilung 1 cm

Steinhöhen der unteren Bogenreihe auf der Westseite

Über die Höhe der Steine lässt sich nur eine Aussage für die Keilsteine der untersten Bogenreihe treffen. Im Folgenden wird für die Höhe nur die Unterstromstirnfläche herangezogen, die nicht mit künstlicher Steinersatzmasse überzogen ist. Die Steinhöhen der Ansichten wurden in dieser Auswertung nicht eigenständig vor Ort wie die Untersicht aufgenommen, sondern es wurden die Steinkartierungspläne der LGA bzw. Bildmesspläne von W. v. Stomer im Maßstab 1:50 ausgewertet.

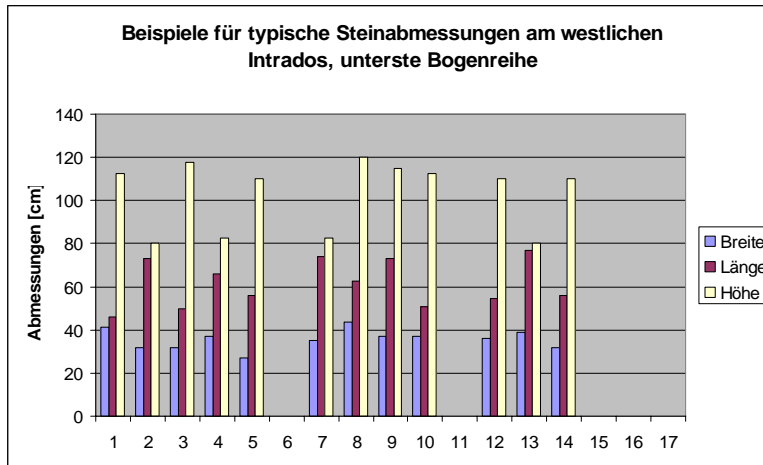
Im Mittel liegen die höheren Steine bei rund 1,11 m, die kürzeren bei rund 0,82 m, was beim Rohling hier 3 oder 4 Schuh entsprechen könnte. Die tatsächliche Höhe des Schlusssteins ist wegen der vorgelagerten Kanzel nicht sichtbar.

Benachbarte Steine der untersten westlichen Bogenreihe in ihren drei Dimensionen

Dargestellt werden in ihren drei Dimensionen Gruppen benachbarter, ursprünglicher Steine der untersten Stirnseite Unterstrom, bei denen alle Abmessungen erkennbar und damit nicht in der Untersicht durch Plomben überdeckt waren. Die Masse dieser hier dargestellten Steine schwankt bei einer spezifischen Masse von $\rho = 2,7 \text{ t/m}^3$ zwischen 0,5-0,88 t.

Im Prinzip soll an diesem kleinen Ausschnitt – aus dem unterstromigen Bereich zwischen der Kanzel und der ersten Rosette Richtung Süd – verdeutlicht werden, dass die Baumeister bei

annähernd gleichen Schichtdicken (entspricht der Breite) an den Bogenrändern den Versatz oder richtigen Fugenwechsel in der Höhe wie auch in der Länge einhielten und damit an den Bogenrändern für eine entsprechende Verzahnung sorgten (Diagr. IV-9).



Diagr. IV-9: Gruppen benachbarter Steine am westlichen Intrados (Unterstrom)

Verwendung von Normsteinen

Die bei allen Normsteinen gleiche Abmessung (in der Tabelle der Quelle „Höhe“ genannt) betrug 1,5 Schuh, die kleinste Abmessung 1 Schuh. Zwischen diesen Maßen bewegen sich die Schichtdicken der Fleischbrücke. Die Schichtdicken des Bogens am Intrados entsprechen in etwa einem Rohling von 1-1,5 Schuh.

Auch die signifikante Häufung bestimmter Längen bestätigt, dass man beim Bau der Fleischbrücke bestimmte Normabmessungen bevorzugte. Die Häufung der Maße um 55 cm entspräche im Rohmaß am ehesten Steinen, die in dieser Abmessung 2 Schuh lang waren. Das waren vor allem Parvant, Halbstück und Pfeiler.

Gemessene Steinlängen am Intrados an den Stirnseiten zwischen im Mittel 58 cm bzw. im Mittel 78 cm, könnten als Abmessungen beim Rohling 1,5 Schuh und 2 bzw. 3 Schuh ausgemacht haben. Das entspräche insgesamt Abmessungen von 1,5 x 2 bzw. 3 x 3 bzw. 4 Schuh. Als Normmaße finden sich bei diesen Verhältnissen nur der Parvant, das große Pfeilerstück und das Halbstück. Insgesamt zeigen sich bei der Fleischbrücke Steinmaße, bei denen in einer Richtung größere Abmessungen als in der Normung angegeben vorliegen, zumindest für die Intradossteine der westlichen Stirnseite wie auch für die langen Steine der Untersicht. Genauere Aussagen und Zuordnungen zu den Normsteinen lassen sich nicht treffen, da nur von wenigen ursprünglichen Steinen alle Dimensionen bekannt sind.

Es entsteht der Eindruck, dass man zwar sehr wohl Normsteine orderte und verbaute, aber neben den vorgegebenen Normmaßen auch Steine, die in ihren Abmessungen gerade nicht dem Raster entsprachen. Besonders deutlich sieht man das an den sehr langen Steinen bis zu 6,5 Schuh, die sich nicht in der Normung finden.

Offensichtlich benutzte man für einen schnelleren Baufortschritt auch längere Steine, je nachdem wie sie aus dem Bruch zur Verfügung standen. Auch hier fällt der zufällige Charakter auf. Die langen Steine sind bis in der Untersicht ohne konstruktive Notwendigkeit; sie folgen keinem Schema. Nur im Bereich der Kanzeln sind sie konstruktive zur Verbindung der Kanzeln mit dem Bogen notwendig.

IV. 2.4.3 Verband

Keilform

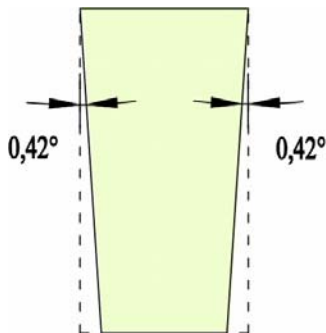


Abb. IV-88: Keilform

Die Fleischbrücke besteht aus keilförmig behauenen Sandsteinen, die mit einem Luftkalkmörtel vermauert sind. Während bei römischen Steinbogenbrücken die Keilform eines Bogensteines und das Zulaufen aller Lagerfugen auf den Kreismittelpunkt deutlich erkennbar ist, zeichnet sich durch die sehr flache Bogenform die Keilform bei der Fleischbrücke nur schwach ab. Aus der mit Steinersatzmasse überzogenen Oberstromseite lassen sich keine Rückschlüsse auf die tatsächliche Steinform ziehen. Auf der Unterstromseite verdecken oft breit überspachtelte Fugen die ursprünglich viel schmaleren Lagerfugen, so dass exemplarisch einige Fugenstellen freigelegt wurden.⁴⁸⁸ Dabei erwies sich der Steinschnitt als keilförmig, wenn auch der mittlere Winkel, der die Abweichung von der Senkrechten wiedergibt, nur $0,42^\circ$ beträgt (Abb. IV-88). Das bedeutet z. B. bei einem 43,2 cm breiten Stein mit einer Höhe von 85,7 cm einen Breitenunterschied insgesamt von nur 1,2 cm.

Verband der Steine der Brückenuntersicht, Regelung des Versatzes

Der Bogen besteht bis zur heutigen vertikalen Abmauerung aus 75 Keilsteinreihen, die senkrecht zur Brückenlängsrichtung angeordnet sind. In der Brückenuntersicht sind die durchgehenden Lagerebenen senkrecht zur Brückenachse als Parallelen sichtbar:

- 36 Steinreihen in Richtung Hauptmarkt,
- 38 Steinreihen in Richtung Kaiserstraße.

Die Steinreihe im Brückenscheitel verbindet mittig die Mitten der Kanzeln, sozusagen die Schlusssteinreihe (Abb. IV-89).



Abb. IV-89: Kanzel Ost, Oberstrom. 10.4.2002. Foto C. Kaiser

Lagerfugen gehen über die Brückenhöhe und in Querrichtung durch. Im Gegensatz hierzu besteht z. B. bei der Anji-Brücke der Bogen aus in Brückenlängsrichtung nebeneinander liegenden parallelen Bogenreihen (vgl. S. 44).

In Querrichtung verspringen die Stoßfugen in der Unteransicht – von den Bogenrändern abgesehen – oftmals nur geringfügig. Deutlich dagegen erkennbar sind die nicht symmetrischen, unterschiedlich breiten Steinreihen mit Steinlängen ähnlicher Größe, von wenigen sehr langen Steinen abgesehen (siehe Unteransicht Abb. IV-81, S. 149 und im Bd. 3 (Materialsammlung) im Maßstab 1:50).

⁴⁸⁸ Das Messen der Keilförmigkeit erfolgte an der Westseite bei Steinen, die aufgrund ihrer Verwitterung und Farbe als Originalmaterial angesehen werden können.

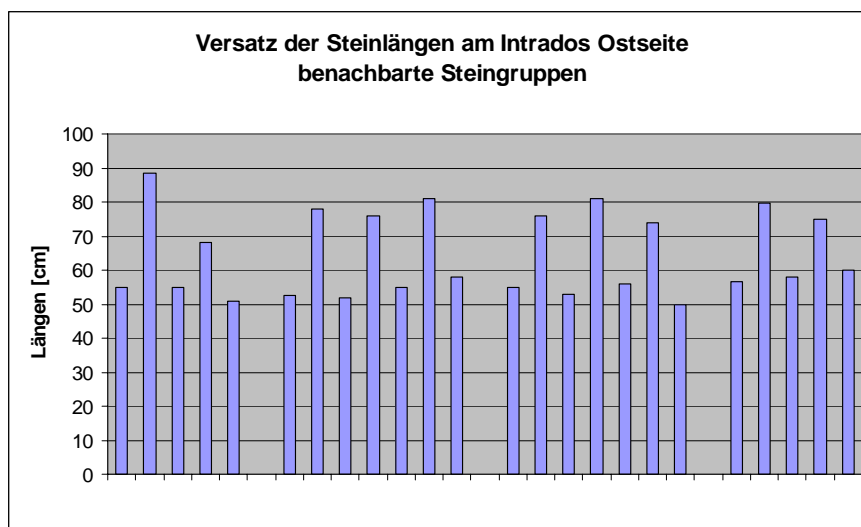
Versatz in den Steinlängen am seitlichen Bogenrand des Intradoss

Während im mittleren Bereich zwischen den Bogenrändern die Stoßfugen keinen deutlichen Versatz zeigen, hielten die Baumeister an den Bogenrändern den Versatz der Bogenlängen ein (siehe Untersicht).

Der ursprüngliche Versatz der Steinlängen in Brückenquerrichtung der untersten Steinreihe ist an der Ostseite – Oberstrom – noch an mehr Stellen erkennbar als an der Westseite. Denn dort überdecken in der Untersicht Mörtelplomben, Steinersatz, Mauerwerksplomben die Informationen über die ursprünglichen Steine des Bogenrandes. Man findet hier wesentlich weniger nur sehr kurz in Brückenquerrichtung einbindende Steine am Bogenrand. Diese sehr kurzen Steine, die häufig nur eine Länge von 14-25 cm haben, sind nicht ursprünglich eingebaut, sondern sind ausgetauschte, vorgesetzte Steine (Vierung).

Ermittelt man die wenigen Stellen, wo sich an den seitlichen Rändern mehrere alte Steine nebeneinander zeigen, dann erkennt man, dass die Steinmetze bestimmt einen regelmäßigen Versatz der ersten Steine an den Bogenseiten einhielten.

Im Mittel sind in den als relevant ausgesuchten Bereichen die längeren Steine ca. 78 cm lang und wechseln mit den kürzeren von im Mittel 55 cm. Das bedeutet einen Versatz von rund 23 cm, das ist im Mittel 30 Prozent des längeren Steins (Diagr. IV-10).



Diagr. IV-10: Versatz der Steinlängen bei Gruppen benachbarter Steine am Intradoss an der Stirnseite Oberstrom

Versatz in den Steinhöhen am Intradoss

Eine gute Verzahnung ist durch den Versatz der Stoßfugen in der Ansicht immer eingehalten. Beispielsweise haben die Keilsteine an den Bogenseiten am Intradoss Höhen, die im Mittel zwischen 82 -110 cm alternieren. Das bedeutet im Mittel einen Versatz der Stoßfugen in der Ansicht um rund 25 Prozent des größeren Steines.

Einbinden der Steine an den Kanzeln

Im Bereich der östlichen Kanzel wurden längere Steine zum Einbinden in Querrichtung in den Bogen verwendet. Auf der Westseite ist das wegen der Reparaturstellen nicht mehr erkennbar.

Schichtung



Abb. IV-90: In der Untersicht sichtbare Schichtung der Sandsteine parallel zur hier ausgewaschenen Lagerfuge, schmale Stoßfuge erkennbar. 18.4.2002. Foto C. Kaiser

Sehr gut ist in der Untersicht sichtbar, dass die Steine entsprechend ihrer natürlichen Lagerung versetzt wurden. Die in vielen Steinen durch abgesetzte Färbung erkennbare geologische Schichtung verläuft parallel zu den Lagerebenen (Abb. IV-90). Nur ein einziger sehr schmaler Stein in der ganzen Untersicht war mit seiner Schichtung senkrecht zur Lagerebene versetzt. Greiflöcher der Greifwerkzeuge sind vielfach noch als Löcher (Durchmesser ca. 4 cm) überwiegend in Steinmitte zu finden. Manche Steine wurden demnach zunächst abgesetzt und anschließend in die endgültige Lage gekippt.

Regelung des Verbandes im Bogeninneren

Für den Verband im Bogeninneren besteht die Frage, welche der Stoßfugen planmäßig durchgehen, also wie die Verzahnung der Steine im Innern geregelt wurde. Es bestehen zwei Möglichkeiten (Prinzipiskizzen Abb. IV-91).

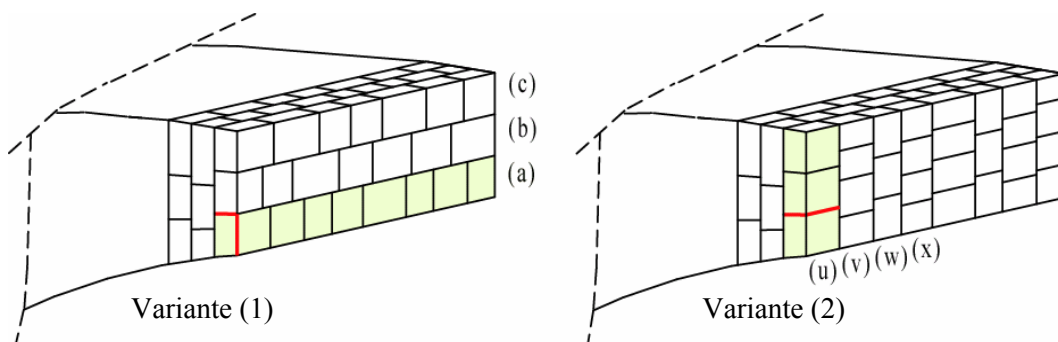


Abb. IV-91: Möglichkeiten des Aufbaus des Verbandes in Bogeninneren

Es „gehen durch“:

- (1) die eher „horizontal“ liegenden, in der Ansicht der Stirnseiten zu sehenden Stoßfugenebenen, d. h. alle in Brückenquerrichtung hintereinander liegenden Steine der Reihen (a), (b) und (c) hätten die gleiche Breite und Höhe (Abb. IV-91, Variante 1).
Bauablauf: Die Reihen (a), (b), (c) werden nacheinander gemauert;
- (2) die in der Unteransicht sichtbaren Stoßfugenebenen, die eher „vertikal“ liegen, d. h. alle in Richtung der Bogenhöhe übereinander liegenden Steine der Reihen (u), (v), (w) usw. hätten die gleiche Breite und Länge (Abb. IV-91, Variante 2).
Bauablauf: Die Reihen (u), (v), (w) usw. werden nacheinander gemauert.

Die Variante (1) fand – glaubt man dem Nürnberger Kupferstecher von Johann Adam Delsenbach (* 1687, † 1765) – beim Bau der Karlsbrücke 1728 Anwendung (Abb. IV-92).

In der Zeichnung zum Petzold-Pokal von Maximilian Keyl zum Fleischbrückenbau ist die Variante (2) dargestellt (Abb. IV-93).



Abb. IV-92: Baustelle der Karlsbrücke in Nürnberg 1728. Ausschnitt aus Abb. No. 41 in Schramm (1735). Gesamtgröße ca. 32 x 23 cm. Als Einzelblatt in GNM: SP 13305



Abb. IV-93: Errichtung des Bogens der Fleischbrücke 1598, Ausschnitt aus der Zeichnung zum Petzold-Pokal, undatiert. Im Nachlass W. v. Stromer (vgl. Bd. 3, Grafik 20)

Ob die Variante (1) zutrifft, könnte aus den Höhenlagen der Stoßfugen gleicher Reihen aus der Ost- und Westansicht erhärtet werden. Ein Vergleich der Steinhöhen beider Stirnseiten zeigt jedoch keine vollständige Übereinstimmung. Dies widerspricht der Behauptung, die Steinhöhen würden durchgehen.

Dieser Widerspruch ließe sich aber entkräften:

- Die ursprünglichen Steinhöhen in der Westansicht können beim Ersatz von Steinen durch vorgesetzte Sandsteine verändert worden sein.
- Da die gesamte Ostseite mit künstlicher Steinersatzmasse überzogen ist, lässt sich eher vermuten, dass die Stoßfugen unabhängig von den tatsächlichen Stoßfugen gezogen wurden. Es fällt nämlich auf, dass die Stoßfugenverteilung in dieser Ansicht in allen Steinreihen sehr systematisch und vor allem symmetrisch zur Mittelachse ist. Diese Symmetrie im Fugenschnitt scheint eher dem Vorgehen der Baumeister zu widersprechen, die sich bei der Gestaltung von der symmetrischen Optik des Steinschnittes zugunsten eines schnelleren Baufortschritts sicher gelöst hatten. Deshalb scheint die Stirnseite Unterstrom eher dem ursprünglichen Steinschnitt nahe zu kommen als die Stirnseite Oberstrom.

Für den Bauablauf hätte die Variante (2) Vorteile:

- Gerät zum Versetzen der Steine müsste seltener umgesetzt werden.
- Beim Versetzen hätte man nur wenige Steine in Folge benötigt, die in zwei Kantenlängen identisch sind.

- Bei den sehr langen Steinen bestand die Möglichkeit, die Höhen zu reduzieren, so dass sich nicht so hohe Gewichte eingestellt hätten wie bei Möglichkeit (1), wo sich für die am Intrados liegenden Steine zwischen 1,59 m und 1,955 m Länge Gewichte von 1-2 Tonnen eingestellt hätten.
- Bei einer Haupttragrichtung in Richtung des Bogens ist diese Verzahnung aus statischer Sicht sinnvoller.

Letztlich erscheint es plausibel, dass bei der Fleischbrücke die Variante (2) auch ausgeführt wurde, der Beweis dafür steht aus.

Rückschlüsse auf den Bauablauf

Die Fleischbrücke wurde in nur kurzer Zeit geplant und der Bogen selbst sogar in der Rekordzeit von nur knapp 9 Wochen im Sommer 1598 gemauert. Auch um dies bewerkstelligen zu können, verzichtete man auf einen symmetrischen Steinschnitt.

Die unterschiedlichen, nicht zur Brückenmitte symmetrischen Breiten der Reihen weisen darauf hin, dass die Steinformate nicht im Vorfeld festgelegt wurden, sondern sich vor Ort je nach zur Verfügung stehendem Steinmaterial ergaben, das vom Steinbruch geliefert war. Es konnten damit vom Steinbruch kommende Steine nach gleicher Breite (Schichtdicke) vorsortiert werden, weiter unterteilt nach gleicher Länge und dann auf Keilform gebracht werden.

Die durchgehenden Lagerfugen in Querrichtung zeigen, dass reihenweise fortschreitend zum Bogeninnern gemauert wurde. An den Bogenrändern wurde auf gute Verzahnung in Richtung der Bogenhöhe und in Brückenquerrichtung geachtet. Ob in jeder der in der Untersicht sichtbaren Reihen von beiden Stirnseiten zu mauern begonnen wurde, oder nur von einer Stirnseite aus, ist nicht geklärt.

Die Längen der Steine in Brückenquerrichtung verbaute man willkürlich, so wie sie gerade zur Verfügung standen. Das ist dadurch belegt, dass kein regelmäßiger Versatz der Stoßfugen in der Untersicht zu erkennen ist. Da es konstruktiv nicht notwendig erschien, hätte auch dies nur weitere Planung erfordert und u. U. den Baufortschritt verzögert.

Die nicht auf eine einheitliche Breite gebrachten Steinreihen und die beliebige Wahl der Steinelängen in Brückenquerrichtung können somit als Maßnahme für eine vereinfachte Logistik gesehen werden. Dies beschleunigte den Bauablauf. Gestalterische Maßnahmen wurden stark den konstruktiven, technischen Erfordernissen unterworfen. Auf die Passgenauigkeit der Fugen der Untersicht und das Einhalten des Versatzes derjenigen Stoßfugen, bei denen es aus konstruktiven Gründen wichtig erschien (an der Bogenrändern in Querrichtung und in den Stirnseiten) wurde dennoch geachtet.

IV. 2.4.4 Eiserne Querstangen

Die Rosetten, die offensichtlich die aus statischen Gründen zur Stabilisierung für notwendig erachteten eisernen Querstangen kaschieren (Abb. IV-94), liegen jeweils auf den gleichen Lagerfugen an der Ost- und Westseite des Bogens, radial gemessen ca. 85 cm vom Intrados entfernt. Die Anordnung dieser Eisenstangen wird durch diese Rosetten deutlich.⁴⁸⁹

⁴⁸⁹ Zu historischen Informationen über die eisernen Stangen bei der Fleischbrücke siehe in Kap. IV. 1.3.3, „Bauablauf“ S. 115. Zur Verwendung von eisernen Querstangen bei Brückensanierungen in Nürnberg siehe S. 58.



Abb. IV-94: Verrostete Schlauder Oberstrom, 2. von links in Fließrichtung bei Sanierungsarbeiten der Embleme. In Tiefbauamt Nürnberg

Rechnet man die Dicke einer Stange von 14 Zentnern⁴⁹⁰ und einer Länge von $l_{\text{Stange}} = 15,3 \text{ m}$ (Brückenbreite) aus, bestätigt ein Durchmesser der Stange zu $d_{\text{Stange}} = 9 \text{ cm}$, also etwa Armdicke, dass die Stangen quer durch den gesamten Brückenkörper hindurch gehen:

$$m_{\text{Stange}} = 0,5095 \cdot 100 \cdot 14 = 713,3 \text{ kg}$$

$$A = \frac{m_{\text{Stange}}}{\rho_{\text{Eisen}} \cdot l_{\text{Stange}}} = \frac{713,3}{7850 \cdot 15,3} = 0,00594 \text{ m}^2$$

$$d_{\text{Stange}} = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = 0,087 \text{ m.}$$

IV. 2.4.5 Steinmetzzeichen

Steinmetzmeister oder –gesellen meißelten diese Zeichen bei kirchlichen, privaten, aber auch bei öffentlichen Bauten auf natürliche, werkmäßig bearbeitete Steine vor dem Versetzen ein. Ihrem Ursprung nach waren sie Marken zur Bezeichnung des Urhebers und dienten zuerst zur Vereinfachung der Lohnabrechnung, wandelten sich zur Wertmarke und mit dem systematischen Ausbau des Hüttenwesens und dem Inkrafttreten allgemeiner Hüttenordnungen zum Ehrenzeichen, das der hüttenpezifischen Mutterfigur („Schlüssel“) entnommen war und einmal verliehen nur in der jeweiligen Form geführt werden durfte: „*Es soll auch keiner sein Ehrenzeichen, das ihm von einem Handwerk verliehen und vergönnt worden ist, für sich selbst und eigens Gewalt nicht ändern*“⁴⁹¹.

Die frühesten Steinmetzzeichen treten um die Mitte des 12. Jh. auf. Die ältesten Zeichen erweisen sich als die größten mit Höhen bis zu 25 cm, dann nimmt die Größe wieder ab, bis sie Ende des 14. Jh. ihr Minimum erreicht mit Größen von teilweise nur 1 ½ cm Höhe. Die Steinmetzzeichen der aus dem 15. Jh. stammenden Buckelquader von der Nürnberger Stadtmauer sind 12-18 cm hoch.⁴⁹² Steinmetzzeichen sind für ein Bauwerk eine Art steinerner, urkundlicher Beleg und deshalb ist es sinnvoll, dieses Material zu sichern, ehe die Zerstörung der Steinoberfläche weiter fortschreitet und die Steinmetzzeichen vernichtet.⁴⁹³

Bei der Fleischbrücke finden sich Steinmetzzeichen – die Unterschrift der Steinmetze – nur noch in der Untersicht, alle anderen Flächen sind inzwischen zu stark abgewittert, ausgetauscht oder mit künstlichem Steinersatz überzogen. Auch die aufgefundenen Zeichen sind zum Teil stark verwittert, teilweise mit schwarzen Krusten überdeckt und zum Teil nur erkennbar, wenn man sich unmittelbar unter dem Stein befindet (Abb. IV-96). Die Steinmetzzeichen der Fleisch-

⁴⁹⁰ 1 Zentner = 100 Pfund, 1 Nürnberger Pfund = 509,5 g. Angabe von 14 Zentnern und armdick in Lüderscher Chronik, fol. 312 verso (siehe Bd. 3 – Materialsammlung, S. 32)

⁴⁹¹ Friedrich [1932] (1988), S. 17. Erste schriftliche Erwähnung von Steinmetzzeichen im Brüderbuch 1563. – Siehe Stolz (1993), S. 7/8, Steinmetzzeichen nach Straßburger Schlüssel und aus Nürnberg auf Abb. 5, 6, S. 8.

⁴⁹² Siehe Friedrich [1932] (1988), S. 13-14. Zu den ältesten Zeichen gehören u. a. die am Westquerschiff des Domes von Mainz, am Westteil von St. Jakob in Regensburg, an den oberen Geschossen des Südturmes von Murbach und an den Ostteilen des Straßburger Münsters.

⁴⁹³ Das gilt noch stärker für Sakralbauten, deren Bau sich oft über Jahrhunderte erstreckte. Da ermöglichen es Steinmetzzeichen, einzelne Bauabschnitte schärfer voneinander zu trennen sowie Aufschlüsse über zusammengehörige Teile, Baustockungen etc. zu erhalten.

brücke waren etwa in der Steinmitte lokalisiert. Mit Höhen zwischen 4-13 cm gehören sie zu den Steinmetzzeichen mittlerer Größe. Vor Ort durchgepaust, sind sie in Abb. IV-95 maßstabsgerecht dargestellt. Wenn man bei den wenigen Zeichen überhaupt von einer Orientierung sprechen kann, waren sie in der Längsrichtung der Brücke orientiert.

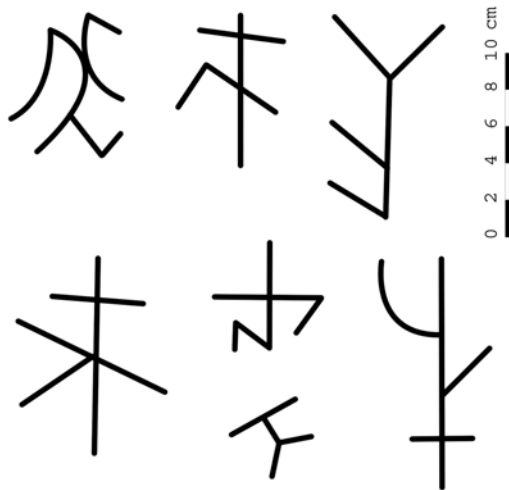


Abb. IV-95: maßstabsgerechte Steinmetzzeichen aus der Untersicht der Fleischbrücke, verzeichnet April 2002, C. Kaiser



Abb. IV-96: Steinmetzzeichen. April 2002. Foto: C. Kaiser

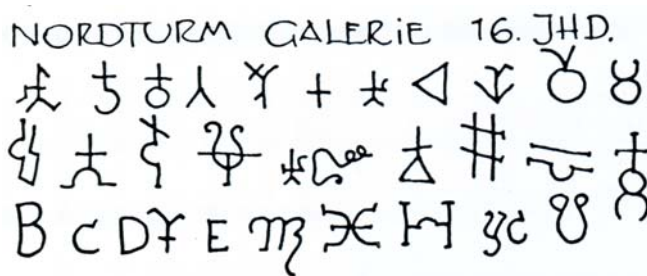


Abb. IV-97: Steinmetzzeichen in St. Lorenz, Nürnberg. In Stolz (1998), S. 14

In St. Lorenz in Nürnberg finden sich Steinmetzzeichen in großem Umfang aus verschiedenen Zeiten bis ins 20. Jh. Doch erlauben die Steinmetzzeichen aus dem 16. Jh. (Abb. IV-97) keinen Rückschluss auf eine Mitarbeit von Steinmetzen an St. Lorenz beim Fleischbrückenbau. Es ließen sich auch keine weiteren Steinmetzzeichen der Fleischbrücke in der Literatur finden. Die Steinmetzzeichen von Jakob Wolff d. Ä. und seinem Sohn sind unbekannt.⁴⁹⁴

⁴⁹⁴ Meisterzeichen von Wolff finden sich nicht in einem Manuskriptentwurf von 1940 über Nürnberger Steinmetzzeichen von O. F. Günzler: „Zirkels Kunst und Gerechtigkeit – in Nürnberg in aller Zeit“ vermutlich des Architekten Friedrich Otto Günzler (* 1905, 1945 in Russland verschollen), in StadtAN: F5 Nr. 279 – Von Dr. phil. Friedrich August Nagel, Architekt in Nürnberg, gelangte 1949 sein Manuskriptentwurf aus dem Hauptamt für Hochbauwesen in das StadtAN, in dem er Nürnberger Steinmetzzeichen nach Lokalisationen sortiert angibt (S. 64-100). Es sind überwiegend Steinmetzzeichen an Häusern, Kirchen und Stadtmauern. Nagel zeigt auf S. 89 ein Steinmetzzeichen an der Fleischbrücke, dem er die Jahreszahl 1578 zuordnet. Dieses Zeichen konnte von der Verfasserin nicht ausgemacht werden. In StadtAN: C20/II Nr. 1949/67/68.

IV. 2.4.6 Oberflächenbehandlung und Steinschnitt als Gestaltungselement

In der Renaissance entwickelten sich vielfältige Formen neuer Bearbeitungstechniken. „*Rustikaquader wurden mit breiten Randschlägen, Fälzen oder Fasen versehen, wodurch die plastische Wirkung gesteigert wurde. Die Oberflächen der Steine wurden vielfach prismatisch zugearbeitet (facettiert), mit eingesetzten Flächen versehen (kassetiert) oder durch den Wechsel der Bearbeitungstechniken sonstwie plastisch gestaltet.*“⁴⁹⁵ Von diesen Gestaltungselementen übernehmen die Baumeister der Fleischbrücke nichts. Die Quader sind ohne weitere Bearbeitungen, die die plastische Wirkung betonen könnten.

Die Art der ursprünglichen Oberflächenbehandlung lässt sich wegen der 400 Jahre währenden Abwitterung nicht mehr erkennen. Es lässt sich vermuten, dass das Ebnen der Sichtflächen mit der Fläche ausgeführt wurde. Das ist ein mit beiden Händen geführtes Hiebwerkzeug, dem Zweispitz ähnlich, mit beilartigen glatten oder gezahnten Schneiden.

In Nürnberg blieb die zweischneidige Fläche, die schwerer als die Spitzfläche war und besonders geeignet zum Ebnen der Oberfläche bei hartem, quarzitreichen Sandstein, vom Mittelalter bis in die Renaissance hinein das favorisierte Steinmetzwerkzeug, insbesondere bei St. Lorenz und St. Sebald.⁴⁹⁶

Der Bogen erscheint als Ganzes zwar in seiner Begrenzungslinie, mit der als mittig empfundenen Kanzel und dem Gesims als weiteres Gliederungselement in der Ansicht optisch symmetrisch. Aber die Symmetrie wurde nicht als Gestaltungselement auf den Steinschnitt übertragen, sicher dem praktikableren Bauablauf als einem bewussten Gestaltungswillen geschuldet. Die wechselnden Steinbreiten des Bogens sind nicht symmetrisch zum Brückenscheitel. Wegen dieser zufälligen Breite der Steinreihen liegen auch die Rosetten, die in den Lagerfugen zwischen zwei Keilsteinreihen die eingelegten eisernen Stangen kaschieren, nicht symmetrisch. Auch die Abstände der Rosetten untereinander sind annähernd gleich, aber nicht streng symmetrisch.⁴⁹⁷

⁴⁹⁵ Pechwitz (1942), S. 40

⁴⁹⁶ Siehe Friedrich [1932] (1988), S.50-51

⁴⁹⁷ Zwischen den Rosetten liegen jeweils 13 Steinreihen. Zwischen denen auf der Norseite ist die Länge der Sehne 4,8 m und zwischen denen der Südseite 5,05 m.

IV. 2.5 Schadensbild

IV. 2.5.1 Originalsubstanz und Austausch

In der Originalsubstanz liegen im Wesentlichen die ursprüngliche Tragstruktur des Bogens, der Widerlager und der Pfahlgründung vor. Das südliche Widerlager wurde in den 1950er Jahren des letzten Jahrhunderts um ca. 1 m verkürzt. Die Spundwände im Bereich der Pegnitz wurden ebenfalls im letzten Jahrhundert erneuert. An der Pfahlgründung fand noch keine Maßnahme statt.

In der Brückenuntersicht sind allerdings stellenweise Sanierungseingriffe sichtbar. Auf Grund des verwendeten Materials zeigen die Reparaturstellen, dass es sich um Sanierungen aus verschiedenen Zeiten handelt.

Fehlende, ersetzte oder rekonstruierte Teile betreffen das Erscheinungsbild der Fleischbrücke:

- die Steinernen Wappen an den Kanzeln, an der Ostseite fehlen sechs der sieben Wappen,
- die Embleme mit den ehemals figürlichen Darstellungen,
- der Steinerner Ochse,
- das historische Kopfsteinpflaster,
- die Stirnseite Oberstrom durch Aufbringen von Steinersatzmasse,
- manche Steine der Oberstromfassade und der Brüstung,
- die Voluten an den Brückendenen.

Die nicht mehr in Originalsubstanz vorliegenden Teile der Brücke sind im Kapitel Nutzungsgeschichte näher beschrieben.

IV. 2.5.2 Abwitterung, schwarze Krusten, Salzausblühungen

Die Abwitterung der Natursteine in der Untersicht ist zum Teil erheblich. Löcher bis 20 cm Tiefe treten auf. Etliche der Natursteine zeigen wellenförmige Abwitterungen. Stellenweise ist der Sandstein bereits zum Zustand „Steinsand“ übergegangen. Es zeigen sich weiße Ablagerungen als Zeichen von Salzausblühungen. Ein Großteil der Brückenuntersicht ist auch mit schwarzen Krusten überzogen, die durch den sich dahinter bildenden Stauwasserhorizont zu weiterem Steinzerfall beitragen.

Neben Abwitterungsvorgängen treten an den Stirnseiten in erster Linie Probleme an der Oberstromfassade auf, die 1971 nahezu komplett mit der künstlichen Steinersatzmasse Mineros überzogen wurde: Salzausblühungen, ausgelaugte Stellen und Abplatzungen. Erste Schäden – bereits zwei Jahre nach der durchgeführten Maßnahme aktenkundig – weisen diese Maßnahme als eine eher schädliche Sanierungsmaßnahme aus. Auch wenn diese nicht die Tragfähigkeit der Brücke berührt, ist sie aus denkmalpflegerischer Sicht als ungeeignet zu beurteilen. Die verstärkten Salzausblühungen und der sich bildende Stauwasserhorizont lassen den Sandstein hinter der künstlichen Steinmasse verwittern (Abb. IV-98). Bei Klopfen zeigen sich hohl liegende Flächen, die sich leicht lösen. Damit ist ein fortschreitender Verlust an Originalsubstanz verbunden und eine Sanierung sollte – auch wenn hiervon nicht die Tragfähigkeit berührt wird – deshalb nicht nur aus optischen Gründen dringend angestrebt werden. Sinnvoller Weise wäre der Moosbefall mit zu entfernen (Abb. IV-99).



Abb. IV-98: Ansicht Oberstromseite mit starken Versalzungen. Juli 2001. Foto C. Kaiser



Abb. IV-99: Moosbewuchs an den Gesimsen. 8.6.2003. Foto C. Kaiser

IV. 2.5.3 Plomben und Anker

In weiten Bereichen ist die Fleischbrücke von unten mit Betonplomben und Ziegelmauerwerk ausgebessert. Beim Ziegelmauerwerk sind deutlich anhand der unterschiedlichen Steine und Oberflächen zwei verschiedene Zeiträume der Reparatur zu erkennen: Mauerplomben jüngeren Datums, vielleicht aus den 1950er Jahren, mit noch heller Oberfläche und Mauerplomben älteren Datums, vielleicht aus dem 18. Jh., ganz vergraut und in anderem Steinformat. Möglicherweise stehen sie in Bezug zu den Schäden, die im 18. Jh. wiederholt Anlass zu Sperrungen gaben (siehe Kap. IV. 1.5.3 „Befahrverbote im 18. Jahrhundert“, S. 127). Ein Beispiel für die vielleicht älteste Sanierungsstelle war eine ca. 3 cm breite Fuge ohne Mörtel, die mit Steinbrocken und Holzstückchen ausgekilt war. Jüngeren Datums sind die Reparaturen mit Beton, Zementmörtel und Steinersatzmasse. Alle diese Reparaturen lassen sich wegen fehlender Unterlagen beim Tiefbauamt nicht genau datieren.

Die Steinersatzmasse und auch der Zementmörtel, beides bereichsweise in 1-3 cm dicken Schichten über das Natursteinmauerwerk aufgebracht, sind als Sanierungsmaßnahme nicht sinnvoll. Sie bringen keinen Tragfähigkeitsgewinn. Besonders beim Zementmörtel entsteht durch die höhere Festigkeit und die geringe Wasserdurchlässigkeit ein Stauwasserhorizont hinter diesem Material, das den Sandstein nur noch schneller verwittern lässt. Insofern ist auch diese Lösung eine schädliche Maßnahme. Teilweise lösen sich bei Berührung ganze Placken aus dem Sandstein.

Genauso wenig Sinn macht die Ausbesserung der Fugen in der Unteransicht mit Zementmörtel. Diese nachträglichen ca. 5 cm breiten Fugen liegen wie aufgesetzt über dem Sandstein der Fleischbrücke. Das sogenannte „*Krampfadermauerwerk*“⁴⁹⁸, ist aus den eben erwähnten Gründen nicht nur sinnlos, sondern vielmehr schädlich.

Im Bereich der Kanzeln befinden sich alte Eisenanker als Rückverankerung ins Bogeninnere, mit Unterlegscheiben versehen und einem Durchmesser von 50 mm. Ob es sich dabei bereits

⁴⁹⁸ Piper (1983), S. 14

um eine Sanierungsmaßnahme handelt, oder ob diese Anker planmäßig vorgesehen waren, bleibt offen.

Besonders an der Unterstromstirnseite sind am Intrados etliche Bogensteine durch Natursteinerersatz mittels Vierungen ausgetauscht, allerdings wurde der Fugenschnitt nicht eingehalten, so dass das Raster in der Untersicht verspringt. Teilweise setzte man zur Steinsicherung eine über mehrere Steine reichende geschmiedete Eisenklammer (am Itrados der Unterstromseite, Richtung Hauptmarkt), die inzwischen stark korrodiert, sich in mehrere Schichten aufblättert und bei dem umgebenden Stein zu Rostsprengung führt (Abb. IV-100).



Abb. IV-100: Untersicht Westseite, Unterstrom, unterschiedlichste Plomben aus Mauerwerk und Beton, Eisenanker.
Foto C. Kaiser, 25.4.2002 (vgl. Bd. 3, Foto 58)

IV. 2.5.4 Wasseraustritt

Im Bereich der Kämpfer ca. 50 cm über dem Normalwasserspiegel befindet sich der Sickerhorizont des durch die Fundamente transportierten Wassers. Dieser Sickerhorizont verläuft über der gesamten Brückenbreite etwa auf gleicher Höhe am Nord- und am Südufer. Dieser Wasseraustritt in den Kämpferbereichen und die dortige Entfestigung des Steinmaterials ist bereits im „1. Bericht“ der LGA beschrieben. An diesem Sickerhorizont, der sich deutlich am moosigen Bewuchs widerspiegelt (Abb. IV-101), zeigten sich seit dem Winter 1996 verstärkt Eiszapfen.



Abb. IV-101: Spuren des Wasseraustritts am nördlichen Kämpfer.
25.4.2002. Fotos Kaiser

Ein Öffnen der mit Zementmörtel überdeckten Fugen bei den Kämpfern zeigte drückendes Wasser. Der Mörtel floss flüssig aus den Fugen.

Die LGA stieß bei ihren Vorbereitungen zu den Bohrungen und Schürfen auf eine alte undichte Wasserleitung, die über den Bogen geführt war. Sie wurde natürlich entfernt, aber dies stellt nicht die einzige Ursache für die Durchfeuchtung dar. Zum einen ist klar, dass eine Abdichtung der Brückenseite notwendig ist, zum anderen vermutet man auch, dass Wasser vom Hauptmarkt durch die Fundamente sickert. Die im Juli 2002

hinter beiden Widerlagern eingebauten Pegel sollen die Wasserstandshöhen im Bereich der Fundamente erfassen, so dass man ihn zu dem der Pegnitz in Verbindung setzen kann. Davon verspricht sich das Tiefbauamt Aufschluss über die Herkunft des drückenden Wassers.

Dichtungsmaßnahmen aus der Bauzeit der Fleischbrücke waren bei den Kernbohrungen und in den Schürfen auf der Bogenoberseite nicht mehr erkennbar.

IV. 2.5.5 Risse, ausgewaschene Fugen, lokale Probleme an der westlichen Kanzel

Neben den Bereichen in Kämpfernähe, wo Wasser austritt, finden sich verteilt über die gesamte Brückenunterseite vereinzelt entfestigte Fugen, wo der Fugenmörtel fehlt. Nebeneinander liegende Steine haben keinen Kontakt mehr miteinander, an einigen Stellen über die gesamte Kontaktbreite der Steine. Die Entfestigung ist häufig 25 bis 30 cm tief, und an diesen Stellen erweist sich der alte Kalkmörtel als so weich, dass er wie Sand ausrieselt. Einige Fugen über die ganze Steinbreite waren zwischen 74 cm bis 110 cm tief.

Diese entfestigten Fugen folgten keinem Muster, sie waren ebenso in den Lagerfugen wie in den Stoßfugen in der Unteransicht zu finden. Bewegungen der Brücke verstärken die Entfestigung der Fugen. Durchbiegungen in vertikaler Richtung öffnen die Lagerfugen, unterschiedliche Durchbiegungen in Querrichtung lassen die Stoßfugen arbeiten.

Die Risse dagegen, die vereinzelt durch einen ganzen Stein gehen, sind weitestgehend in Längsrichtung orientiert. Das weist auf Rissbildung aus behinderter Querdehnung hin.

Als besonders gestörter Bereich zeigte sich der Bereich der westlichen Kanzel. Wegen der schon alten Mauerwerksauswicklungen lässt das bereits auf alte Schadensphänomene schließen. Akut gefährdet zeigt dieser Bereich lokale Probleme in Form von starken Längsrissen – teils im Stein, teils entlang der Fugen. Teilweise lösen sich Sandsteinbrocken leicht aus dem Gefüge (Abb. IV-102). Ein langer Riss ließ die konstruktive Verbindung der Kanzel mit dem Brücken-

bogen als gefährdet erscheinen. Ein Abgang der Kanzel bei weiterer Belastung konnte nicht ausgeschlossen werden.⁴⁹⁹

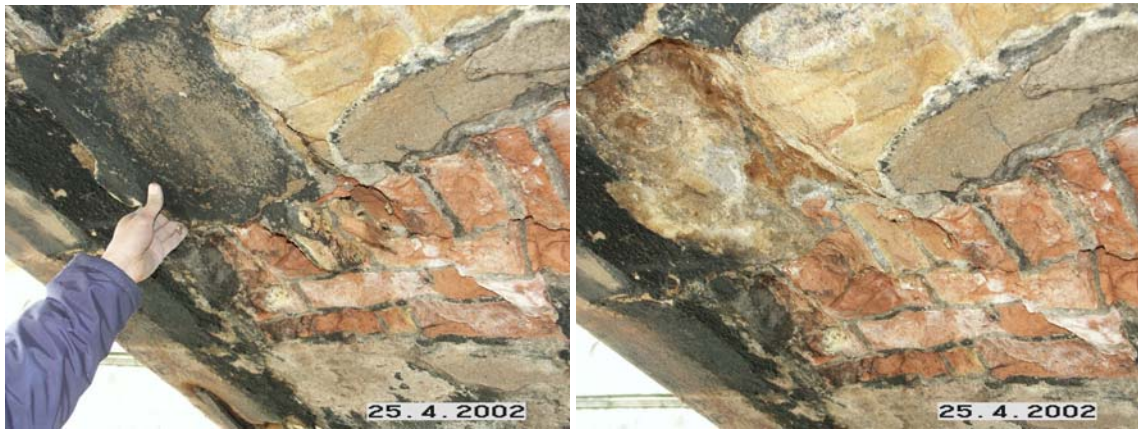


Abb. IV-102: Im Bereich der Kanzeln lösen sich Sandsteinbrocken leicht aus der Fleischbrücke. links: lockerer Sandsteinbrocken im Gefüge, rechts: Sandsteinbrocken heraus gefallen. Erkennbare Mauerwerksplombe weist auf alte Schäden an dieser Stelle hin. 25.4.2002. Foto C. Kaiser

Ob die Probleme an der westlichen Kanzel durch unzureichende Einbindung und Verankerung bei der Erbauung zurückzuführen sind, wird man erst beurteilen können, wenn man bei der Sanierung Einblick in die Verbindung von der Kanzel zum eigentlichen Brückenbogen hat. Generell kann man die Probleme, die sich in der Untersicht der Brücke zeigen, nicht zwangsläufig falschen Baumaßnahmen der Erbauer zuschreiben. Die Hochwasser der Pegnitz reichten vor 1900 vielfach bis zum Scheitel und durchfeuchteten den Bogen und konnten zum Entfestigen der Fugen beitragen.

IV. 2.5.6 Die Tragfähigkeit betreffende Schäden

Schäden waren beim Tiefbauamt Nürnberg schon lange aktenkundig, ehe sich der Zustand in den letzten Jahren drastisch verschlechterte.⁵⁰⁰

- Sickerwasserhorizont in Brückenquerrichtung mit Wasseraustritt knapp oberhalb der Kämpfer, Erosionen und Gefügeentfestigungen besonders in den massiv durchfeuchteten Bereichen,
- lokale Probleme mit Längsrissen entlang der Fugen insbesondere im Bereich der westlichen Kanzel, was zu einer Sperrung der Brücke für Kraftfahrzeuge ab Okt. 2002 bis zur erfolgten Sanierung führte,
- Reparaturstellen in der Brückenuntersicht mit unterschiedlich alten Ziegeln und Betonblomben weisen aufgrund der unterschiedlichen Materialien auf Sanierungen aus

⁴⁹⁹ In dem Brief vom 23.7.2002 fordert das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege deshalb zur Gewährleistung der Standsicherheit der Brücke unverzüglich die Umsetzung einer von der LGA empfohlenen Sperrung der Brücke für den Straßenverkehr. Die Sperrung für Kraftfahrzeugverkehr durch das Tiefbauamt erfolgt am 4.10.2002.

⁵⁰⁰ Im Brückenbuch BW 1.020 des Tiefbauamtes Nürnberg sind bei den Brückenhauptprüfungen nach DIN 1076 schon am 6.4.1981, 20.4.1984 und 30.4.1987 nasse Stellen in der Nähe der Kämpfer beschrieben. Es wird auf eine verwitterte Längsfuge im Scheitelbereich hingewiesen. Man hielt aber damals die Verkehrs- und Standfestigkeit für gewährleistet. Erst Ende der 1990er Jahre rückt die Problematik der Sanierung in den Blick der Öffentlichkeit: „Teure Schönheitskur für die Grande Dame?“ (Nürnberger Nachrichten, 11. 12 1998).

verschiedenen Zeiträumen hin, ohne dass sich klären lässt, wie tief in den Brückenkörper die Reparatur erfolgte,

- vereinzelte Längsrisse in Steinen der Untersicht, die aber die Tragfähigkeit nicht wesentlich beeinflussen.

Die Schäden machen eine konstruktive Instandsetzung der Fleischbrücke unumgänglich, zum weiteren geplanten Vorgehen bezüglich der Sanierungsmaßnahme siehe in Kap. V. 4 „Qualität der Sanierungen“, S. 251. Wesentlich ist aber, dass sich in der Brückenuntersicht keine Risse in Brückenquerrichtung bei den Viertelpunkten oder im Scheitel zeigten, die auf Zugspannungen in diesen Bereichen hinweisen oder auf Gelenkbildung. Somit gibt es keine Risse, die auf eine Überlastung der Brücke als Ganzes hinweisen.

IV. 2.5.7 Planungen des Tiefbauamtes zur Konstruktiven Instandsetzung

In erster Linie erfordern die Probleme mit der Durchfeuchtung eine grundlegende Sanierung mit dem Ziel der dauerhaften Abdichtung mit nachfolgender Trockenlegung und Stabilisierung des Mauerwerks der Brücke, d. h. die Abdichtung des Brückenbogens einschließlich der Widerlager. Die Abdichtungsmaßnahmen gegen vertikal und horizontal transportiertes Wasser wurden auch von der Stadt Nürnberg als äußerst dringend eingestuft, weil sie die Standfestigkeit bedrohen. Die entsprechenden Mittel wurden deshalb zur Verfügung gestellt. Als Trägerschicht für die Abdichtung über dem Bogenrücken ist – laut Planungsstand des Tiefbauamtes Nürnberg von 2003 – eine ca. 15 cm starke Betonschicht vorgesehen. Sie darf nicht – einer Forderung des Bayerischen Landesdenkmalamtes geschuldet – mit dem Bogenrücken tragend verbunden werden.

Ferner sollen nach Austrocknung des Mauerwerks Injektionen in der Untersicht zur Verfestigung erfolgen, gegebenenfalls ein Austausch von Mauerwerksplomben, sowie eine Rückverankerung vor allem der westlichen Kanzel. Die Maßnahme im empfindlichen Innenstadtbereich wird in zwei Bauabschnitten erfolgen, dergestalt, dass die Fleischbrücke für Fußgänger während der gesamten Maßnahme passierbar bleibt. Deshalb wird ab Mitte März 2004 zunächst die Fahrbahn freigelegt, später die beiden Fußgängerwege. Bei der Freilegung des nördlichen Widerlagers wird die Denkmalpflege den Bestand archäologisch aufnehmen. Im Bereich des südlichen Widerlagers wird darauf verzichtet, weil wegen der Bauarbeiten im Zuge des Baus des Hochwasserstollens um 1954 nicht mit ungestörten Bogenschichten aus der Bauzeit zu rechnen ist. Der Belag der Fleischbrücke wird nach Forderung der Denkmalpflege dem historischen Kopfsteinpflaster angepasst, es werden keine Bordsteinkanten für Fußgängerwege vorgesehen.

IV. 3 Statisch-konstruktive Analyse

IV. 3.1 State of the art

IV. 3.1.1 State of the art – Berechnung

Vor 400 Jahren – zur Erbauungszeit der Fleischbrücke – standen zur Dimensionierung von Steinbogenbrücken nur Musterbauten und Proportionsregeln eines Alberti und Palladio zur Verfügung. Der Bogen wurde Gegenstand der sich im 17/18. Jh. entwickelnden Gewölbetheorie, die mit unterschiedlichsten Ansätzen versuchte, das Tragverhalten eines Bogens zu erfassen. Die sich entwickelnde Gewölbetheorie ist von Kurrer umfassend beschrieben.⁵⁰¹

Die historischen Gewölbetheorien entwickelten sich weiter mit De la Hire 1695, Bélidor und Couplet 1729, A. F. Frezier 1739 bis hin zu Charles Auguste Coulomb 1776, der die Grenzwerte des Gewölbeschubes mit Hilfe der Extremwertberechnung der Differentialrechnung bestimmte und Jakob Bernoulli 1704, der mit dem Prinzip der virtuellen Arbeit die Form des Stützliniengewölbes fand. Mit der Bruchbildanalyse und Kantungstheorien versuchte man die Stabilität eines Bogens oder die Grenztragfähigkeit zu bestimmen. Franz Josef Ritter von Gerstner (* 1756, † 1832) legte das Fundament für die Stützlinientheorie und formulierte die drei Hauptaufgaben dieser Theorie:

1. für eine gegebene Belastungsfunktion die Stützlinie zu finden,
2. für eine gegebene Gewölbeschwerachse die Belastungsfunktion so zu ermitteln, dass die Gewölbeschwerachse mit der Stützlinie zusammenfällt und
3. die Einrechnung der Stützlinie für eine gegebene Belastungsfunktion und gegebene Gewölbeschwerachse.

Bei der Suche nach der wahren Stützlinie hält mit Navier (* 1785, † 1836) die lineare Elastizitätstheorie in Gestalt des Spannungsnachweises Einzug in die Festigkeitslehre und die Gewölbetheorie.

Zwischen 1864 und 1866 begann die Entwicklung der grafischen Statik mit der Publikation „Die grafische Statik“ von Karl Culmann (* 1821, † 1881). Culmann lehrte an der heutigen ETH Zürich⁵⁰² und stellte sein Verfahren selbst als den Versuch dar, „Ingenieuraufgaben zu lösen, die „mit Hilfe einer neuen Geometrie einer geometrischen Behandlung zugänglich sind.“⁵⁰³ Das Verfahren fand schnelle und umfangreiche Verbreitung und war um 1900 fester Bestandteil der Ingenieurausbildung (Abb. IV-103).

⁵⁰¹ Siehe vor allem Kurrer (1997), S. 87-114 und Kurrer (2002), Kap. 4 „Vom Gewölbe zum Bogen“, S. 118-155 – siehe auch Weber (1999), S. 61-79. Weber widmet sich insbesondere der Bewertung historischer und rezenter Theorien zur rechnerischen Ermittlung von Grenztragfähigkeiten einfeldriger Gewölbebrücken im Rahmen der Entwicklung eines Hybridverfahrens zur approximativen Ermittlung der oberen Schranke der Grenztragfähigkeit einfeldriger Gewölbebrücken.

⁵⁰² Damals Züricher Polytechnikum.

⁵⁰³ Zitiert nach Gerhard, Kurrer, Pichler (2003), S. 997.

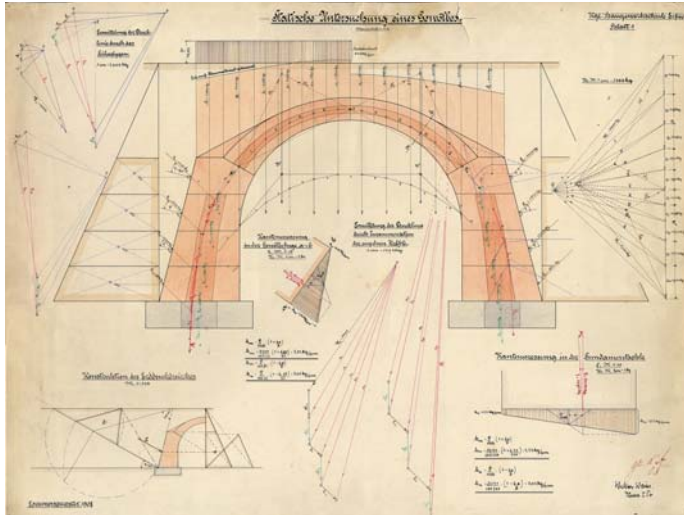


Abb. IV-103: Übungsaufgabe der Königlichen Baugewerkschule Erfurt, 1908. Eigentum: Kahlow

Eine grafostatische Ermittlung der Stützlinie entspricht im Prinzip der Annahme eines statisch bestimmten Dreigelenkbogens als statisches System, weil die Durchstoßungspunkte im Schwerpunkt des jeweiligen Kämpfers und im Schwerpunkt des Scheitels gewählt werden, dort also das Moment zu Null angenommen wird. Die eherne Regel für den Mauerwerksbau unter Anwendung von grafischen Verfahren bei der Beurteilung der Standfestigkeit war, dass die resultierende Bogendruckkraft nicht aus dem Kern (der ersten Kernweite) heraustreten darf.

Bei der Berechnung als dreifach statisch unbestimmter Bogen nach der Elastizitätstheorie kann die Lage der Stützlinie aus der Exzentrizität $e = \frac{M}{N}$ bestimmt werden. 1958 wird formuliert:

*„Für nur druckfestes Mauerwerk ist die Bedingung zu erfüllen, dass nirgends Zugspannungen auftreten. Gelingt es daher, für ein gelenkloses Gewölbe die Durchgangspunkte zu einer bestimmten Belastung so zu wählen, daß die Stützlinie überall innerhalb des Kernes im mittleren Drittel, verläuft, und daß dabei gleichzeitig nirgends die zulässigen Spannungen überschritten werden, so kann man das Gewölbe im Vertrauen auf die Schlauheit des Baustoffs, der dem Naturgesetz des geringsten Widerstandes folgt, als standfest bezeichnen.“*⁵⁰⁴

Die Forderung, dass die resultierende Bogendruckkraft im Kern liegt ($e \leq \pm \frac{h}{6}$), wird oftmals dahingehend modifiziert, dass sie nie aus der zweiten Kernweite heraustreten darf ($e \leq \pm \frac{h}{3}$).⁵⁰⁵

In einem statischen Konzept für die Standsicherheit gemauerter Bogenbrücken, heißt es 1990: *„Gemauerte Gewölbe, die durch Wechsellasten beansprucht werden haben naturgemäß keine eindeutige Stützlinie. Wenn jedoch in Anlehnung an die DIN 1054 (1976) gesetzt wird, daß die exzentrische Druckkraft über eine Teilfläche als mittige Druckkraft abgetragen wird (vgl. §4.2.1b, 4. Abschnitt in DIN 1054), kann als standsicherheitsrelevante Gegebenheit gesetzt werden: erstens muß die Stützlinie grundsätzlich innerhalb des Gewölbequerschnittes verlaufen. Wenn sich dann in Anlehnung an die DIN 1054 dort eine Restfläche definieren lässt, auf welcher sich die Längskraft abträgt, aus welcher Druckspannungen ermittelt werden können, die unter den zulässigen Werten bleiben, ist das Gewölbe standsicher. Dies ist im übrigen eine für Eurocode 5 vorgesehene Behandlungsweise.“*⁵⁰⁶

⁵⁰⁴ Ramm, Wagner (1958), S. 220.

⁵⁰⁵ Vgl. Herrbruck, Groß, Wapenhans (2001), S. 811.

⁵⁰⁶ Lachmann (1990), S. 62.

Im Rahmen des o. g. Konzeptes werden bei Berechnungen nach der linearen Elastizitätstheorie, wobei der Bogen als idealisierter Stabzug berechnet wird, durch die große zugelassene Ausmitte und die Abkehr von der Ermittlung von Randspannungen Tragreserven berücksichtigt, die üblicherweise nicht angesetzt wurden.⁵⁰⁷

Dennoch bleibt die Problematik bei einer linear-elastischen Berechnung bestehen, dass Brückenämter mit den Ergebnissen der Tragwerksanalyse, die im Zuge der Einstufungsberechnung bzw. der geplanten Instandsetzung anzufertigen ist, unzufrieden sind, da nicht selten nur geringe Tragfähigkeiten bescheinigt werden. Dem steht die Erfahrung mit Gewölbebrücken entgegen, die zeigt, dass diese gegen vermeintliche Überlastung relativ unempfindlich sind.

Berechnungen mit der Finite-Element-Methode (FEM), die die Nichtlinearität des Materials erfassen, erzielen teils andere Ergebnisse. Auf solche Weise konnten z. B. die Sandsteingewölbebrücken Max-Walter-Brücke (Hiedenau) nach der Sanierung 1996 ebenso die Mandaubrücke (Zittau) bei nichtlinearer Berechnung in die BK 60/30 nach DIN 1072 eingestuft werden. Nach zunächst linearer Berechnung hätte erstere nur in BK (16/16) eingestuft werden können, wohingegen die zweite sich sogar zunächst als nicht tragfähig erwiesen hätte.⁵⁰⁸

Die heutigen Berechnungsverfahren unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht, in Bezug auf den Aufwand an Zeit, an Kosten für Programme, den Grad und die Art der Idealisierung des Tragwerks, die dem Programm zugrunde liegende Theorie, die Darstellungsmöglichkeiten und die Interpretierbarkeit der Ergebnisse. Vor den Berechnungen sind Entscheidungen bezüglich der Idealisierung zu fällen. Es steht die Wahl des statischen Berechnungsverfahrens bei einem ebenen oder räumlichen Modell an. Es kann die Entscheidung fallen für grafostatische Verfahren oder Berechnungen nach der Elastizitätstheorie, für ein lineares oder nichtlineares Materialgesetz, für ein Kontinuum oder Diskontinuum mit der Abbildung Stein/Fuge. Die Idealisierungen betreffen die Randbedingungen (Lagerung) ebenso wie die Geometrie (man kennt nur das verformte System) und das Ansetzen der Belastung, die sich je nach gewähltem statischen Modell und je nach gültiger DIN unterscheidet.

Insbesondere bei der Anwendung mit FEM-Programmen sind Berechnungen von Flächentragwerken Näherungslösungen. Bei dem Verbundwerkstoff Natursteinmauerwerk sind die Materialparameter schwierig zu ermitteln, so dass die Problematik der „Richtigkeit“ der Ergebnisse sehr kritisch zu hinterfragen ist. Ist die Wahl der Parameter nicht abgesichert, ist auch die Genauigkeit des Ergebnisses in Frage zu stellen: „*The art, of modelling materials we do not wholly understand, into shapes we cannot precisely analyse, so as to withstand forces we cannot properly assess, in such a way that the public at large has no reason to suspect the extent of our ignorance*“.⁵⁰⁹

Oftmals dienen Belastungsversuche im Labor oder auch vor Ort für die notwendige Kalibrierung der Rechnung. Beispielsweise wurde an dem Eisenbahnviadukt über den Bahrebach bei Chemnitz am Bauwerk ein umfangreiches Mess-System installiert, mit dem die Auswirkungen von Temperaturerhöhungen auf die Verformungen bestimmt werden konnten. Die gemessene Scheitelverformung stimmte mit der Scheitelverformung aus der FEM-Berechnung mit dem

⁵⁰⁷ Vgl. Busch (1998), S. 133: „Die Tragfähigkeit und Standsicherheit eines Mauerwerksbogens kann bei rechnerischem Überschreiten der 2. Kernweite durch die Stützlinienlage durchaus noch gegeben sein. Jedoch ist die Dauerhaftigkeit des Bogens schon bei Überschreiten der ersten Kernweite durch die Stützlinienlage gefährdet.“

⁵⁰⁸ Siehe Herrbruck, Groß, Wapenhans (2001), S. 806

⁵⁰⁹ Bill Harvey auf der Arch Bridge Conference, Paris 2001. Nach freundlicher Mitteilung von Bill Harvey stammt das Zitat von Dr. A. R. Dykes, Chairman, Scottish Branch I Struct E 1978.

Programmsystem ANSYS (Temperaturerhöhung des Bauwerks um 10° C) gut überein. Das Modell umfasste 15.826 Elemente. Das Viadukt wird durch ein ebenerdiges Tunnelbauwerk gequert, wobei einige der Viadukt Pfeiler auf dem Tunnelbauwerk – dem begrünten Tisch – aufsetzen. Da sich bei den ersten Tiefgründungen der Pfeiler Setzungen einstellten, die das bis dahin festgesetzte Maß der zulässigen Setzung bereits fast erreichten, konnte man mit Hilfe der Berechnungen das zulässige Maß der Setzungsdifferenzen der Viadukt Pfeiler neu bestimmen.⁵¹⁰

Parallel zur Einschätzung über eine rechnerische Tragfähigkeitsbewertung werden experimentelle Tragsicherheitsanalysen mit Hilfe von Belastungsfahrzeugen vor Ort durchgeführt wie bei der Erfurter Schlachthofbrücke von 1898. Hier ergab die Lastestufungsberechnung ein Herabstufen in die BK 16/16. Die seitens der Stadt angestrebte Brückenklasse 30/30 war wegen unzulässiger Normalspannungen in den Viertelpunkten nicht möglich. Dieses unbefriedigende Ergebnis gab für die Stadt den Anlass, sich für eine experimentelle Tragfähigkeitsuntersuchung zu entscheiden.⁵¹¹

Arbeiten für eine Kalibrierung der FEM-Rechnung mit ANSYS durch entsprechende Laborversuche finden sich an der Universität Hannover. Nicht vor Ort an einem existierenden Tragwerk sondern im Labor wurden Belastungsversuche an einem Schalentragwerk aus Ziegelsteinen durchgeführt. Ziel war es, *„das von Seiten des Bauingenieurwesens zugrunde gelegte Berechnungsmodell anhand durchgeführter Messungen so zu korrigieren, dass schließlich ein kalibriertes Modell mit einer hohen Aussagekraft zur Gebrauchstauglichkeit der untersuchten Konstruktion erzielt werden kann.“*⁵¹² Die Beurteilung der statischen Eigenschaften des untersuchten Schalentragwerkes konnte anhand dieses kalibrierten Berechnungsmodells deutlich verbessert werden.

Auf die Erfassung der Anisotropie von Mauerwerksstrukturen bei elastoplastischem Materialverhalten zielt ein an der Universität Weimar angesiedeltes und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördertes Projekt zur Entwicklung eines elastoplastischen Berechnungsmodells zur dreidimensionalen numerischen Berechnung von Mauerwerksstrukturen. *„Von besonderer Bedeutung sind dabei die anisotrope Formulierung des Verformungs- und Festigkeitsverhaltens, die Berücksichtigung des Riss- und Nachrissverhaltens und die konsistente numerische Umsetzung. Die Formulierung der Festigkeit mit Hilfe einer zusammengesetzten Fließbedingung ermöglicht es, mauerwerksspezifische Versagensmechanismen zu erfassen. Durch geeignete Parameterwahl soll die Anwendbarkeit des Berechnungsmodells für unterschiedliche Mauerwerksarten erreicht werden. Verschiedene Modellierungsvarianten von Mauerwerk als verschmiertes Ersatzkontinuum oder Diskontinuum werden miteinander verglichen.“*⁵¹³

Dieses Berechnungsmodell eines verschmierten Ersatzkontinuums setzte man zur Tragfähigkeitsberechnung gemauerter Brückenbauwerke – insbesondere der Göltzschtalbrücke – ein (Abb. IV-104).⁵¹⁴

Implementiert wurden unterschiedliche Fließkriterien des verschmierten Kontinuums (z. B. Zugversagen der Steine, vertikales und horizontales Druckversagen des Mauerwerks, Schubver-

⁵¹⁰ Siehe Bodendiek (2001), S. 133-142. Zu messwertgestütztem Nachrechnen von Gewölbebrücken siehe auch Mildner (1997), S. 561-564.

⁵¹¹ Siehe Vockrodt, Schwesinger (2002), S. 357.

⁵¹² <http://www.gih.uni-hannover.de/gihwww/projekte/STBwerk.htm>

⁵¹³ <http://www.uni-weimar.de/Bauing/holz/Forschung/Forschung2.htm>

⁵¹⁴ Siehe Schlegel, Rautenstrauch (2000), S. 426-436 – Schlegel, Rautenstrauch (2001), S. 202-209 – Schlegel et al (2003), S. 15-24.

sagen des Mauerwerks, Zugversagen der Lagerfuge bis hin zu horizontalem Zugversagen des Mauerwerks parallel zur Lagerfuge, Versagen des Verbandes). Zur Beschreibung der Festigkeit des Mauerwerkverbandes benötigt man neun verschiedene Materialparameter.⁵¹⁵

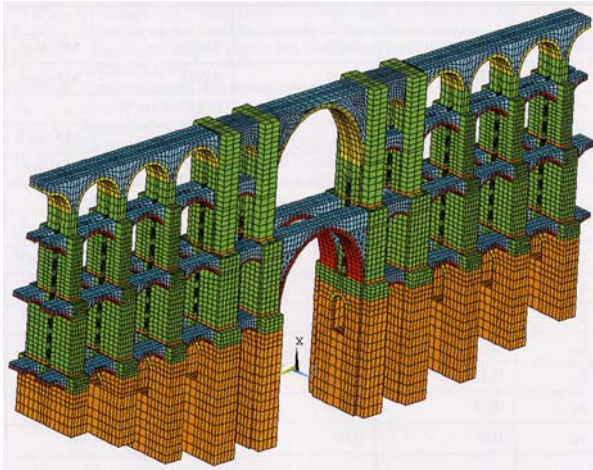


Abb. IV-104: FEM-Modell der Göltzschtalbrücke. In: Schlegel et al (2003), S. 17

Im Falle der Göltzschtalbrücke lagen aus der Erbauungszeit entsprechend viele Messdaten aus Festigkeitsversuchen an dem verwendeten Ziegelmauerwerk vor.

Busch sieht in der sogenannten Computermechanik und den allgemein angewandten Sicherheitstheorien ein starkes Zuverlässigkeitsgefälle in Hinblick auf das eigentliche Ergebnis der Statischen Berechnung, die Aussage zur Bewertung der Tragsicherheit. Deshalb führt er eine probabilistische Analyse und Bewertung der Tragsicherheit historischer Steinbogenbrücken durch:

„Probabilistische Berechnungen gestatten im Gegensatz zur rein deterministischen Vorgehensweise eine differenziertere Bewertung der Sicherheit und Zuverlässigkeit des Natursteinmauerwerks. Es können größere zulässige Spannungen nachgewiesen werden. Die setzt jedoch die Gewährleistung entsprechender Variationskoeffizienten (Streuungen) voraus.“⁵¹⁶

Modellannahmen, welche als Grundlage von FEM und Stabwerksmodellen zur Berechnung von einachsig gespannten Brückengewölben dienen, insbesondere die Annahmen zu eingespannten Bögen, hält Busch für nicht hinreichend zutreffend.⁵¹⁷ Er wählt als statisch bestimmtes System für die Analyse den 'Dreigelenkbogen', an dem umfangreiche Parameteruntersuchungen mit geringem numerischem Rechenaufwand durchführbar sind. Dadurch ergeben sich besondere Möglichkeiten zur Verknüpfung mechanischer Berechnungen mit einer probabilistischen Nachweisführung.⁵¹⁸

IV. 3.1.2 State of the art – Modellversuche

Sich theoretisch mit dem Bruchzustand eines Gewölbes oder Bogens zu beschäftigen, um Aussagen zur Stabilität im Rahmen von Gewölbetheorien zu erlangen, ist eine Möglichkeit. Eine andere ist, sich Bruchzuständen an Modellen zuzuwenden, die dritte wäre, ein reales Bauwerk im Rahmen einer experimentellen Tragsicherheitsuntersuchung vor Ort im Verkehrslastbereich oder gar bis zum Bruch zu belasten, um Aussagen über die Tragfähigkeit zu erlangen.

⁵¹⁵ Siehe Schlegel et al (2003), S. 19. Materialparameter: Druckfestigkeit senkrecht zur Lagerfuge, Druckfestigkeit parallel zur Lagerfuge, Reibungswinkel/Dilatanzwinkel, Haftscherfestigkeit bzw. Kohäsion, Zugfestigkeit senkrecht zur Lagerfuge, Zugfestigkeit parallel zur Lagerfuge, Stoßfugenabstand (Steinlänge), Lagerfugenabstand (Steinhöhe), Überbindemaß.

⁵¹⁶ Busch (1998), S. 8, 134.

⁵¹⁷ Siehe Busch (1998), S. 33.

⁵¹⁸ Siehe Busch (1998), S. 6.

Schulz beschäftigte sich 1808 in seinem Buch „*Versuch einiger Beiträge zur Hydraulischen Architektur*“ hypothetisch mit möglichen Bruchzuständen von Halbkreisgewölben, hielt diese Variationen zeichnerisch fest und sorgte so für eine Visualisierung von Versagensmechanismen (Abb. IV-105).⁵¹⁹

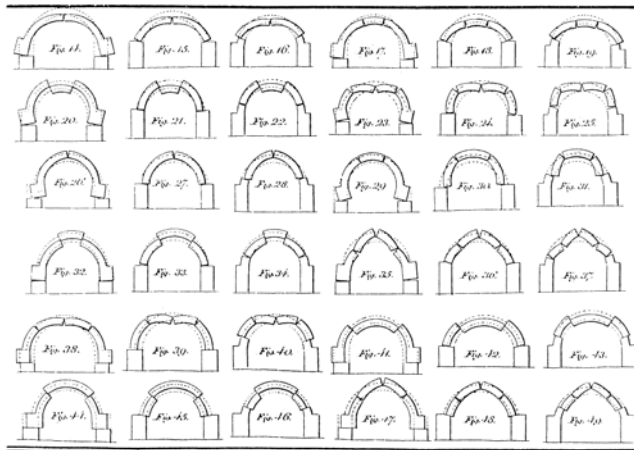


Abb. IV-105: Versagensmöglichkeiten von Halbkreisbögen.
In Schulz (1808)

*Gewölbe, welche alle bei 23 m Spannweite im Lichten, 4,6 m Pfeilhöhe und 2 m Bogenbreite einer einseitigen Belastung unterzogen wurden.*⁵²¹ Die Versuchsobjekte waren ein Bruchstein, Ziegel-, Stampfbeton- und Moniergewölbe sowie ein eiserner Bogen mit Kämpfergelenken. Die Ergebnisse dieser Versuche brachten eine ca. vierfache Tragfähigkeit eines Stampfbetongewölbes durch Eiseneinlagen nach dem System Monier oder Melan bei gleichen Stärken. Monier- und Melangewölbe, gefolgt vom Stampfbetongewölbe, ergaben sich aus den Versuchen als die billigsten.⁵²²

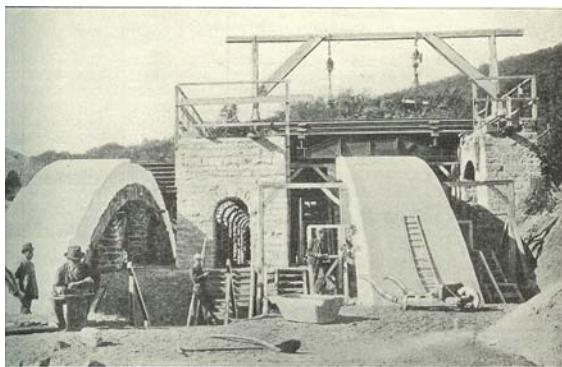


Abb. IV-106: Belastungsgerüst bei den Purkersdorfer Versuchen mit einem Moniergewölbe. In Emperger 1908, Abb. 52, S. 339

Dagegen fanden die ersten Versuche mit Bogenbrücken ein knappes Jahrhundert später statt (Bericht des Gewölbeausschusses, Wien 1895) und sind von dem Ingenieur J. A. Spitzer – Direktor der Firma G. A. Wayss – im Handbuch für Eisenbeton beschrieben (Abb. IV-106).⁵²⁰ Es handelt sich um die Purkersdorfer Versuche, Großversuche an Bögen verschiedener Materialien – nicht aber solcher aus behauenen Naturstein. Nach entsprechenden Vorversuchen wagte man sich an die „großen

Hier beginnt der Feldzug des Eisenbetonbaus gegen die gemauerten Bögen, seien sie aus Ziegeln oder Naturstein. Durch das Aufkommen von billigem Stahl und Beton schwand zu Beginn des 20. Jh. die Beliebtheit von Bogenbrücken aus Naturstein.

Um 1930 begann man sich in England für alte Bögen und ihren Erhalt zu interessieren. Die Armee brauchte für das Überfahren Sicherheit bezüglich der Tragfähigkeit der Brücken. Alfred Pippard und seine Forschungsassistentin, Letitia Chitty, begannen 1936 eine neue Studie mit Modellen. In Kooperation mit

⁵¹⁹ Siehe Schulz (1808).

⁵²⁰ Siehe Emperger (1908), Kapitel 2d „Versuche mit Gewölben“, S. 302-386.

⁵²¹ Emperger (1908), S. 329.

⁵²² Siehe Emperger (1908), S. 246, 353. Die Schlussfolgerungen aus den Gewölbeberichten des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins (Wien 1895) sind auf S. 349-352 wiedergegeben.

Norman Darvey des Bauforschungszentrums nahe Watford führten sie einige voll maßstäbliche Tests durch. Ihre Resultate ergaben die „*Military Engineering Experimental Establishment's Method (MEXE)*“, eine Berechnungsmethode, die bis in die 1980er Jahre in England, modifiziert durch den Verkehrsminister, noch genutzt wurde.⁵²³

1972 deutete Jacques Heyman die bruchmechanischen Ansätze der Gewölbestatik des 18. Jh. traglasttheoretisch und entwickelte daraus ein einfaches baustatisches Verfahren zur Analyse historischer Gewölbe.⁵²⁴

Besonders seit 1993, als Brückenbesitzer in Großbritannien die Befugnis erhielten, Gewichtsbegrenzungen für ihre Brücken festzulegen, gab es Forschungsarbeiten mit dem Ziel bessere Bewertungsmethoden zu finden. Dies war umso wichtiger, da sich Ausmaß und Art des Straßenverkehrs im Verlauf des 20. Jh. erheblich veränderten und die Mauerwerksbogenbrücken landesweit die größte Gruppe von Brücken in England darstellen. Eine Zusammenfassung gibt Melbourne in „*An Overview of Experimental Masonry Arch Bridge Research in Uk*“.⁵²⁵ Schon in den 1980er Jahren testete man an zum Abbruch bestimmten Brücken, aber auch an Labormodellen im Maßstab 1:1 das Versagen, das sich als breites Spektrum zeigte von der Ausbildung der „klassischen“ vierfachen Fließgelenkkette zu dreigelenkigem Durchschlagen und Zerdrücken des Bogens unter der Last.⁵²⁶

Auch zur Trennung des Gewölbes von der Aufmauerung, der Ringtrennung, erfolgten Versuche an Modellen mit zwei oder vier übereinander liegenden Bogenringen. Dazu wurden Brücken mit einer simulierten Ringtrennung durch ein feuchtes Sandbett, das zwischen den Ringen aufgebracht war, und durchgehend mit Kalkmörtel gemauerte Brücken untersucht. Es ergab sich eine Reduktion der Traglast um über 30 %.⁵²⁷ Sehr deutlich wird, wie umfangreich das in England durchgeführte Forschungsprogramm, unterstützt durch das EPSRC (Ministerium für Transport, Eisenbahn), bezüglich Bogenbrücken ist. Es existieren ferner Versuche mit Mehrbogenbrücken und zu schiefwinkligen Ziegelbogenbrücken verschiedener Konstruktionsmethoden wie auch Versuche mit dynamischen Belastungen. Gerade bei der dynamischen Belastung birgt eine längsgerichtete Fuge die Gefahr der Ringtrennung. Der Anteil solcher Fugen ist ein Schlüsselparameter für die Anfälligkeit (bezüglich des Versagens) von Mehrfach-Ring-Bögen.⁵²⁸

Doch obwohl Laborversuche in großen Maßstäben hochwertige Daten für die Absicherung von Computermodellen liefern und einige Einsicht in fundamentales Verhalten geben, leiden sie doch unter den Auswirkungen des veränderten Maßstabs. Besonders für das Verhalten von Mauerwerksbogenbrücken ist die Schwerkraft wesentlich im Sinne von hohem Eigengewichtsanteil ohne die Fähigkeit, Zugspannung aufzunehmen. Die Skalierungseffekte der Schwerkraft (Eigengewicht) sind am dominantesten. Zentrifugenversuche ermöglichten, den Einfluss der Schwerkraft zu erfassen. Diese Technik wurde bereits erfolgreich auf Mauerwerksbogenbrücken angewendet. Andere Bogenbrückenmodelle mit einer Spannweite von 500 mm (Maßstab 1:6)

⁵²³ Vgl. Harvey (1986), S. 56. Es gab auch französische Tests an einem Großmodell mit einer Spannweite von 36 m und einer Steigung von nur 2-3 m. Dieser Bogen erwies sich gleichermaßen als unverwüstlich. Doch die Franzosen bauten niemals die beabsichtigte zukünftige Brücke, die eine Spannweite von 120 m gehabt hätte. Die Steinbrücke mit der größten jemals konstruierten Spannweite, etwa 90 m, steht in Plauen.

⁵²⁴ Vgl. Anwendung dieses Verfahren an zwei historischen Brücken bei Heyman, Padfield (1972), S. 305-318 – Heyman, Threlfall (1972), S. 319-330.

⁵²⁵ Melbourne (2001), S. 343-350.

⁵²⁶ Siehe Melbourne (2001), S. 347.

⁵²⁷ Siehe Melbourne (2001), S. 346.

⁵²⁸ Siehe Melbourne (2001), S. 346-347.

wurden in einer Zentrifuge der 100fachen Schwerkraft ausgesetzt und mit bereits veröffentlichten 3 m-Modellen verglichen.⁵²⁹

Insgesamt steht insbesondere in England ein Pool hochwertiger Versuchsergebnisse zur Verfügung, die zur Auswertung und Verifizierung von Berechnungsmethoden verwendet werden können. *„Aufgrund der Testergebnisse ist bewiesen, dass Mauerwerksbogenbrücken von ‚normaler‘ Bauart durch Ausbildung einer Fließgelenkkette versagen.“*⁵³⁰

1989 führte Weber Bruchlastversuche an einer eingleisigen, seit 1976 stillgelegten einfeldrigen Gewölbebrücke aus Stampfbeton mit Haustein-Verkleidung durch, die er auch filmisch dokumentierte und 1999 publizierte. Die Eisenbahnbrücke bei Schaustein (Oberfranken) hatte als Kennlinie des Gewölberückens und der -leitung Korbbögen bei einer lichten Weite von 14 m, einer maximalen lichten Höhe von ca. 4,2 m und einer Scheiteldicke von 0,75 m. *„Die statischen Bruchlastversuche in situ waren wohl weltweit die ersten, die an einer gewölbten Eisenbahnbrücke durchgeführt worden sind.“*⁵³¹ Weber validiert damit sein erweitertes Hybridverfahren zur Berechnung der oberen Schranke der Grenztragfähigkeiten von gewölbten Eisenbahnbrücken und zeigt, dass er zu sehr wirklichkeitsnahen Grenztragfähigkeiten von einer Klasse gewölbter Eisenbahnbrücken kommt, deren Umrisslinien des eigentlichen Gewölbes von Halbkreislinien abweichen müssen.

In jüngster Zeit wurden zur Entstehung von Momentengelenkbildung in gemauerten Gewölben Rotationsversuche anhand von Kleinkörpern aus Ziegelmauerwerk ebenso wie numerische Berechnungen und analytische Untersuchungen durchgeführt. Es zeigte sich, dass in gemauerten Bauteilen aufgezwungene Rotationen zu wenigen, verhältnismäßig breiten Rissen führen und dass im Umkehrschluss breite, einzelne Risse im Mauerwerk in erster Linie auf Bewegungen und nicht auf Überlastungen schließen lassen.⁵³²

⁵²⁹ Vgl. zu Modellversuchen mit Zentrifugen Davies et al. (1995), S. 365-383 und Borroughs et al (2001), S. 397-402 – siehe zu Bruchversuch an einem flachen Bogenmodell Melbourne et al (1995), S. 397-406.

⁵³⁰ Melbourne (2001), S. 350 *„It is clear from the test evidence that masonry arch bridges of ‚normal‘ instruction will fail by the formation of a kinematically admissible mechanism.“*

⁵³¹ Weber (1999), S. 105. Diskussion der Messergebnisse S.130-133.

⁵³² Siehe Jagfeld, Barthel (2004), S. 97-102.

IV. 3.2 Vorgehen

Die statisch-konstruktive Analyse im Rahmen der vorliegenden Arbeit verfolgt verschiedene Aspekte, um zu einer Bewertung des Traghaltens zu gelangen:

- „Analyse“ der Fleischbrücke mittels historischer Werkzeuge
- Darstellung bereits erfolgter Untersuchungen und Berechnungen
- Eigene Berechnungen im Gebrauchslastzustand mittels verschiedener Idealisierungen
- Belastungsversuche zum Steinschnitt an Modellen des Bogens im Maßstab 1:10

Seit der Einstufung der Fleischbrücke in die BK 30 im Jahr 1955 sind in Bezug auf die Belastung und die Beurteilung der Tragfähigkeit neue Fakten wirksam geworden.

- Die wegen starker Durchfeuchtung notwendige konstruktive Instandsetzung erfordert – nach Planungsstand 2003 des Tiefbauamtes Nürnberg – als Träger der Asphaltabdichtung eine ca. 15 cm dicke Stahlbetonschale, die als nichttragend anzusetzen ist, weil die Trägerschicht nicht mit dem Bogen tragend verbunden werden darf.
- Die Neufassung der DIN 1072 schreibt statt der alten Brückenklasse 30 mit nur einer Hauptspur nun Brückenklassen mit Haupt- und Nebenspur vor wie BK 30/30 oder BK 16/16.

Die quantitative Erfassung des Tragverhaltens erfolgt somit für zwei Zustände der Fleischbrücke:

- Für den als „Ist-Zustand“ bezeichneten Brückenaufbau oberhalb des Sandsteinkörpers gemäß der Auswertung der Bohrungen, die durch die LGA erfolgten (siehe S. 151), unter Ansetzen der BK 30, in die die Fleischbrücke seit 1955 eingestuft ist.
- Für den derzeit geplanten, sanierten Zustand mit verändertem Brückenaufbau oberhalb des Sandsteinkörpers u. a. durch die Stahlbetonsschicht unter Ansetzen vorwiegend der BK 16/16.

Auf ein Messsystem an der Brücke konnte nicht zurückgegriffen, ebenso wenig konnten experimentelle Tragsicherheitsuntersuchungen vor Ort ausgeführt werden. Zielsetzung war nicht die Entwicklung von nichtlinearen anisotropen Materialgesetzen für Mauerwerk. Das Tragwerk wurde unter Anwendung unterschiedlicher statischer Programme bzw. Idealisierungen unter Gebrauchslasten mit dem Ziel berechnet, Aussagen zur Dimensionierung des Bogens zu machen und die Unterschiede in den Ergebnissen zu diskutieren. Folgende Verfahren fanden Anwendung:

- EDV-gestützte grafostatische Methode,
- die Finite-Element-Methode für Stabwerke nach der linearen Elastizitätstheorie, die Finite-Element-Methode für mehrdimensionale Kontinua mit einem verschmierten nichtlinearen Materialgesetz. Die Nichtlinearität erfasst im Wesentlichen das Versagen auf Zug
 - als zweidimensionales Scheibentragwerk und als
 - als dreidimensionales Kontinuum

Allen Berechnungen liegt zu Grunde, dass sie das anisotrope Materialverhalten nicht berücksichtigen.

IV. 3.3 Analyse mittels historischer „Werkzeuge“

IV. 3.3.1 „Analyse“ im Entwurfsprozess, Faustformeln

Jede Zeit hat ihre eigene Analyse des Tragverhaltens. Wie anhand des Entwurfsprozesses gezeigt, kam den Entwurfszeichnungen insofern besondere Bedeutung zu, als darin qualitativ statisch-konstruktive Überlegungen visualisiert sind, die zu einem flachen, sich zu den Kämpfern stark aufweitenden Bogen in einem radialen Mauerwerksverband führten. Dem Bau der Fleischbrücke – ebenso wie der Rialtobrücke – liegt also nachweislich bereits durchaus eine gewisse Analyse zugrunde, wenn wir unter Analyse verstehen, Fragen zu stellen, überlegend nach Lösungen zu suchen, vergleichende Betrachtungen anzustellen und diese in den Entwurfsprozess einfließen zu lassen. Denn Analyse muss nicht unbedingt statische Berechnung bedeuten. Durch das ausgeprägte, in den Plänen belegte Variantenstudium der Gründung, des Lehrgerüsts und auch der Steinanordnung kann durchaus von Analyse gesprochen werden.

Vor dem Bau der Fleischbrücke benannte lediglich Alberti in einer Art Faustformel die Bogenstärke d – von Alberti eher für halbkreisförmige Bögen gedacht und von Palladio auch für Drittelkreisbögen angewendet:

$$d = \frac{1}{10}. \text{ Für die Fleischbrücke hätte das ein Maß von } d = \frac{27}{10} = 2,7 \text{ m ergeben.}$$

Die Konstrukteure der Fleischbrücke wählten aber sogar bei einem Sechstelkreisbogen die Dicke des Scheitels geringer, $d_{\text{Scheitel}} = 1,35 \text{ m}$, die Dicke an den Kämpfern dagegen stärker:

$$d_{\text{Kämpfer}} = 3,98 \text{ m} \left(d_{\text{Scheitel}} = \frac{1}{20} \text{ und } d_{\text{Kämpfer}} = \frac{1}{6,5} \right).$$

Außerdem wagten sie sich an einen weit flacheren Bogen, als er in den publizierten Traktaten angeraten war. Bildet man das arithmetische Mittel aus der Scheitel- und Kämpferdicke ergibt sich 2,67 m, ein Wert, der fast mit dem Wert aus der Alberti-Formel übereinstimmt.

IV. 3.3.2 Bruchtheorien für Halbkreisgewölbe

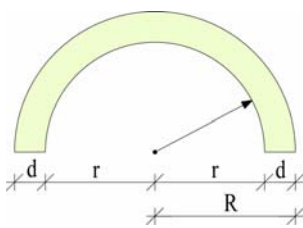


Abb. IV-107: Bezeichnungen bei den Betrachtungen zur Bogenstärke

Zu einer Angabe der Bogenstärke bzw. Gewölbestärke von Halbkreisbögen (Abb. IV-107) gelangten mittels verschiedener Gewölbetaeorien und verschiedener Vorstellungen der Bruchmechanismen z. B. 1669 der Jesuitenpater Honore Fabri, 1730 Pierre Couplet († 1743) und 1972 Jaques Heyman. Man kann die Ergebnisse als Formeln vergleichend gegenüberstellen, die die Gewölbestärke d je nach Theorie als Faktor des Radius R des Extrados ($d = \text{Faktor} \cdot R$) wiedergeben. Bei der nach der Zeichnung von Fabri entwickelten Formel handelt es sich um einen oberen Grenzwert für die Bogenstärke. Alle Gewölbe mit $d > d_{\text{Fabri}}$ sind stabil, wohingegen es sich bei den Formeln von Couplet um einen unteren Grenzwert handelt. Alle Gewölbe mit $d < d_{\text{Couplet}}$ sind labil. Gleiches gilt für die von Heyman, der die beiden Grenzwerte von Fabri und Couplet für einen Bruchwinkel $\alpha = 45^\circ$ ermittelte.⁵³³

⁵³³ Vgl. Falter, Kahlow, Kurrer (2001 a), S. 25-26.

Heyman selbst gelangt zu dem unteren Wert der Gewölbedicke von $d_{u,Heyman} = 0,103 \cdot R$ bei einem Bruchwinkel von $\alpha = 58^\circ$ (gemessen von der Vertikalen). Den kleinsten Wert erhält man bei Couplet mit $d_{u,Couplet} = 0,096 \cdot R$.

Die Formel nach Fabri liegt rund 300 Prozent über dem minimalen Wert, die auf entsprechende Form umgerechnete Faustformel von Alberti mit $d_{Alberti} = 0,131 \cdot R$ dagegen nur um ungefähr 75 Prozent über diesem bzw. um 30 Prozent über dem von Heyman. Das führt zu dem Schluss, dass „die empirischen Bemessungsregeln für Gewölbe [eines Alberti oder Palladio, zugefügt d. Verf.] den statischen Gewölbemodellen des 18. Jahrhunderts keineswegs unterlegen waren.“⁵³⁴

Wendet man die Formel von Couplet auf die Fleischbrücke an, so erhält man für die Fleischbrücke $R = \frac{27}{2} + 1,35 = 14,85$ m (einen Ring konstanter Stärke mit der vorhandener Scheiteldicke angenommen) und damit $d_{Fleischbrücke,Couplet} = 0,096 \cdot 14,85 = 1,426$ m.

Für flache Segmentbögen wie die Fleischbrücke erweisen sich die Bruchtheorien des 18. Jh. als nicht geeignet.

IV. 3.3.3 Empirische Formeln für Segmentbögen

Noch im letzten Viertel des ausgehenden 19. Jh. findet man empirische Formeln zur Bestimmung der Schlusssteintiefe von Segmentbögen; so vermerkt ein Handbuch für Architekten und Baumeister: „Wenn die Widerlager von ausgedehnter Größe sind, ist der Segmentbogen der stärkste. Aber wenn es notwendig ist, die Widerlager so schmal wird möglich zu machen, wird der halbkreisförmige oder Spitzbogen benutzt“. Und weiter: „Es gibt verschiedene Regeln, um die Tiefe des Schlusssteins zu bestimmen, aber sie sind alle empirisch.“⁵³⁵

Es folgen zwei unterschiedliche empirische Formeln für die Berechnung der „Schlusssteintiefe“ für geschnittene Steine: Die Trautwinesche Formel und die Rankinesche Formel, wobei der Trautwineschen Formel der Vorzug gegeben wird, weil hierbei nicht nur der Radius des Intrados, sondern auch die Spannweite von Einfluss ist. Die Zuordnung zu einer Last ist nicht angegeben.

Rankine: Tiefe in Fuß des Schluss-Steins für einen einzelnen Bogen in Fuß:

$$= \sqrt{(0,12 \cdot \text{radius at crown})} \text{ [in ft].}^{536}$$

Für einen Bogen in einer Serie beträgt der Faktor unter der Wurzel 0,17.

Trautwine: Tiefe des Schluss-Steins in Fuß

$$= \left(\sqrt{\frac{\text{radius} + \text{half span}}{4}} \right) + 0,2 \text{ [in ft]}$$

Der Umbau der Formeln zur direkten Eingabe in Meter ergibt:

⁵³⁴ Falter, Kahlow, Kurrer (2001 a), S. 26. Entgegen der hier vorgenommenen Umrechnung der Gewölbestärke in Abhängigkeit des Radius des Extrados ergibt sich bei der Verf. abweichend $d_{Alberti} = 0,167 R$, was eine Überschreitung des Heymanschen Wertes von rund 75 % statt 30 % ausmacht.

⁵³⁵ Kidder, Parker [1884] (1968), S. 322-325, frei übersetzt.

Rankine: Tiefe des Schlusssteins [in m] für Einzelbogen

$$= \sqrt{(0,12 * \text{radius at crown} \cdot 0,3048)}$$

$$= 0,19125 * \sqrt{\text{radius at crown}}$$

Trautwine: Tiefe des Schlusssteins [in m]

$$= \left(\sqrt{\text{radius} + \text{half span}} \right) \cdot \sqrt{\frac{0,3048}{4}} + 0,2 * 0,3048$$

$$= \left(\sqrt{\text{radius} + \text{half span}} \right) \cdot 0,13802 + 0,061$$

Die Resultate für mehrere gebaute, bewährte Kreissegmentbogenbrücken sind tabellarisch präsentiert und zeigen in Gegenüberstellung, wie gut die Trautwinesche Formel an den ausgeführten Ringdicken liegt (Tab. IV-6) von Kidder, Parker umgerechnet in Metern und um die Werte der Fleischbrücke ergänzt). Für die Fleischbrücke ergäbe sich hiernach eine Scheiteldicke von 0,9-0,93 m.

Brückenbauwerk	Spannweite	Pfeil	Radius	Tats. Dicke am Scheitel	Trautwine's Regel	Rankine's Regel
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
Cabin John, Washington aqueduct	67,06	17,45	40,92	1,27	1,252	1,223
Grosvenor bridge, Chester, England	60,96	12,80	42,67	1,22	1,241	1,249
Dora Riparia, Turin, Italy	45,11	5,49	48,77	1,50	1,227	1,336
Tongueland, England	35,97	11,58	19,75	1,07	0,909	0,850
Dean bridge, Scotland, in a series	27,43	6,10	14,90	0,91	0,799	0,879
Falls bridge, Philadelphia & Reading Railroad	23,77	7,62	13,11	0,91	0,751	0,692
Cestnut St. Bridge, Philadelphia, brick in Cement	18,29	5,49	10,36	0,76	0,671	0,616
Philadelphia & Reading Railroad	13,41	2,44	10,45	0,76	0,633	0,618
Philadelphia & Reading Railroad	9,51	1,52	8,17	0,51	0,557	0,547
Fleischbrücke	27	4,2	23,8	1,35	0,904	0,933

Tab. IV-6: Tabelle 1. S. 323 aus Kidder, Parker, umgerechnet auf m und um die Daten der Fleischbrücke ergänzt

Nach den von Kidder und Parker vorgestellten Formeln wäre die Fleischbrücke mit 1,35 m statt der erforderlichen 0,9-0,93 m bereits am Scheitel deutlich überdimensioniert.

⁵³⁶ Tiefe des Schlusssteins entspricht der Bezeichnung d in vorangehenden Betrachtungen dieses Kapitels.

IV. 3.4 Vorliegende Untersuchungen zur Fleischbrücke

IV. 3.4.1 Fleischbrücke erstmals im Focus von Ingenieuren - 19. Jahrhundert

Rund 200-250 Jahre nach ihrer Erbauung rückt die Fleischbrücke in den Blickpunkt der tätigen Ingenieure und erhält Modellcharakter. Georg Ludwig Alexander Röder war großherzoglich hessischer Major von der Suite der Artillerie und Chausseebaudirektor der Provinz Starkenburg. In seinem zweibändigen Werk gibt er eine „*Praktische Darstellung der Brückenbaukunde nach ihrem ganzen Umfang nach den bewährtesten Technikern und Mathematikern und den besten vorhandenen Mustern jeder Art vorzüglich verfasst für Ingenieure des Straßen- und Brückenbaus*“. Die Fleischbrücke ist als einzige deutsche Brücke als Musterbauwerk enthalten. In tabellarischer Form bietet der Autor mit 35 europäischen Brücken „*ein Verzeichniß einiger merkwürdiger Brücken in Europa und der Größe ihrer wesentlichen Theile, zur Herleitung zweckmäßiger Verhältnisse der Brückendimensionen*“⁵³⁷.

Röder gibt also nicht nur die absoluten Abmessungen an, sondern auch Verhältnisse bezogen auf die Spannweite:

- Höhe des Schlusssteins/Spannweite
- Dicke des Widerlagers/Spannweite
- Dicke des mittleren Pfeilers/Spannweite
- Höhe der Pfeiler/Spannweite
- Abstand zur Sehne/Spannweite.

Das Einhalten dieser Verhältnisse statt der Berechnung diente seinerzeit immer noch dem Brückeningenieur als Richtschnur für seine Konstruktion.

Dagegen berechnet 1857 der Baurat Dr. Herrmann Scheffler (* 1820, † 1903), ein Braunschweiger Eisenbahningenieur, in seinem Buch „*Theorie der Gewölbe, Futtermauern und eisernen Brücken*“ 40 Brückengewölbe. Für seine Gewölbetheorie benutzte er das Prinzip des kleinsten Widerstandes von Henry Mosley (1801-1872).⁵³⁸ Die tabellarischen Ergebnisse weisen bemerkenswerter Weise die Fleischbrücke als einzige deutsche Brücke auf. Des Weiteren bietet Scheffler Bemessungstabellen an, die nunmehr nicht auf zusammengetragene Musterbauten, sondern auf Berechnungen basieren.⁵³⁹

IV. 3.4.2 Erste Tragfähigkeitsberechnung 1955

Generell besitzen statische Nachrechnungen Legitimationscharakter. Gleichwohl sind sie notwendig, da mit dem Anstieg der Verkehrslasten – von Pferdefuhrwerken zu immer schwereren LKW – möglicherweise konstruktive Verstärkungsmaßnahmen erforderlich sind.

Nach der damals gültigen DIN 1072 (mit nur einer Hauptspur) stuft die amtliche Nachrechnung die Fleischbrücke in die Brückenklasse 30 ein:⁵⁴⁰ Mit Hilfe einer grafostatischen Untersuchung

⁵³⁷ Röder (1821), S. 194.

⁵³⁸ Vgl. Kurrer (1990), S. 20-54.

⁵³⁹ Scheffler (1857), S. 76-79.

⁵⁴⁰ Tiefbauamt Nürnberg: Hauptakte 650-41-01/020. D. h. die Fleischbrücke ist damit zugelassen für das Befahren mit LKW, Gewicht von 30 Tonnen.

wird die Stützlinie für den relevanten Lastfall Eigengewicht und Verkehr halbseitig (Abb. IV-108) als im Kern liegend nachgewiesen. Es ist bemerkenswert, dass die gesamte Statik nur drei handschriftliche Seiten umfasst.⁵⁴¹ Zugehörig ist ein Längsschnitt und der entsprechende grafostatische Kräfteplan.

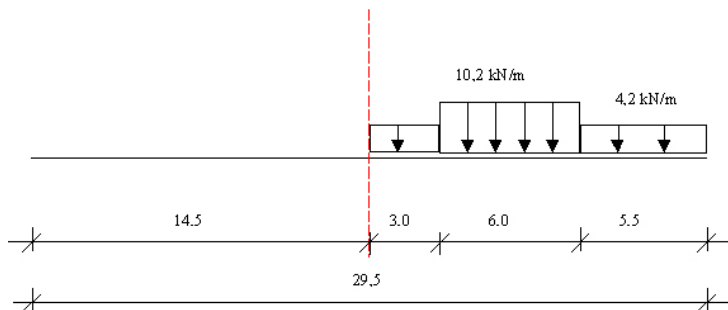


Abb. IV-108: Verkehrslasten für 1 m breiten Streifen in der Statik des Tiefbauamtes, Angabe in heutigen Dimensionen, 1955

Der Bogen wird – als ebenes Problem idealisiert – in 20 Lamellen a 1,50 m geteilt. Den Lamellen werden mittig die entsprechenden Lasten als Einzellasten zugewiesen und damit zunächst das Hilfsseileck, anschließend die Stützlinie des Bogens gezeichnet (Abb. IV-109).⁵⁴²

An nur einer Stelle – etwa im Viertelpunkt der lastabgewandten Seite – werden σ_1 und σ_2 bei einer aus der Zeichnung abgelesenen Ausmitte von 10 cm ermittelt. Die betragsmäßig größere Randspannung beträgt somit

$$\sigma_2 = \sigma_{\text{oben}} = 31,28 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 0,3128 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 3,1 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}.$$

Der Wert der Spannung wird mit dem Kommentar akzeptiert, dass in Wirklichkeit die Spannung ja niedriger wäre, weil die Scheiteldicke statt wie in der Rechnung nicht 1,00 m sondern 1,40 m betrage. Somit erfolgt die Einordnung in die BK 30.

⁵⁴¹ Die Öffnungsweite wird mit 27 m angenommen, die Bogenstärke am Scheitel mit 1 m und am Kämpfer mit 4 m. Die Spannweite des betrachteten Bogensegmentes ist 29,4 m (Spannweite der Systemmittellinie, nicht des Intrados). Die Fundamentbreiten sind symmetrisch und betragen 14,00 m bei einer rechnerischen Einbindetiefe von nur 0,4 m. Für den Sandstein wird mit $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$ und für die Aufschüttung mit $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ gerechnet. Die Lastannahmen nach der derzeit gültigen DIN 1072 sehen nur eine Hauptspur vor. Die Belastungen aus der Hauptspur unter Berücksichtigung des Schwingbeiwerts $\varphi = 1,15$ werden in Brückenquerrichtung auf eine Einflussbreite von 6,75 m verschmiert. Die Aufschüttung über dem Sandsteinkörper und die Lasten aus dem SLW sowie neben dem Fahrzeug werden in Sandsteinstärken umgerechnet.

⁵⁴² Zur grafischen Konstruktion der Stützlinie siehe Swida (1954), S. 1/2.

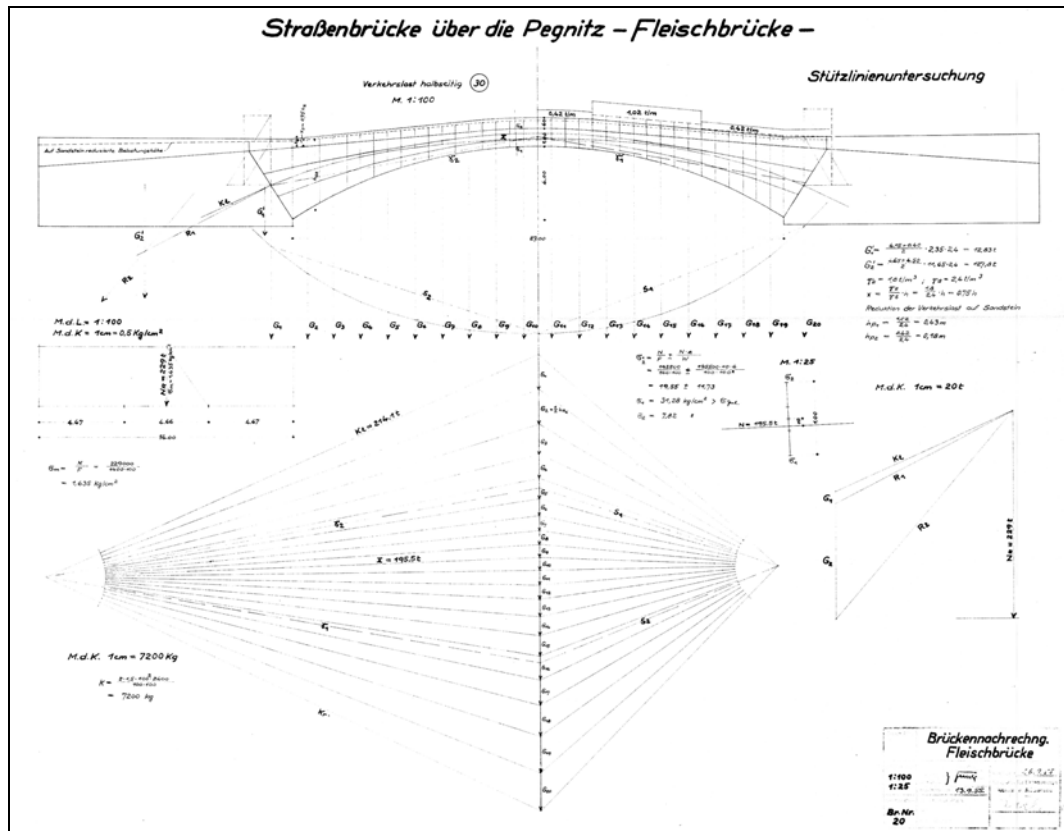


Abb. IV-109: Plan zur Stützlinienuntersuchung der Fleischbrücke, Tiefbauamt Nürnberg 1955, Hauptakte Fleischbrücke 650-41-01/020

IV. 3.4.3 Stützlinienbetrachtung, iterative Veränderung der Steifigkeiten, 1985

Im Rahmen des Forschungsprojektes mit dem Arbeitstitel „Revolution im Brückenbau“ konnte W. v. Stromer auch Karl Krauß, den Leiter der Landesstelle für Baustatik Baden-Württemberg, für Berechnungen zur Fleischbrücke gewinnen.⁵⁴³ Krauß legt in „Vom Materialwissen und den Bautechniken der alten Baumeister“ die Eingangsdaten nicht offen, weder die angenommene Geometrie und damit die Steifigkeitsverhältnisse, noch die Lasten und die Lagerung. Ausgehend von einem ungerissenen Querschnitt ergeben sich bei elastostatischer Berechnung unglaubliche Resultate. Ein zweiter Rechengang mit geänderten Steifigkeitsverhältnissen entsprechend der Rissbildung hätte erneut noch zu Rissen am Kämpfer und im Scheitel führen müssen. Da Krauß mit einem Stabwerksmodell rechnete, sind unter den Rissen solche in Querrichtung zu verstehen. Krauß betont, er habe diese Risse unter der Brücke nicht finden können. Erst ein dritter Rechengang mit der Annahme von plastischen Verformungen in dem noch jungen Mörtel führte zu einer Stützlinie, wo im Scheitel die Zugzone verschwunden sei. Diese Berechnungen geben Krauß Anlass auf Empfehlungen von Alberti zum schrittweisen Ausrüsten von Bögen überzugehen, die in ihrer Wirkung genau dies zum Ziel gehabt hätten. Somit wären Baumeister in der Lage gewesen, „durch die Steuerung des Arbeitsablaufes das statische Verhalten des Mauerwerks zu beeinflussen.“⁵⁴⁴ Auch Falter verfolgt bei seinen Berechnungen diesen Gedankengang (S. 195). Doch dieses schrittweise Ausrüsten ist bei der Fleischbrücke nicht historisch belegt, im Gegenteil – glaubt man diesbezüglich dem Chronisten Johannes Müller –

⁵⁴³ Siehe Krauß (1985), S. 218-223.

⁵⁴⁴ Krauß (1985), S. 220, vgl. auch Kurrer (2002), S. 166.

sei unter gewaltigem Krachen alles auf einmal gefallen, woraufhin sich eine erheblichen Setzung von $\frac{1}{2}$ Schuh – ca. 15 cm – einstellte.⁵⁴⁵

IV. 3.4.4 Stabwerksstatik 1989, linear-elastisch

Ebenfalls von W. v. Stromer angeregt, erstellte Brandl eine unveröffentlichte Statik zur Fleischbrücke (48 Seiten inklusive etlicher Seiten Ausdruck der elektronischen Berechnung nebst einiger Pläne).⁵⁴⁶

Brandl berechnet mit Hilfe eines Finiten-Element-Stubwerkprogramms die Lastfälle Eigengewicht, Verkehr voll und Verkehr halbseitig nach der Elastizitätstheorie mit konstanten Materialparametern. Als Verkehrslast wird abweichend von der DIN 1072 eine gleichmäßig verteilte Flächenlast von 35 kN/m² angesetzt. Das ist eine wesentlich höhere Belastung als nach heute gültiger DIN 1072 für die BK 60/30. Für Eigengewicht und eine zusätzliche Flächenlast von 35 kN/m² = 3,5 t/m² wird die Fleischbrücke als standfest beurteilt, bei einer maximalen Druckspannung von 2,6 MN/m² und einer Scheiteldurchbiegung von ca. 1,8 mm. Das entspräche einer Einordnung in die BK 60/30.

Als zulässige Spannung wird mittels Interpolation aus der DIN 1053 zu $\sigma = 2,6 \text{ MN/m}^2$ angesetzt (bei einer angenommenen Steifigkeit von 25 MN/m², Güteklasse N3 und Mörtelgruppe III, siehe Tab. IV-8, S. 202).

Beim Standsicherheitsnachweis wird unter Berufung auf Lachmann (siehe S. 179, Anm. 506) die Beschränkung auf eine Exzentrizität von $e \leq h/3$ aufgegeben. Statt dessen wird die Standsicherheit des Bogens wie folgt definiert, „*daß sich ein Bereich ausbilden kann, dessen innere Schnittkräfte mit den äußeren im Gleichgewicht stehen und dessen maximale Druckspannung die zulässigen (z. B. nach DIN 1053) nicht überschreiten. Der Bogen ist solange standhaft, wie sich eine Stützlinie innerhalb seines realen Querschnitts ausbilden kann, und deren Schwerpunktspannung die um den Sicherheitsbeiwert verminderten Materialfestigkeit nicht übersteigt.*“⁵⁴⁷

Brandl zerlegt das ebene System in 20 Stäbe mit 21 Knoten. Jedem Stab wird eine mittlere Querschnittshöhe zugewiesen. Die Berechnung der jeweiligen Trägheitsmomente erfolgt im Programm. Das Bogengewicht und die Gewichte aus der Aufschüttung werden als Knotenlasten, die Verkehrslast als Linienlast in kN/m aufgebracht. Lediglich die Ermittlung von Schnittgrößen und Verformungen findet in einem FEM-Stubwerksprogramm statt, das nur über eine listenweise und noch nicht eine grafische Ausgabe der Ergebnisse verfügte.

Hervorzuheben ist Brandl's wechselndes statische System, an dem er die Schnittgrößen ermittelt, LF Eigengewicht am beidseitig eingespannten System, LF Verkehr halbseitig am Zweige-

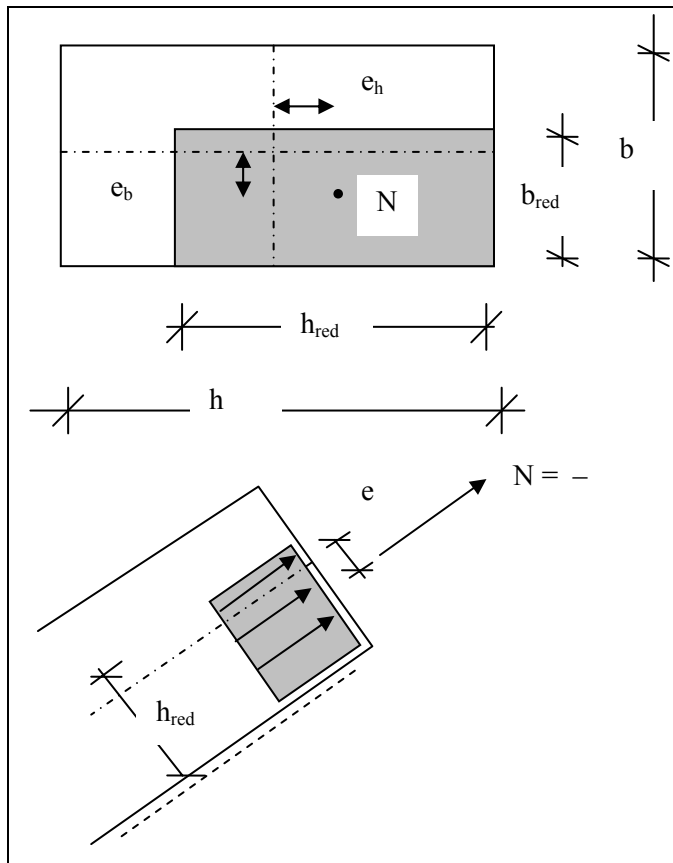
⁵⁴⁵ Siehe Anm. 372, S. 115. – Vgl. Hoff (1998), S. 66. Er nimmt an, dass mit dieser Nachsetzung alle weiteren Setzungsreserven aufgezehrt bzw. vorweggenommen wurden, so dass bis heute, also nach 400 Jahren, keine weitere Setzungsbewegung zu verzeichnen sei.

⁵⁴⁶ Die Statik gehört zum wissenschaftlichen Nachlass von W. v. Stromer und liegt derweil auch dem Tiefbauamt und der LGA vor. Die Statik gliedert sich in 3 Teile (Bogen, Widerlager und Lehrgerüst). An zugehörigen Plänen fanden sich im wissenschaftlichen Nachlass von W. v. Stromer noch einige Pläne (Nr. 362/23 (1991); Nr. 362/2 (1988); Nr. 362/5 (1989); Nr. 362/6 (1989), Nr. 362/8 (1989), Nr. 362/9 (1989)), deren Entstehung allerdings nicht dokumentiert ist. Die Öffnungsweite wird mit 27 m angenommen, die Bogenstärke im Scheitel mit 1,22 m, am Kämpfer mit 2,65 m. Der Elastizitätsmodul E beträgt $E = 40\,000 \text{ MN/m}^2$, der Schubmodul $G = 18\,000 \text{ MN/m}^2$. Für den Sandstein wird mit $\gamma = 27 \text{ kN/m}^3$, für die Aufschüttung mit $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$ gerechnet.

⁵⁴⁷ Brandl, Seite F20. – Vgl. Lachmann (1990), S. 61-63.

lenkbogen. Das erfolgt mit der Begründung, dass für diesen Lastfall die Ausbildung von Fließgelenken an der Widerlagern stattgefunden habe.

Im Nachgang zur FEM-Rechnung wird bei der Spannungsermittlung für ausgewählte Knoten analog zur Sohldruckermittlung bei außermittigem Kraftangriff eine gleichmäßige Spannungsverteilung auf einer reduzierten Ersatzfläche ermittelt (Abb. Tab. IV-7):⁵⁴⁸



Ersatzfläche A_{red} :

$$A_{\text{red}} = h_{\text{red}} \cdot b_{\text{red}}$$

$$h_{\text{red}} = h - 2 \cdot e_b$$

$$b_{\text{red}} = h - 2 \cdot e_h$$

$$\text{mit } h_{\text{red}} = \left(\frac{h}{2} - e \right) \cdot 2 = h - 2 \cdot e.$$

Für eine Außermittigkeit nur in Richtung der Höhe h ergibt sich durch Annahme einer konstanten Spannungsverteilung

$$\sigma_{\text{Mittel}} = \frac{N}{A_{\text{red}}} = \frac{N}{(h - 2 \cdot e) \cdot b}$$

Dabei ergibt sich für alle von ihm betrachteten Knoten Druckspannungen $\leq 2,6 \text{ MN/m}^2$.⁵⁴⁹

Die hohe Belastung also, die Brandl der Fleischbrücke rechnerisch zutrauen kann, resultiert aus mehreren Annahmen, die sich sehr günstig auf seine Spannungsermittlung auswirken, das Aufbringen von Eigengewicht und Verkehr halbseitig an zwei

Tab. IV-7: Skizze zur Spannungsermittlung bei Außermittigkeit unter Annahme einer gleichmäßigen Spannungsverteilung

verschiedenen Tragsystemen, einer Stützlinie, die nur im realen Querschnitt verlaufen braucht und das Ansetzen von mittleren Spannungen in der Restfläche, was einem konstanten Spannungsverlauf im Querschnitt statt eines linearen Spannungsverlaufes entspricht.

IV. 3.4.5 Falter 1999 – FEM-Berechnung eben

Falter stellt eine numerische Parameterstudie zum Tragverhalten von Steinbogenbrücken bei Belastungszuständen durch verschiedene Lastfallkombinationen vor.⁵⁵⁰ Die Idealisierung erfolgt

⁵⁴⁸ In Anlehnung an DIN 1054, 4.2.2, siehe Schneider (2001), S. 11.26.

⁵⁴⁹ Eine Gegenrechnung mit RSTAB und tabellarischer Spannungsermittlung in Excel zeigte, dass bei den gleichen Annahmen und Eingangswerten von Brandl und gleichem Vorgehen bei der Spannungsberechnung an einigen von ihm nicht untersuchten Knoten Spannungen auftreten, die seine festgelegte zulässige Spannung von $2,6 \text{ MN/m}^2$ um rund 20 Prozent überschreiten (LF Eigengewicht +Verkehr voll Knoten 18 und 19, Spannungen von $2,7$ und $3,08 \text{ MN/m}^2$).

⁵⁵⁰ Siehe Falter (1999), S. 120-134, Lastfallkombinationen Tab. 4.1, S.124.

als ebenes Scheibenproblem mit linearem Materialgesetz ($E_{mw} = 8000 \text{ MN/m}^2$) im elastischen Bereich.

Statt einer Spannungsberechnung erfolgt nach einer FEM-Rechnung mit dem Programm Pencil über ein Excel-Programm die Berechnung der Stützlinie in jedem Querschnitt und wird in 15 Schnitten über der Bogenlänge normiert aufgetragen. Untersucht wird der Einfluss von Bogengeometrien, Bogenformen und speziell der Lastfall halbseitiger Verkehr und Auflagerverschiebung.

Teilergebnisse der Untersuchung präsentieren Bögle und Falter, um am Beispiel der drei großen Renaissancebrücken – der Fleischbrücke, der Rialtobrücke und der Brücke in Mostar – die wichtigsten Kriterien für die Bauwerke herauszuarbeiten und ihre Wechselbeziehung aufzuzeigen: die Funktion, die Geometrie, das Tragverhalten, die Bauweise und die Wahl des Baumaterials.⁵⁵¹

Zum Tragverhalten der Fleischbrücke im Bauzustand führt Falter FEM-Rechnungen durch, bei denen auch eine Idealisierung als ebenes Scheibenproblem erfolgt.⁵⁵² Er betrachtet die Bauzustände vor Bogenschluss, unmittelbar nach Bogenschluss und nach Ablassen der Flusspfähle, d. h. Lockern der Keile.⁵⁵³ Fallstudien erfolgen durch verschiedene Annahmen der Steifigkeiten des Bogens und der Unterstützung durch das Lehrgerüst bei Verwendung eines nichtlinearen Materialgesetzes in Anlehnung an byzantinisches Mauerwerk (Abb. IV-110).

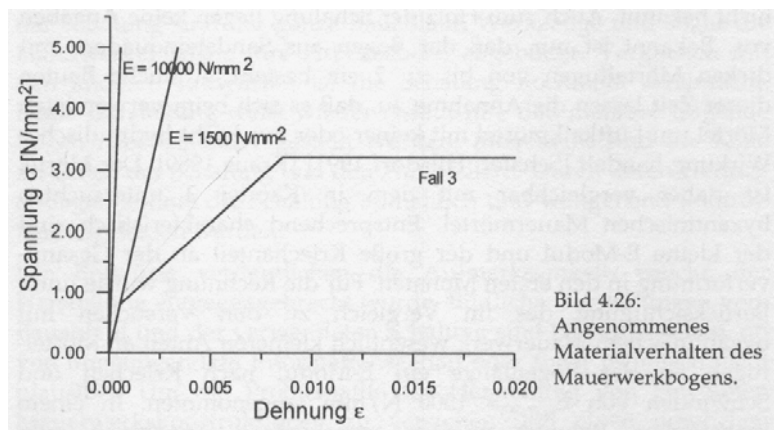


Bild 4.26:
Angenommenes
Materialverhalten des
Mauerwerk Bogens.

Abb. IV-110: Darstellung der verwendeten Fälle im Spannungsdehnungsdiagramm, Falter (1999), S.148

Falters Berechnungen hatten zum Ziel, die Auswirkungen des Baumaterials auf das Tragverhalten aufzuzeigen sowie die gegenseitige Abhängigkeit von Geometrie, Baumaterial und Tragverhalten zu verdeutlichen. Die Berechnungen klärten, welche Eigenschaften die Baumeister erkennen konnten.

„Der am Anfang noch weiche Mörtel ermöglichte es, daß der Mauerwerksbogen sich während des Baus der Fleischbrücke der sich ändernden Beanspruchung, hervorgerufen durch die Ver-

⁵⁵¹ Siehe Falter, Bögle, (1998, S. 45-52), Vorarbeiten zu dieser Studie in Bögle (1994).

⁵⁵² Siehe Falter (1999), S. 138-158. Zusammenfassung der Ergebnisse siehe in: Falter, Kahlow, Kurrer (2001 a), S. 20-22 – Falter, Kahlow, Kurrer (2001 b), S. – Kurrer (2002), S. 130-131.

⁵⁵³ Modelliert werden der Bogen und Widerlager mit 4 knotigen Scheibenelementen, die Schalung aus gelenkig mit einander verbundenen Elementen mit Kontaktflächen zum Bogen und die Flusspfähle als zweiknotige Balkenelemente.

formung der Schalung und dem späteren Ausschalen, anpassen konnte, ohne daß dies zu Schäden führte. Das schrittweise Ablassen der Schalung beschleunigte die Herstellung, da die mit jedem Schritt verbundene Spannungserhöhung im Bogen durch die plastischen Verformungen des Mörtels wieder abgebaut werden kann, bevor sie mit dem nächsten Schritt erneut zunimmt. Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse die Beanspruchung der Schalung und ermöglichen eine Aussage über ihren tatsächlichen Aufbau.“⁵⁵⁴

Die Nachrechnung der Bauzustände bestätigt – laut Falter – Albertis Empfehlung zum schrittweisen Ausrüsten.

⁵⁵⁴ Falter (1999), S. 183.

IV. 3.5 Statische Idealisierungen für den Ist-Zustand und den geplanten Sanierungszustand

IV. 3.5.1 Berechnungsgrundlagen

Geometrie

Für die Berechnungen wurde die Geometrie gemäß Kap. IV. 2.3.1 „Geometrie des Brückenkörpers“, S. 151, zugrunde gelegt, siehe Längsschnitt Bd. 3 (Materialsammlung), Kap. 10 „Erstellte Pläne“.

Ständige Lasten nach DIN 1055

Aus dem Längsschnitt ergeben sich die Flächen mit Sandstein bzw. mit der Auffüllung, wie sie derzeit vor der konstruktiven Instandsetzung vorliegen. Alle eingesetzten Programme erfassen das Eigengewicht über die Elemente, denen eine spezifische Dichte (bei ANSYS Masse) zugeordnet ist. Die Aufschüttung wurde bei der Stabwerksberechnung und Scheibeberechnung als abschnittsweise konstante Linienlast (in Abschnitten von 1,5 m) aufgebracht. Horizontale Lasten aus der Aufschüttung werden nicht in Ansatz gebracht. Die Ermittlung der Höhe der Aufschüttungslasten erfolgte durch die Ermittlung der entsprechenden Flächen in der CAD-Zeichnung, die daraus resultierenden Linienlasten wurden in EXCEL ermittelt. Bei der 3D-FEM-Berechnung wurde die Aufschüttung ebenfalls elementiert, so dass das Eigengewicht der Aufschüttung nicht als Belastung eingegeben wurde (siehe S. 217).

Vor der Sanierung - Ist-Zustand

Der gegenwärtige Brückenaufbau, so wie er sich nach dem Stand der Untersuchungen der LGA (2001) darstellte, wird kurz als „Ist-Zustand“ bezeichnet.

Der Sandstein wird mit einer Wichte $\gamma = 27 \text{ kN/m}^3$, die Auffüllung bis Oberkante Straßenoberfläche mit 24 kN/m^3 angesetzt.

Nach der Sanierung

Der Aufbau über dem Brückenbogen ändert sich durch die seitens des Tiefbauamtes geplante Sanierungsmaßnahme in Brückenquerrichtung und in Brückenlängsrichtung (Abb. IV-111).

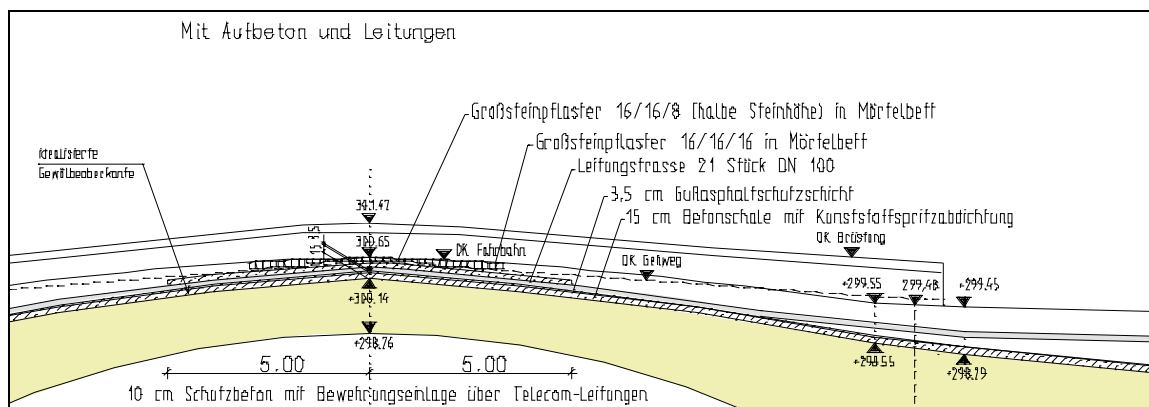


Abb. IV-111: Ausschnitt aus der Planzeichnung des Tiefbauamtes, Stand März 2003, für die zu erfolgende Sanierung

In Querrichtung wurde für die Berechnungen die Maximallast in Brückenmitte zugrunde gelegt. Die relevanten Flächen der unterschiedlichen Materialien des sich in Brückenlängsrichtung verändernden Aufbaus wurden mittels eines CAD-Zeichenprogramms ermittelt. In EXCEL erfolgte dann tabellarisch die Ermittlung der Belastung mittels der Flächen und der zugehörigen Wichten der unterschiedlichen Materialien sowie die entsprechende abschnittsweise Aufaddierung zu einer Linienlast aus dem Brückenaufbau oberhalb des Steinkörpers.

Anzusetzende Materialien des Brückenaufbaus im Scheitel nach der geplanten Sanierung sind laut Planzeichnung des Tiefbauamtes Nürnberg vom Stand März 2003 nach DIN 1055:

Mauerwerk	$\gamma_{\text{Mauerwerk}}$	= 27 kN/m ³
Stahlbetonschale 15 cm	γ_{Beton}	= 25 kN/m ³
Gussasphaltschutzschicht 3,5 cm	$\gamma_{\text{Gussasphalt}}$	= 24 kN/m ³
Schutzbeton bewehrt ca. 6 cm	γ_{Beton}	= 25 kN/m ³
Kiesschüttung ca. 3,5 cm	$\gamma_{\text{Kiesschüttung}}$	= 18 kN/m ³
Mörtelschicht ca. 3 cm	$\gamma_{\text{Mörtelschicht}}$	= 22 kN/m ³
Pflasterung 8 cm	$\gamma_{\text{Pflasterung}}$	= 28 kN/m ³

Die Gesamtstärke des Aufbaus im Scheitel über Gewölbeoberkante erhöht sich von 0,2 auf 0,51 m. Der Aufbau bis Oberkante Straße nach der Sanierung bedeutet verstärkt Auflast in dem mittleren Bereich der Brücke. In den anderen Bereichen ist der Unterschied nicht so gravierend (Mehrgewicht aus der Stahlbetonschale, die Aufschüttung aus dem Kies leichter als die ange-setzte Last aus der Aufschüttung vor der Sanierung).

Für die grafostatische Untersuchung wurden die Flächen des als tragend angesetzten Sandsteins ebenfalls in der CAD-Zeichnung bestimmt und in EXCEL in Einzellasten umgerechnet. Auch alle lamellenweise ermittelten Lasten aus der Aufschüttung wurden in Einzellasten umgerechnet. Die Einzellasten greifen in Lamellenmitte an.

Verkehrslasten nach DIN 1072

Die Verkehrslasten wurden für die Nachrechnung des Ist-Zustandes nach DIN 1072 in der Fasung von 1952 angesetzt, in der es noch die BK 30 mit nur einer Hauptspur gibt.⁵⁵⁵ Die 1952 noch gültigen Maßeinheiten (kg) wurden entsprechend heutigen Maßeinheiten umgerechnet (kN). Für den Zustand nach geplanter Sanierung greifen die Verkehrsregellasten nach der heutigen DIN 1072 (1985), Tabelle 1 mit einer Haupt- und einer Nebenspur; betrachtet wurden Lasten nach BK 16/16 und 30/30.

Schwingbeiwert

Bei überschütteten Bauwerken sind die Lasten der Hauptspur mit dem Schwingbeiwert zu multiplizieren:

$$\varphi = 1,4 - 0,008 \cdot l_{\varphi} - 0,1 \cdot h_u \geq 1,0 .$$

Für die Belastung der Fleischbrücke ergibt das einen Schwingbeiwert von

$$\varphi = 1,4 - 0,008 \cdot 27 - 0,1 \cdot 0,35 = 1,15 .$$

⁵⁵⁵ Bei der Scheibenberechnung erfolgte auch eine Belastung nach BK 30/30 im Ist-Zustand.

Derzeit hat die Fahrbahn einen Asphaltbelag. Nach der Sanierung ist Kopfsteinpflaster geplant. Obiger Schwingbeiwert erfasst allerdings nicht den besonderen Eintrag von Erschütterungen durch Kopfsteinpflaster.

Verkehrslast für Stabmodell und Scheibenmodell

Bei der Ermittlung der Verkehrslasten für das Stabmodell und das Scheibenmodell werden unter Ansetzen einer mittragenden Breite die eigentlich räumlich verteilt wirkenden Lasten aus den zu belastenden Flächen der Brücke nach DIN 1072 zu einer Linienlast zusammengezogen. Die mittragende Breite B_M wird zu $B_M = 0,25 \cdot L = 0,25 \cdot 27,0 = 6,75$ m angesetzt.⁵⁵⁶

Alle über dem mitwirkenden Gewölbestreifen stehenden Lasten sind als mittige Belastung anzusetzen. Aus dem Lastbild in Querrichtung (Abb. IV-112 für BK 30 noch ohne eingerechneten Schwingbeiwert φ) erfolgt die Umrechnung in Längsrichtung.

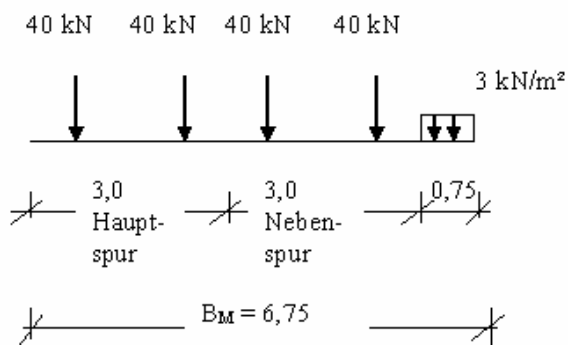


Abb. IV-112: Achslasten beider Spuren für BK 16/16 in Brückenquerrichtung bei einer mitwirkenden Breite von 6,75 m

BK auf der einen Brückenhälfte identisch aus, auf der anderen wirkt zusätzlich die Streckenlast in Höhe von 4,2 kN/m.

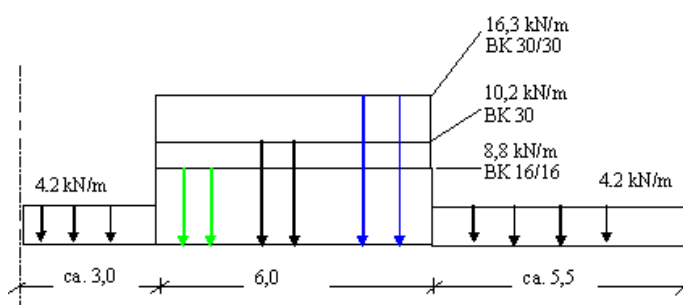


Abb. IV-113: Darstellung der halbseitigen Belastung mit SLW-Ersatzlasten bei verschiedenen BK nach DIN 1072 für einen 1 m breiten Streifen bei einer mitwirkenden Breite von 6,75 m

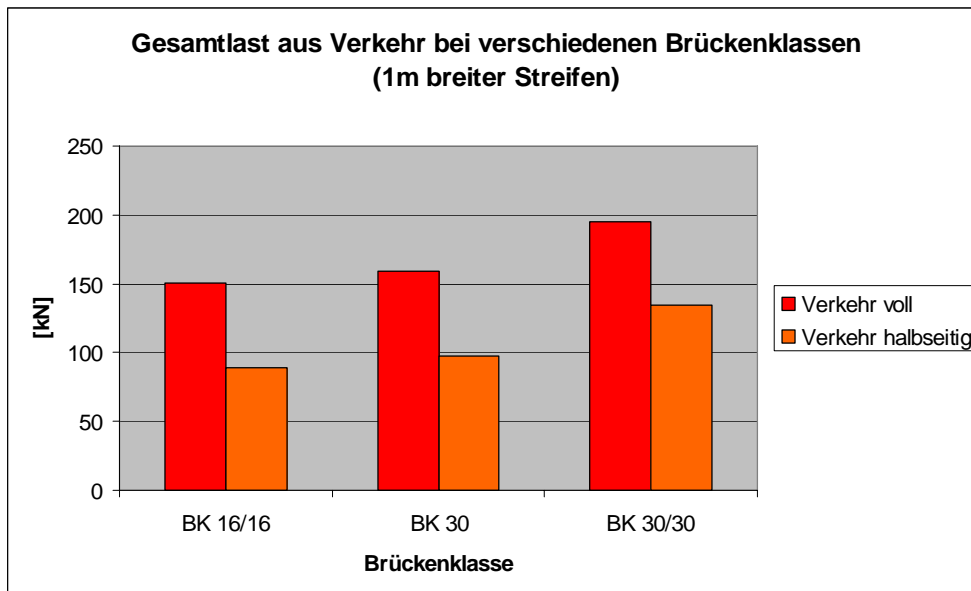
der Brückenklasse äußerst gering. Denn der Anteil der Verkehrslast auf 1 m breiten Brückenstreifen ist gegenüber den Eigenlasten aus dem Steinkörper und dem Aufbau bis Oberkante

Für verschiedene Brückenklassen BK 30 (nach alter DIN 1072), BK 16/16 und BK 30/30 sind die Lastbilder für Verkehr halbseitig in Abb. IV-113 für einen 1 m breiten Streifen dargestellt. Die Einzellasten aus den Achsen sind in Längsrichtung verschmiert worden. Die Lasten in Fahrtrichtung vor und hinter dem SLW ergeben sich bei den verschiedenen Brückenklassen zu der gleichen Größe. Das Lastbild für den Lastfall Verkehr voll sieht demnach für die genannten

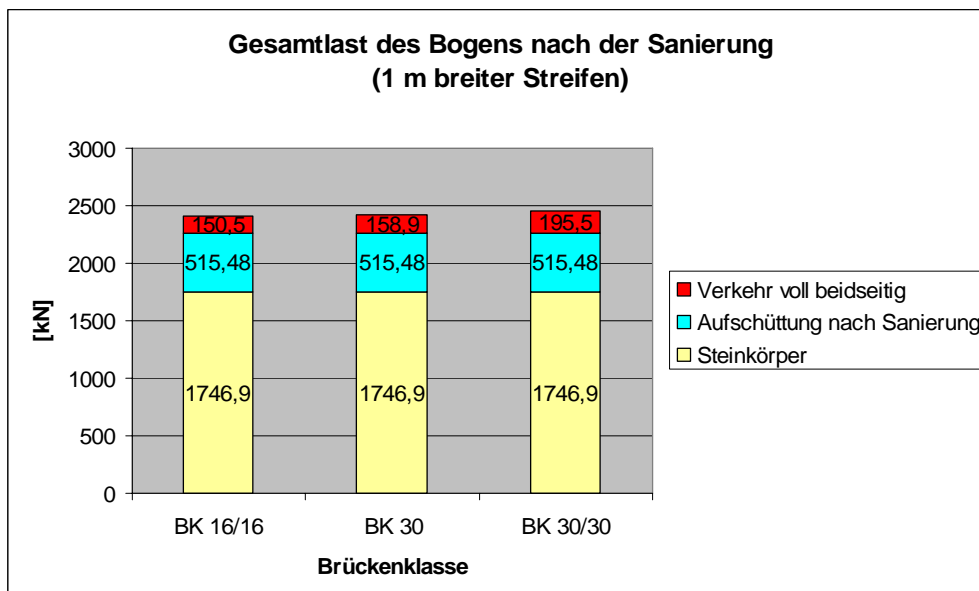
Die Anordnung des SLW erfolgte ungünstigst etwa im Viertelpunkt der lichten Weite analog zu der Anordnung der statischen Berechnung des Tiefbauamtes. Auf eine Einflusslinienauswertung zur Erfassung der ungünstigsten Laststellung wurde im Rahmen dieser Arbeit verzichtet. Bezogen auf die Gesamtlasten eines 1 m breiten Streifens durch Verkehr voll bzw. Verkehr halbseitig ist der Einfluss

⁵⁵⁶ Siehe Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Brücken- und Ingenieurbau, Heft B 5, Teil 1. Bedingung 2, S. 16.

Straße gering und macht bei Verkehr halbseitig ca. 6 %, bei Verkehr voll ca. 4 % aus (Diagr. IV-11 und IV-12). Die Nachrechnungen für den Ist-Zustand erfolgten mit dem gegenwärtigen Brückenaufbau⁵⁵⁷ und Verkehrslasten nach BK 30, für den sanierten Zustand mit dem erhöhten Eigengewicht aus der nichttragenden Betonschale und einer Verkehrslast der BK 16/16, um nicht zusätzlich zu einem erhöhten Eigengewicht auch noch die Verkehrslasten zu erhöhen, zumal sich die Fleischbrücke sowieso in der verkehrsberuhigten Zone befindet.



Diagr. IV-11: Vergleich der Brückenklasse 30 mit heute gültigen Brückenklassen 16/16 und 30/30



Diagr. IV-12: Anteile der Verkehrslasten an den Gesamtlasten des Bogens bei LF „Verkehr voll“

⁵⁵⁷ Brückenaufbau, so wie er nach den Bohrungen der LGA, dargestellt in Stolarski (2001 a), idealisiert wurde. Siehe Kap. IV. 2.3.1 „Geometrie des Brückenkörpers“, S. 151.

Verkehrslast bei räumlicher Belastung, BK 30

Die 3D-FEM-Berechnung wurde nur für den Ist-Zustand, BK 30, ausgeführt. Das entsprechende Lastbild nach DIN 1072 (1955) für halbseitige Verkehrsbelastung bezogen auf die Fleischbrücke zeigt Abb. IV-114. Bei der Unterscheidung halbseitiger Belastung Nord/Süd für den unsymmetrisch modellierten Intrados sind die Anordnung der Lasten zur z-Achse gespiegelt.

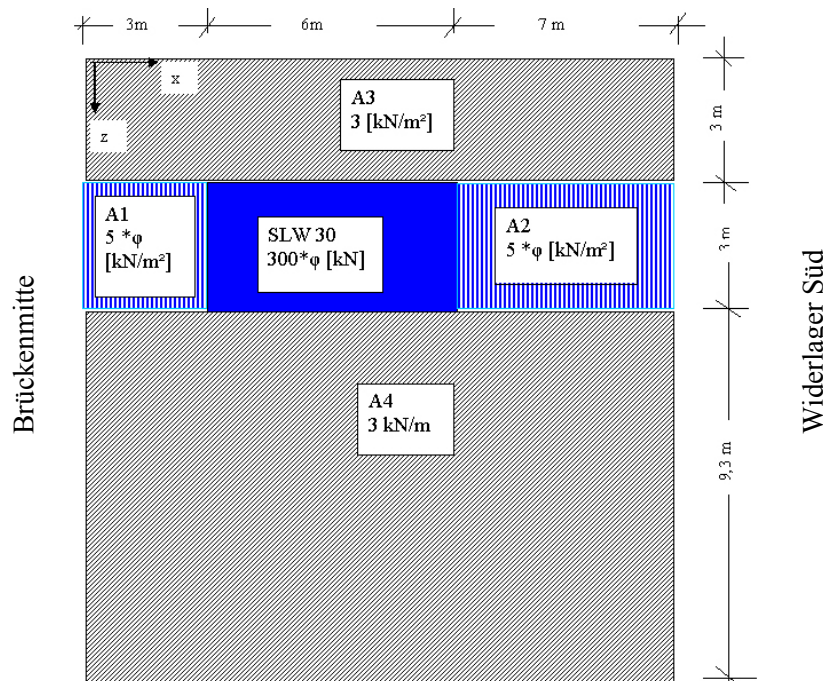


Abb. IV-114: Räumliche Verteilung der Lasten auf einer Brückenhälfte in der Draufsicht nach DIN 1072 (1952), BK 30 für den Ist-Zustand

Zulässige Spannung nach DIN 1053

Nach DIN 1053 ist ein Natursteinmauerwerk mit Steinfestigkeiten unter 20 MN/m^2 nicht zulässig, lediglich ein Mauerwerk der Güteklasse N4, dann aber auch mit einer Reduzierung der zulässigen Spannung σ_0 .

Bei der Fleischbrücke ergaben sich nach den Untersuchungen der Bohrkerne durch die LGA (2001) Steinfestigkeiten von $20,8 \text{ MN/m}^2$ und $14,6 \text{ MN/m}^2$, siehe Tab. IV-3, S. 153.

Die Grundwerte der zulässigen Spannungen schwanken in Abhängigkeit der Eingangswerte für Tabelle 14 der DIN 1053 (Tab. IV-8):

- der Güteklasse des Mauerwerks N1-N4 (Tabelle 13 der DIN 1053),
- der Steinfestigkeit und
- der Mörtelgruppe I-III (Tabelle A.1 und A.2 der DIN 1053).

Güte- klasse	charakteristische Steinfestigkeit (DIN 52105) β_{st}	Mörtelgruppe I	Mörtelgruppe II	Mörtelgruppe IIa	Mörtelgruppe III
	N/mm ²	MN/m ²	MN/m ²	MN/m ²	MN/m ²
N3	≥ 20	0,5	1,5	2,0	2,5
	≥ 50	0,7	2,0	2,5	3,5
	≥ 100	1,0	2,5	3,0	4,0
N4	≥ 20	1,2	2,0	2,5	3,0
	≥ 50	2,0	3,5	4,0	5,0
	≥ 100	3,0	4,5	5,5	7,0

Tab. IV-8: Ausschnitt aus Tabelle 14, DIN 1053: Grundwerte der zulässigen Spannung für Natursteinmauerwerk

Mörtelgruppe I für Kalkmörtel und beste Güteklasse für Quadermauerwerk N4 ergeben bei einer Steinfestigkeit von 20 MN/m² nur 1,2 MN/m² als zulässige Spannung. Dieser Wert wäre für eine Steinfestigkeit von nur 14,6 MN/m² sogar noch auf 75 Prozent abzumindern.

Es wird deutlich, dass die DIN 1053 so niedrige zulässige Spannungen anbietet, dass bei strenger Auslegung der Norm im Fall des historischen Mauerwerks der Fleischbrücke wegen der so geringen Steindruckfestigkeiten die Spannungsnachweise problematisch bis unmöglich sind. Das Tiefbauamt akzeptierte 1955 eine Spannung von 3,1 MN/m², Brandl setzte als zulässige Spannung 2,6 MN/m² an.

Einflüsse der Materialkennwerte in der statischen Berechnung

Eine statische Analyse lässt sich grob in zwei Phasen unterteilen:

- Erstens die der Modellbildung mit der Ermittlung der Beanspruchung und parallel dazu die Ermittlung der Beanspruchbarkeit und
- zweitens der Vergleich der Beanspruchung und der Beanspruchbarkeit und der Bewertung des Vergleichs.⁵⁵⁸

Die Ungereimtheit in den ermittelten Materialkennwerte des Sandsteins führt zu Unsicherheit in beiden Phasen, so dass ein gesicherter bewertender Tragfähigkeitsnachweis nicht möglich ist, sondern allenfalls vergleichende Betrachtungen. Die Höhe der Beanspruchbarkeit drückt sich u. a. in der Ermittlung der zulässigen Spannungen nach DIN 1053, Tabelle 14 aus, die sich wie dargelegt, aus drei Eingangswerten – der Mauerwerksart, der Steinfestigkeit und der Mörtelgruppe, also im Prinzip der Mörtelfestigkeit – ergibt. Die Unkenntnis einer größeren Palette von Messergebnissen der Steindruckfestigkeit (nur 2 Werte) und der Mörtelfestigkeiten (nur 1 Probe mit Ermittlung der Scherfestigkeit) macht somit die Festlegung einer zulässigen Spannung unmöglich.

Bei der Errechnung der Beanspruchung geht die Höhe der Mauerwerksdruckfestigkeit

- bei der grafostatischen Untersuchung und bei der linear-elastischen Stabwerksberechnung nicht ein,

⁵⁵⁸ Vgl. Busch (1998), S. 17.

- bei den FEM-Berechnungen, die ein Materialmodell mit Versagen oberhalb der Druck- und Zugfestigkeit implementiert haben, wird die Höhe der Mauerwerksdruckfestigkeit benötigt, weil oberhalb dieser Grenze ein Druckversagen (Zerquetschen) errechnet wird.

Selbst bei Vorliegen einer großen Anzahl von Messdaten der Stein- und Mörtelkenngrößen ist die Höhe der Mauerwerksfestigkeit nicht ohne weiteres berechenbar. Für Mauerwerk aus künstlichen Steinen lässt sich die Höhe der mittleren Mauerwerksfestigkeit aus der Steindruckfestigkeit und der Mörteldruckfestigkeit mit Hilfe der vertafelten Formfaktoren a , b , c berechnen.⁵⁵⁹ Für Natursteinmauerwerk existiert solch eine Formel nicht.

Das tatsächliche Verhalten des Natursteinmauerwerks kann nur mit Prüfkörpern beurteilt werden, deren Abmessungen Vielfache der Steinmaße sind und die somit eine ausreichende Anzahl Stoß- und Lagerfugen enthalten. Stiglat führte deshalb neben Betrachtungen an Druckfestigkeiten aus den Bohrkernen, die dem historischen Mauerwerk entnommen wurden, an vier großformatigen Probekörpern aus Sandstein Druckversuche an Bruchsteinmauerwerk durch (je zwei Prüfkörper mit den Außenabmessungen $b/d/h$ in cm = 100/100/120 bzw. 120/120/120 cm). Die Steine für die Proben stammten aus der Ruine des Schlosses Grottesau (Bauzeit 1588-1594) im Bereich eines Benediktinerklosters in Karlsruhe. Die Festigkeiten des vorgefundenen Mörtels „*waren realtiv hoch*“ (kein Zahlenwert), die Probekörper wurden mit Mörtelgruppe III gemauert. Er erhält Mauerwerksfestigkeiten von 11,1 N/mm² (12,7 % der Steinfestigkeiten).⁵⁶⁰

Da nicht ausreichend Messdaten der Steindruckfestigkeiten für die Fleischbrücke vorliegen, und die vorliegenden Ergebnisse als untypisch niedrig erachtet werden, wurde die Mauerwerksfestigkeit in den nichtlinearen FEM-Modellen in der Größenordnung, die Stiglat angibt, angesetzt, d. h. der untere Wert der Druckfestigkeit des Sandsteins wurde quasi als Mauerwerksfestigkeiten „interpretiert“ ($\beta_D = 14,6$ MN/m²).

Als E-Modul des Mauerwerks wurde analog der untere Wert des Sandsteins quasi als Mauerwerks-E-Modul angesetzt zu $E = 3272$ MN/m² (und liegt damit immer noch unter empfohlenen Rechenwerten für Sandsteinmauerwerk).⁵⁶¹ Die Zugfestigkeit β_Z des Mauerwerks wurde für die nichtlinearen FEM-Berechnungen mit 0,2 MN/m² festgelegt.⁵⁶²

⁵⁵⁹ Schubert (1996), Kap. 5.5.1.

⁵⁶⁰ Siehe Stiglat (1984 a und b). – Stiglat (1984 b), S. 99, schlägt letztlich Formeln als Hilfe für die praktische Beurteilung von Bruchsteinmauerwerk vor, die über die Kenntnis der Wichte und der Mörtelgruppe auf die Mauerwerksfestigkeit und zulässige Spannungen schließen lassen, die für Bruchsteinmauerwerk höher sind als in der DIN 1053 angegeben.

⁵⁶¹ Siehe Stiglat (1984 a), S. 54, nach Gabler $E = 8000$ MN/m² – Stiglat (1984 b), S. 99 $E = 5000$ MN/m².

⁵⁶² DIN 1053, Abschnitt 12.3.3 für Mauerwerk N4 $\max \sigma_z = 0,2$ MN/m².

IV. 3.5.2 Grafostatische Untersuchung, sanierter Zustand

Für den Ist-Zustand liegt die grafostatische Untersuchung des Tiefbauamtes von 1955 (BK 30, Eigengewicht halbseitig) vor.

Um daran anzuschließen, wird als Abschätzung des Bogens unter den Sanierungslasten und Verkehrslasten gemäß BK 16/16 ebenfalls eine grafostatische Stützlinienuntersuchung des Bogens durchgeführt (Abb. IV-115), maßstabsgerecht siehe Bd. 3 (Materialsammlung) Kap. 10 „Erstellte Pläne“.

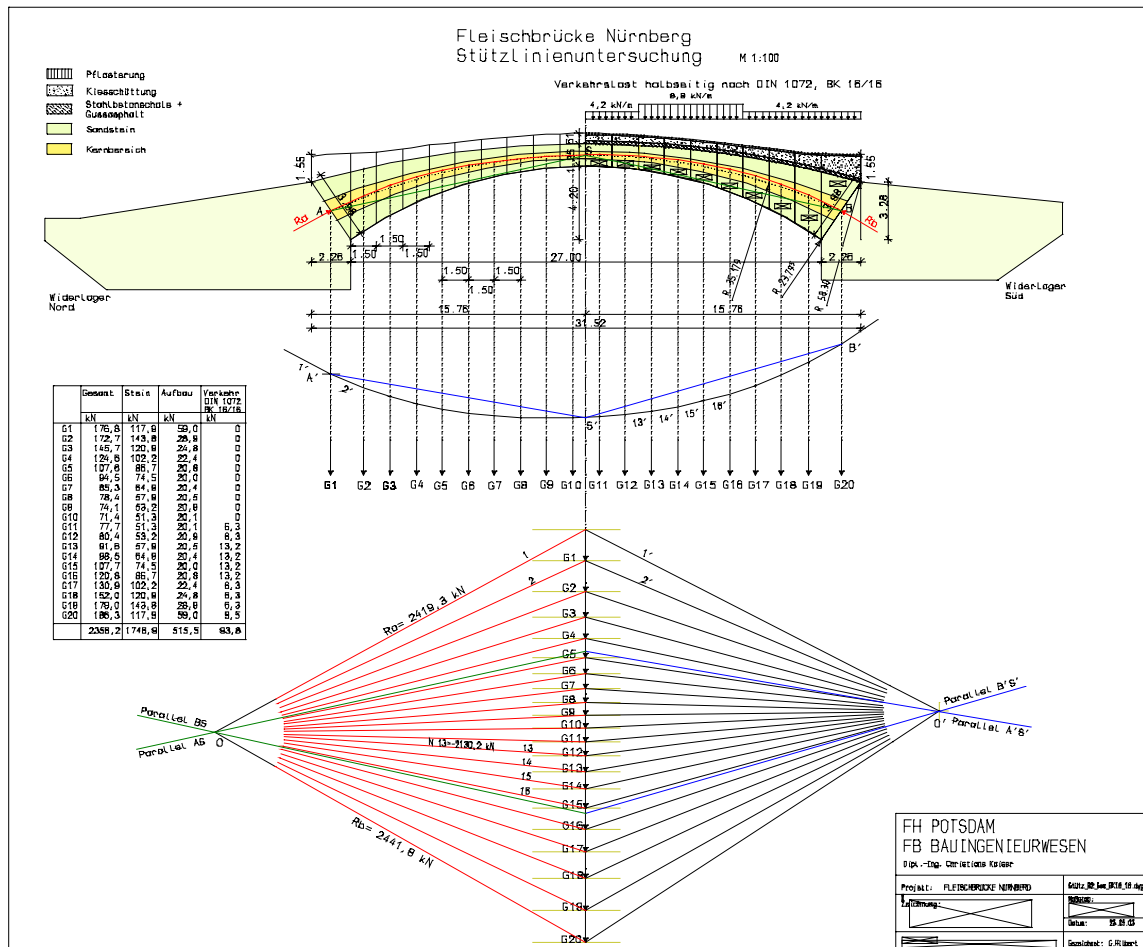


Abb. IV-115: Stützlinienuntersuchung für den sanierten Zustand, BK 16/16

Für die durchgeführte computergestützte, grafostatische Untersuchung eines 1 m breiten Streifens ist die Geometrie aus zwei Kreisbögen idealisiert mit einer Scheiteldicke von 1,25 m (statt 1,35 m) – auch wenn die lokalen Einschnitte angeblich später kraftschlüssig verfüllt werden. Durch die Wahl der zwei Kreisbögen liegt man im Scheitel durch eine zu kleine Dicke auf der sicheren Seite, der Extradosbogen geht durch die von der LGA ermittelten Bohrpunkte; in dem Zwischenbereich sind die Bogenstärken nicht durch entsprechende Bohrungen bestätigt, können also gegebenenfalls als zu dick angenommen worden sein. Die Asymmetrie des Intrados ist nicht berücksichtigt. Auch die Aufschüttungslasten sind symmetrisch idealisiert.

Für eine Auflast, wie sie nach der Sanierung auftritt – die Stahlbetonschicht ist wie von der Denkmalpflege verlangt nichttragend als Last angesetzt – und bei Ansetzen einer halbseitigen Verkehrslast nach BK 16/16 ergibt sich bei der grafostatischen Untersuchung, dass die Stützlinie im Kern liegt. Es treten nach dieser Idealisierung keine Zugspannungen auf:

$$|e| \leq \frac{h}{6} \quad \text{Kraft im Kern}$$

$$\sigma_{\text{unten}} = + \frac{M}{b \cdot h^2} + \frac{N}{b \cdot h} = \frac{N}{b \cdot h} \left(1 + \frac{6 \cdot e}{h} \right) \quad \text{für } e = \frac{h}{6} \quad \sigma_{\text{unten}} = \frac{2 \cdot N}{b \cdot h}$$

$$\sigma_{\text{oben}} = - \frac{M}{b \cdot h^2} + \frac{N}{b \cdot h} = \frac{N}{b \cdot h} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{h} \right) \quad \text{für } e = \frac{h}{6} \quad \sigma_{\text{oben}} = 0$$

Für den gefährdeten Querschnitt ergab sich die betragsmäßig größte Druckspannung von

$$\sigma_{\text{oben}} = -1,922 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \quad (\text{Abb. IV-116}).$$

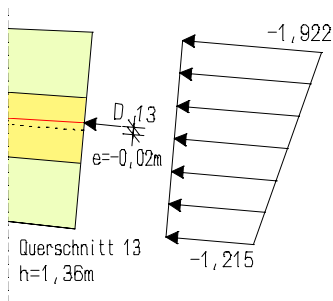


Abb. IV-116: Querschnitt mit der größten Druckspannung unter Verkehr halbseitig

Bei der grafostatischen Untersuchung des Tiefbauamtes ergaben sich größere Spannungen als bei der vorliegenden Stützlinienuntersuchung. Das hat im Wesentlichen zwei Gründe:

1. Das Tiefbauamt hat 1955 bei gleicher Kämpferstärke nur 1 m Scheiteldicke angesetzt. In der vorliegenden Untersuchung ist der Scheitel 25 % stärker. Da die Stelle der größten Spannungen in der Nähe des Scheitels liegt, ist dieser Unterschied entscheidend.
2. Es ergibt die BK 16/16 mit zwei Spuren geringfügig kleinere Verkehrslasten im Bereich des SLW als die BK 30 (8,8 kN/m statt 10,2 kN/m).

Mit diesem Verfahren würde auch für die geänderten Auflastbedingungen und veränderten Verkehrslasten die Einstufung der Tragfähigkeit des Bogens in die BK 16/16 möglich sein, wenn man die gleichen Kriterien wie 1955 das Tiefbauamt zugrunde legt, das Spannungen von 3 MN/m² akzeptierte. Für größere Spannweiten wie die der Fleischbrücke ist ein grafostatisches Verfahren zur Einstufung in eine Brückenklasse heute nicht mehr zulässig.

IV. 3.5.3 FEM – Stabwerksberechnung mit RSTAB

Ist-Zustand mit Verkehrslasten nach BK 30

Modellbildung und Materialgesetz

Die Stabwerksberechnung mit dem FEM-Programm RSTAB arbeitet mit einem linear-elastischen Werkstoffgesetz. Der Elastizitätsmodul ist eine Konstante. Die Tatsache, dass bei Überschreiten der Zugfestigkeit im Material Risse auftreten, die eine Spannungumlagerung zur Folge haben, kann damit programmintern nicht berücksichtigt werden.

Für die Berechnung mit RSTAB wurde der Bogen durch 21 Knoten und 20 Stäbe mit unterschiedlichen Querschnittshöhen h am Stabanfang und -ende idealisiert (Abb. IV-117 und IV-118).

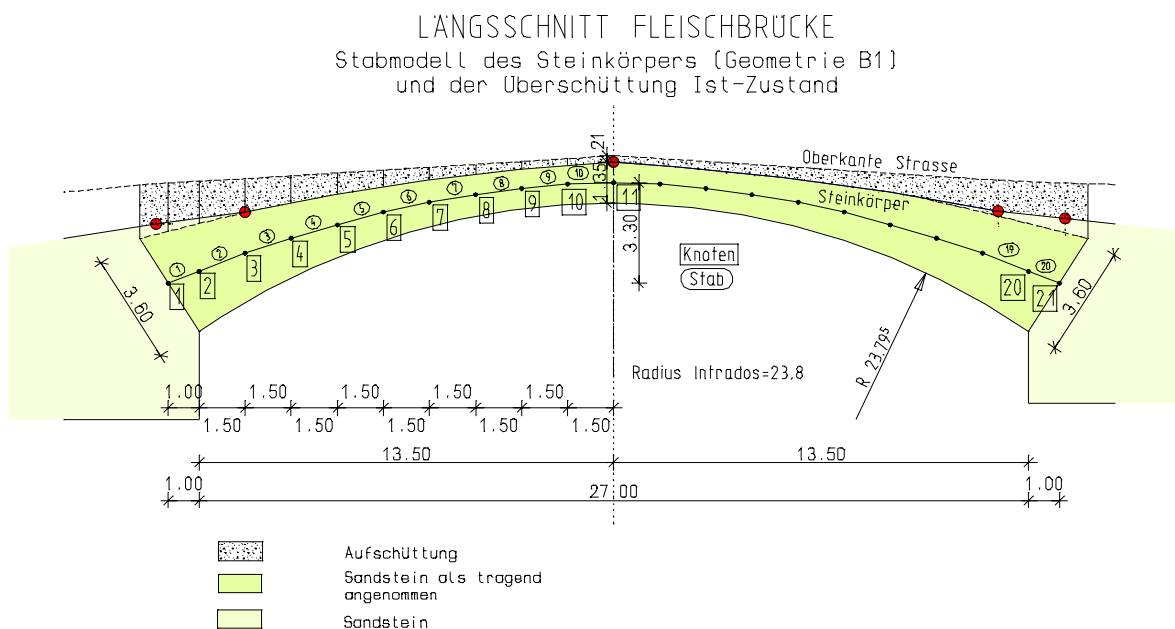


Abb. IV-117: Lage des Bogens und Idealisierung der Schwerachse. Idealisierter Bogen der Steinbrücke mit Überschüttung im Ist-Zustand. Die roten Punkte markieren die Messpunkte, bei denen nach Bohrung der LGA der Steinkörper des Bogens angetroffen wurde.

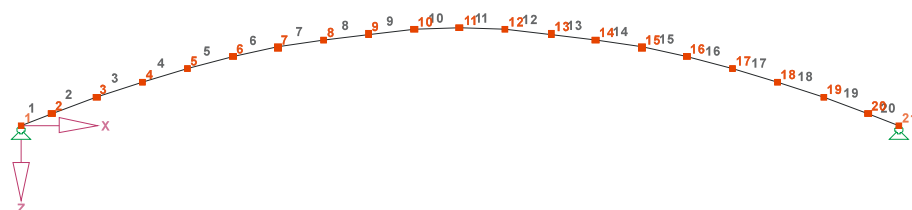


Abb. IV-118: Knotennummerierung beim Stabmodell in RSTAB als eingespannter Bogen und Zweigelenbogen

Berechnung und Ergebnisse

Das Programm liefert als Ergebnis die Knotenverformungen und die Schnittgrößen (Moment, Querkraft und Normalkraft) jedes Stabes. Spannungen für nicht zugfestes Material dagegen berechnet RSTAB nicht. Deshalb erfolgte nach der FEM-Berechnung der Lastfälle Eigenge-

wicht, Verkehr voll und Verkehr halbseitig jeweils der Transport der Schnittgrößen je Stabfang und -ende aus dem Ergebnisprotokoll von RSTAB in das Tabellenkalkulationsprogramm EXCEL. Dort wurden die Spannungen σ_{unten} und σ_{oben} unter Berücksichtigung des nicht zugfesten Mauerwerks in Abhängigkeit von der Exzentrizität $e = M/N$ vorzeichengerecht tabellarisch berechnet sowie die Stützzlinie in Diagrammform dargestellt.⁵⁶³

Ergebnisse bei der Berechnung als Zwei- und Dreigelenkbogen

Sowohl beim Zwei- als auch beim Dreigelenkbogen verbleibt bei allen drei Lastfällen die Stützzlinie im Kern. Die Hauptbedingung zur Stabilität ist also erfüllt.

Gegenüber dem Dreigelenkbogen ergibt das einfach statisch unbestimmte System des Zweigelenkbogens einen etwas geringeren Horizontalschub und insofern etwas geringere Normalkraft im Scheitel. Dafür entsteht aber im Scheitel auch ein Moment und somit eine Exzentrizität, die die Randspannung wiederum etwas erhöht.

Ergebnisse bei der Berechnung als eingespannter Bogen

Die Berechnung als eingespannter Bogen mit den extrem starken Kämpfern, die in der ersten Geometrie sogar „nur“ mit 3,6 m angesetzt wurden, führte im Ist-Zustand bei den Lastkombinationen Eigengewicht (g), Eigengewicht + Verkehr beidseitig (g + p) und Eigengewicht + Verkehr halbseitig (g + p halbseitig) zu keinem akzeptablen Ergebnis, weil durch die extrem starken Kämpfer die Einspannung so hoch ist, dass die Stützzlinien nicht nur bei h/6 den Kern verlassen, nicht nur bis h/3 außermittig stehen, was einem Aufreißen bis zur Schwerachse entspräche, sondern sogar aus dem Querschnitt laufen, was bei nicht zugfestem Mauerwerk zu keinem Gleichgewichtszustand mehr führt.

- LF g: Abb. IV-119

Es fällt die Stützzlinie nur direkt am Kämpfer knapp aus dem Querschnitt.

$e = 1,84 \text{ m} > h/2 = 1,8 \text{ m}$, d. h. der Bogen wäre nicht standsicher. Ab Knoten 2 und 20 verläuft sie innerhalb des Querschnitts und ab Knoten 5 bzw. 17 verläuft die Stützzlinie im Kern (Knotennummen siehe Abb. IV-118).

- LF g + p voll: Abb. IV-120

In den Randbereichen des Bogens verlässt die Stützzlinie den Kern, links etwa bei Knoten 5 und ab rechts ab Knoten 16. Auf der dem SLW abgewandten Seite liegt sie zumindest noch knapp im Querschnitt ($e = 1,76 \text{ m}$), auf der rechten liegt sie knapp außerhalb des Querschnitts ($e = 1,86 \text{ m}$)

- LF g + p halbseitig: Abb. IV-121

Hier verlässt auch in Bogenmitte die Stützzlinie knapp den Kern nach unten Richtung Intrados. An den Kämpfern des Bogens auf der Seite des SLW liegt die Stützzlinie noch weiter außerhalb des Querschnitts als bei g + p ($e = 1,93 \text{ m}$), auf der dem SLW abgewandten Seite bleibt sie stärker im Querschnitt ($e = 1,71 \text{ m}$).

Nach diesem Schritt müsste der Bogen als nicht standfest beurteilt werden.

⁵⁶³ Die Stützzlinie des Bogens ist die Linie, die die Schnittpunkte der Druckkräfte für die einzelnen Bogenteile untereinander verbindet. Vgl. Ramm, Wagner (1958), S. 220.

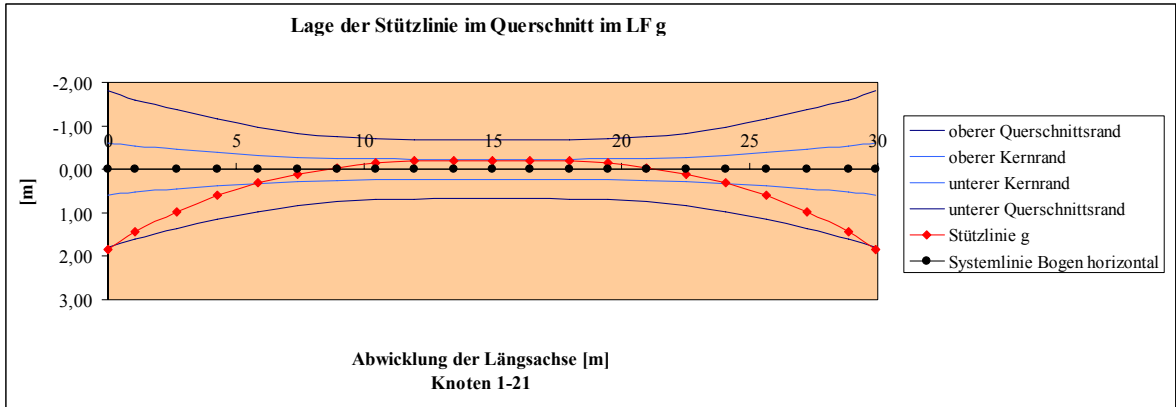


Abb. IV-119: Stützlinie des eingespannten Systems im Lastfall Eigengewicht, Ist-Zustand, BK 30

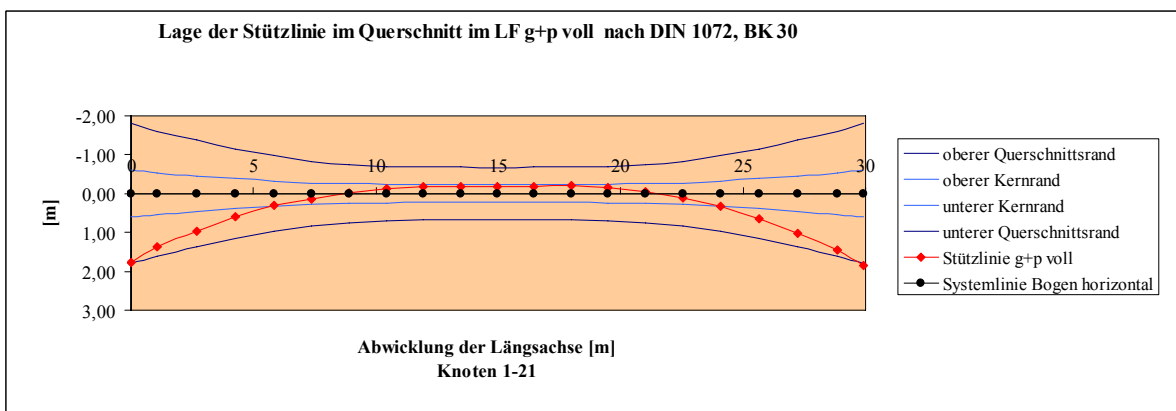


Abb. IV-120: Stützlinie des eingespannten Systems im Lastfall Eigengewicht und Verkehr voll, Ist-Zustand, BK 30

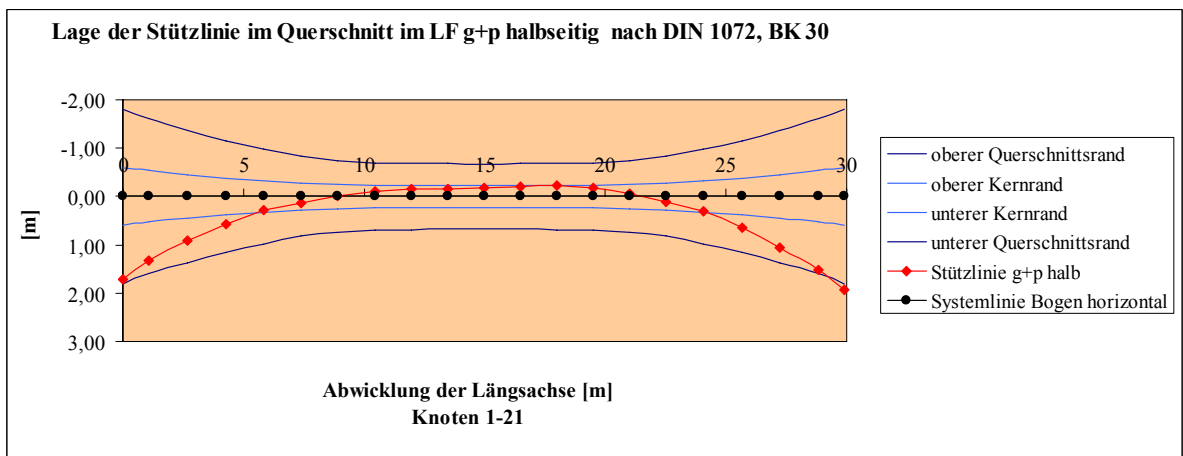


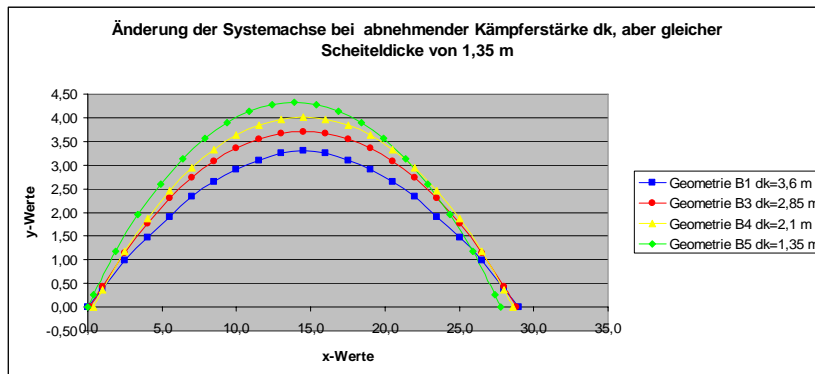
Abb. IV-121: Stützlinie des eingespannten Systems im Lastfall Eigengewicht und Verkehr halbseitig, Ist-Zustand, BK 30

Iterationsprozess, erneutes Berechnen

Das Mauerwerk reißt an den Kämpfern vom Extrados her ein und muss iterativ mit neuen Querschnittswerten berechnet werden. Deshalb wurde die erste Geometrie (B1) sukzessive so verändert, dass der als tragend angesetzte Bogen geringere Aufweitungen an den Kämpfern erhält. Diese Vergleichsrechnungen in RSTAB und die nachfolgende Spannungsberechnung in EXCEL wurden nur für den Lastfall g + p halbseitig durchgeführt. Das Eigengewicht des als tra-

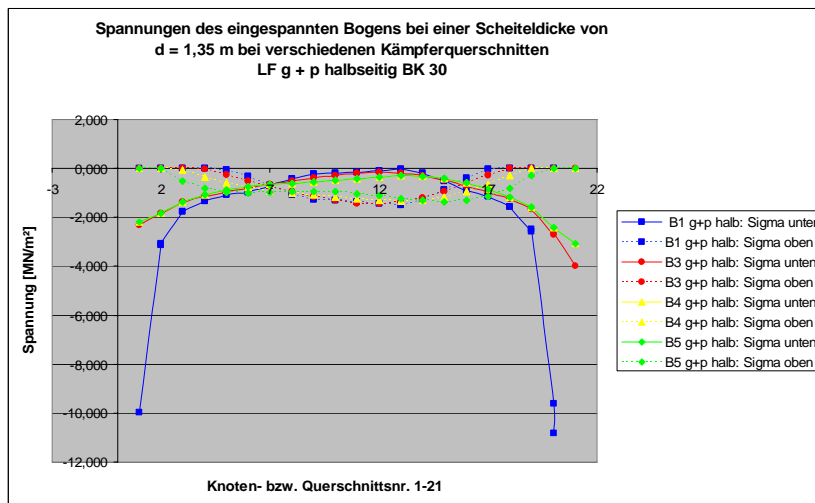
gend modellierten Bogens erfolgt in RSTAB automatisch. Die Steinflächen, die in diesen beiden Rechnungen jetzt als *nicht mehr tragend* gelten – aus der CAD-Zeichnung ermittelt –, wurden stabweise der Aufschüttung zugerechnet, ebenfalls mit dem spezifischen Gewicht des Steines von $\gamma_{\text{Stein}} = 27 \text{ kN/m}^2$.

Durch diese Veränderung des als tragend angesetzten Bogens verändert sich auch sukzessive die Systemlinie des idealisierten Systems für RSTAB (Diagr. IV-13). Der Stich zwischen Einspannpunkt der Systemachse zum Scheitel der Systemachse wird größer, die Spannweite der Systemachse wird etwas geringer.



Diagr. IV-13: Ausgehend von B1 iterierte Bogegeometrien

verringern sich die Spannungen bei den Kämpfern. Im Mittenbereich wachsen sie nur unwesentlich an (Diagr. IV-14).⁵⁶⁵



Diagr. IV-14: Spannungsverläufe σ_{oben} und σ_{unten} bei verschieden starken, als tragend angesetzten Bogegeometrien, Ist-Zustand, BK 30

Bei dieser rechnerischen Maßnahme verändert sich der Spannungsverlauf positiv, die Stützlinien verbleiben im Querschnitt und weitgehend innerhalb von $h/3$, was nur ein Aufreißen bis zur Schwerachse (des neuen Bogensystems) bewirkt.⁵⁶⁴ Dadurch

Um die Unterschiede der Spannungen etwas genauer zu erkennen, sind in Diagr. IV-15 nur die Spannungen aus den Systemen mit einer Kämpferdicke von $d_k = 2,85 \text{ m}$, $d_k = 2,10 \text{ m}$ bis hin zu einem Bogen gleicher Ringdicke mit $d_k = 1,35 \text{ m}$ dargestellt.

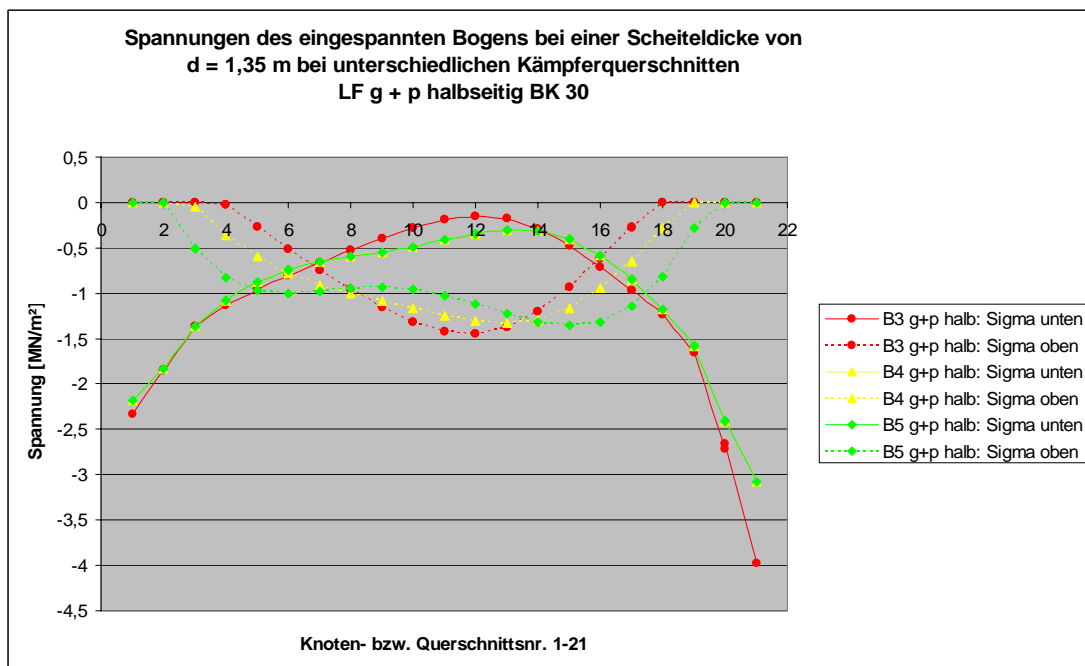
⁵⁶⁴ Die in der Übersicht dargestellten Spannungsverläufe sind bis auf die Einspannstellen an derselben Stelle x des Bogens, da aber die Höhe der Systemachse und der Winkel der Querschnittsfläche sich leicht ändert, sind die an einem Knoten verzeichneten Spannungen nicht ganz direkt am Intrados und Extrados an der selben Stelle. Dennoch zeigt sich in der Grafik der Einfluss der Veränderung.

⁵⁶⁵ Bei der Geometrie B1 fehlen die Knotenwerte für Knoten 1 und 21, da an diesen Querschnitten kein rechnerisches Gleichgewicht möglich war.

Letztlich verschieben sich bei $d_k = 1,35$ m gegenüber $d_k = 2,10$ m nur noch die Formen der Kurven geringfügig. Die Bäuche wandern bei schwächer angesetztem Bogen mehr in Richtung SLW.

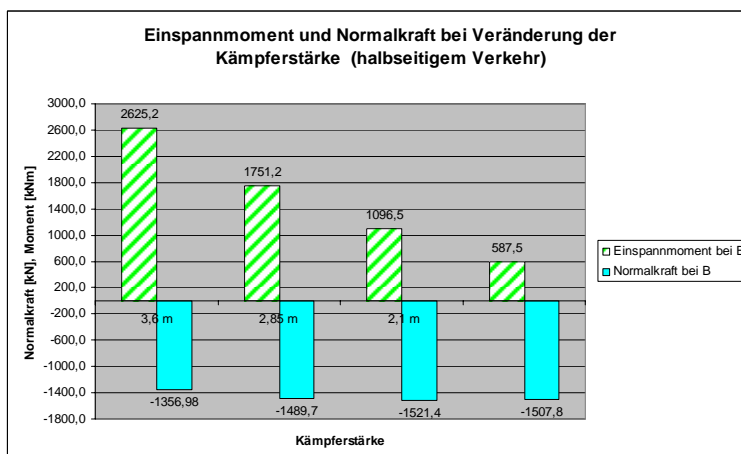
Insgesamt zeigen sich folgende Maximalspannungen (Diagr. IV-15):

- auf der Oberseite im mittleren Bereich des Bogens etwa $\sigma_{\text{oben}} \approx -1,5$ MN/m²,
- am Intrados im Bereich der Kämpfer von $\sigma_{\text{unten}} = -3,1$ MN/m² an dem SLW zugewandten Auflager und
- im mittleren Bereich des Bogens von etwa $\sigma_{\text{unten}} \approx -0,5$ MN/m².



Diagr. IV-15: Vergleich der Spannungen bei verschiedenen Kämpferquerschnitten im Lastfall Eigengewicht und Verkehr halbseitig

Es wird deutlich, dass der schwächer angesetzte „tragende“ Bogen dem Rechnung trägt, dass sich der Werkstoff Mauerwerk den Spannungen zu entziehen vermag.



Diagr. IV-16: Tragwirkung bei Veränderung der Kämpferstärke, Ist-Zustand, BK 30

Über einen geänderten Lastabtrag – nämlich wesentlich stärker über die Normalkräfte als über die Tragwirkung des Momentes – trägt der Bogen letztlich die Kräfte in die Fundamente ab (Diagr. IV-16, B bezeichnet das dem SLW zugewandte Auflager).

Sanierter Zustand mit Verkehrslasten nach der BK 16/16

Nach den Vergleichsberechnungen des Ist-Zustandes wird für eine Abschätzung der Belastung der Fleischbrücke nach der konstruktiven Instandsetzung nur noch die iterierte Geometrie zugrunde gelegt, die sich beim Ist-Zustand als wirksam erwies: dass eingespannte System für die Geometrie B4, allerdings mit Verkehrslasten der BK 16/16 nach der heute gültigen DIN 1072 (Abb. IV-122).

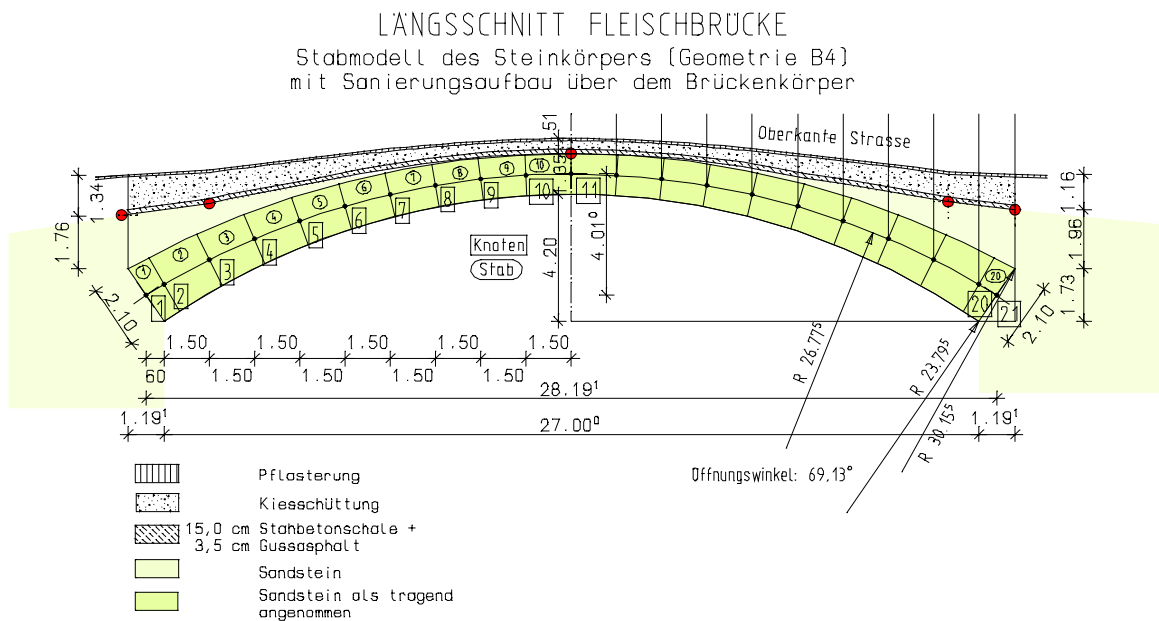


Abb. IV-122: Idealisierung des tragenden Bogens mit dem Aufbau über dem Brückenkörper für den instandgesetzten Zustand

Als Ergebnis zeigt sich, dass bei dieser angesetzten Idealisierung die Stützlinie im Bereich der Kämpfer im Kern innerhalb von $\pm h/3$ verbleibt, was ein Aufreißen bis maximal zur Schwerachse bedeutet. In den restlichen Querschnitten verläuft die Stützlinie im Kern, also auch im Scheitelpunkt bleibt der Querschnitt überdrückt.⁵⁶⁶

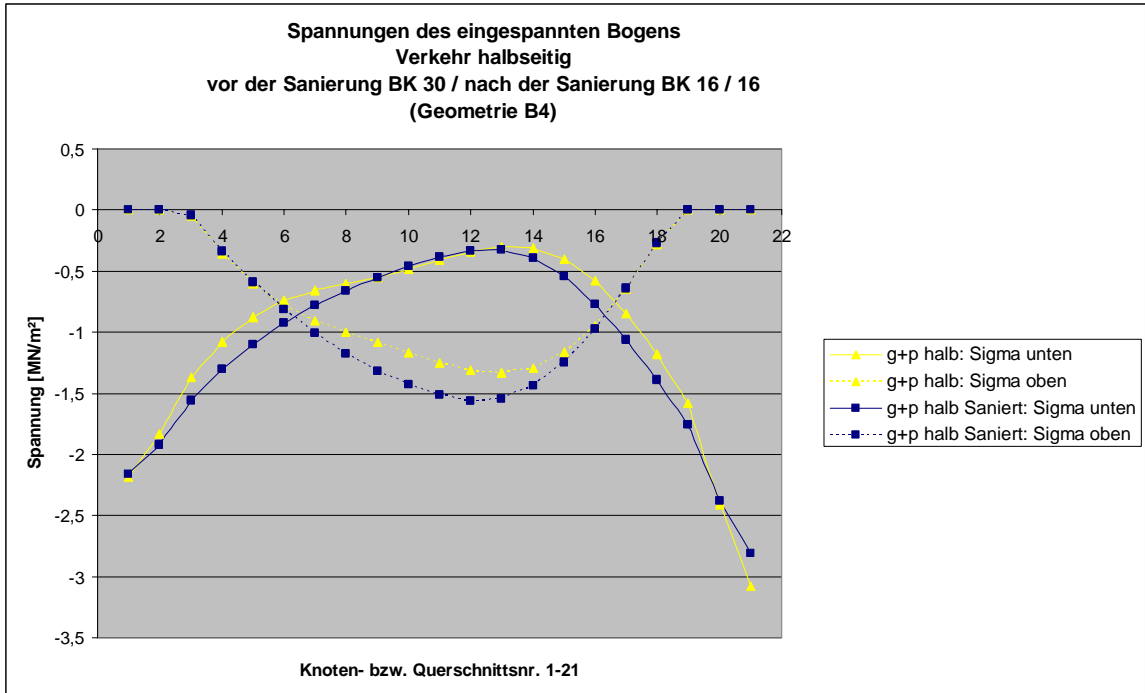
Ein Vergleich der Spannungsverläufe aus dem Ist-Zustand und dem sanierten Zustand für die gleiche idealisierte Kämpferstärke zeigt (Diagr. IV-17), dass sich die Spannungen auf der Bogenunterseite am Kämpfer nicht stark unterscheiden, an der dem SLW zugewandten Seite sogar etwas geringer ausfallen mit:

$$\sigma_{\text{unten}} = -2,8 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}.$$

Auf der Bogenoberseite reißt der Querschnitt in Kämpfernähe, in Bogenmitte dagegen verstärken sich die Spannungen gegenüber der Situation vor der Sanierung, bleiben aber mit

$$\sigma_{\text{unten}} = -1,6 \text{ MN/m}^2 \text{ weit unter den Spannungen an den Kämpfern.}$$

⁵⁶⁶ Auch mit diesem reduzierten idealisierten Querschnitt würde nach Schreyer, Ramm, Wagner (1958), S. 220, Zitat auf S. 179, das Beurteilungskriterium für das Stützlinienverfahren mit Hilfe der Elastizitätstheorie für Gewölbe ohne Gelenke nicht erfüllen, da die Stützlinie in obigem Fall im Kämpferbereich nicht mehr im Kern verläuft.



Diagr. IV-17: Spannungsvergleich im Lastfall Eigengewicht und Verkehr halbseitig vor und nach der Sanierung

IV. 3.5.4 FEM – Scheibenberechnung mit ATENA

Ist-Zustand

Modellbildung, Netz, Elemente und Lagerung

Für die Idealisierung als zweidimensionales Kontinuum erfolgte eine ebene Scheibenberechnung unter Einbeziehung der Fundamente mit dem FEM-Programm ATENA für einen 1 m breiten Streifen. Die Idealisierung des Steinkörper erfolgte nach Abb. IV-83, S. 151.

Das Modell hat 2507 Knoten und 2207 Elemente des Typs CCIsoQuad, isoparametrische, vierseitige Elemente mit 4 Integrationspunkten (Abb. IV-123). Die Lagerung unter den horizontal liegenden Widerlagern und den Schrägen als Festlager oder Gleitlager (senkrecht zur schrägen Ebene angesetzt) ergab keine Ergebnisunterschiede in den interessierenden Bereichen des Bogens.

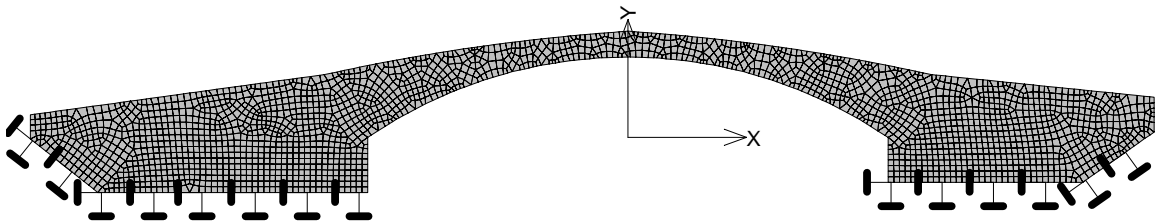


Abb. IV-123: Umsetzung in ATENA

Materialgesetz

Als Materialgesetz innerhalb von ATENA wurde das vordefinierte SBETA- Materialgesetz für Beton angesetzt, modifiziert in der Druckfestigkeit β_{Druck} (entspricht R_c), der Zugfestigkeit β_{Zug} (entspricht R_t) und dem Elastizitätsmodul E . Da bei den Werten für die Druckfestigkeit nur der Wert für die Steindruckfestigkeit vorliegt, wurde zunächst dieser Wert angesetzt. Die Druckfestigkeit des Mauerwerks ist nicht bekannt, aber wegen der geringeren Festigkeit des Mörtels in jedem Fall geringer. Vergleichsrechnungen mit 50 Prozent der Steindruckfestigkeit als ange-setzte Mauerwerksfestigkeit war bei der gegebenen Belastungssituation ohne Einfluss auf die Rissbildung und die Ergebnisse der extremalen Hauptdruckspannungen. Die auftretenden Druckspannungen sind wesentlich geringer, so dass es nicht zum Überschreiten der Druckfestigkeit kommt. Das nichtlineare Verhalten wird nur durch die Ausbildung der Risse widergegeben. In den Bereichen niedriger Druckspannungen verhält sich das Material SBETA laut Materialgesetz annähernd linear.

Das nichtlineare Verhalten von Beton im zweiachsigen Spannungszustand wird durch die sogenannte effektive Spannung σ_c^{ef} und die äquivalente einachsige Dehnung ε^{eq} beschrieben. Die effektive Spannung ist in den meisten Fällen eine Hauptspannung. Die äquivalente einachsige Dehnung dient der Eliminierung des Poisson'schen Effektes im ebenen Spannungszustand:

$$\varepsilon^{\text{eq}} = \frac{\sigma_{ci}}{E_{ci}}.$$

Die äquivalente einachsige Dehnung kann als eine Dehnung betrachtet werden, die durch eine Spannung σ_{ci} in einem einachsigen Test mit dem Modul E_{ci} verbunden mit der Richtung i hervorgerufen wird. Innerhalb dieser Annahme wird die Nichtlinearität, die einen Schaden repräsentiert, nur durch die herrschende Spannung σ_{ci} verursacht. Die Spitzenwerte der Spannung bei Druck R_c^{ef} und bei Zug R_t^{ef} werden gemäß des zweiachsigen Spannungszustandes berechnet. Deshalb spiegelt das äquivalente einachsige Spannungsdehnungsgesetz den zweiachsigen Spannungszustand wieder. Mit der oben definierten Spannungs-Dehnungsbeziehung wird der Elastizitätsmodul für die Steifigkeitsmatrizen berechnet (Abb. IV-124).⁵⁶⁷

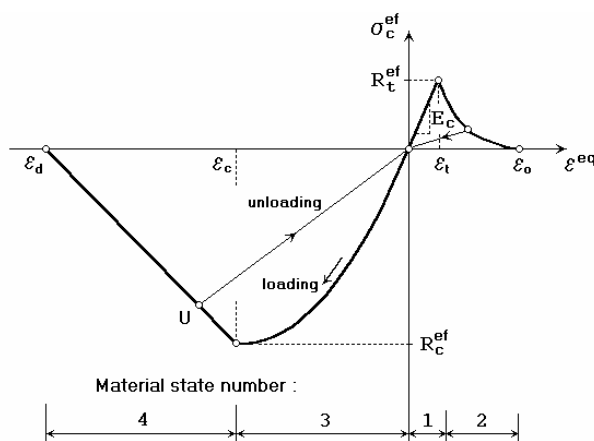


Abb. IV-124: Einachsiges Spannungs-Dehnungs-Gesetz für Beton. In ATENA: Theorie Part 1 Abb. 2.1-4

Dieses in ATENA implementierte Materialgesetz von SBETA repräsentiert nichtlineares Materialverhalten. Wenn die effektive Zugfestigkeit überschritten wird, bilden sich Risse aus, der Bereich entzieht sich dem Lastabtrag. Wenn dagegen die effektive Druckfestigkeit überschritten wird, zerbröselt das Material und es ist keine rechnerische Laststeigerung mehr möglich. Im Fall der Fleischbrücke bei Verkehrslasten bis BK 30/30 entstehen keine Druckspannungen in dieser Größenordnung. Das

nichtlineare Verhalten wird also vorrangig durch Überschreiten der Zugfestigkeit bestimmt.

Berechnung und Ergebnisse

Für nichtlineares Verhalten sind die Lasten schrittweise nacheinander aufzubringen, in folgenden Berechnungsschritten:

- Step 1: Eigengewicht des Steinkörpers,
- Step 2: Aufschüttung vor Sanierung,
- Step 3: Verkehr halbseitig nach Brückenklasse 30 und
- Step 4: Differenzlast zur Brückenklasse 30/30.⁵⁶⁸

Neben der Tatsache, dass das in der Idealisierung vorausgesetzte isotrope, verschmierte Materialgesetz für anisotropes Mauerwerk nur eine Abschätzung bieten kann, sind auch noch programminterne Gegebenheiten bei der Interpretation der Berechnungsergebnisse zu betonen:

1. Die errechneten Werte (mit Angabe der Stellen hinter dem Komma) dürfen nicht darüber hinweg täuschen, dass die errechneten Dehnungen und Hauptspannungen wesentlich davon abhängig sind, welche Voreinstellung für die Rissenergie und sonstige Parameter, auch die der Steuerung der nichtlinearen Rechnung, eingestellt sind.

⁵⁶⁷ ATENA, Theory.

⁵⁶⁸ Die Lasten für den definierten Ist-Zustand nach BK 30 sind nach Step 3 erreicht, die Differenzlast zur BK 30/30 soll nicht zum Tragen kommen, sie diene nur zur Abschätzung der Auswirkungen bei Verkehrslaststeigerung.

- Die angegebenen Spitzenwerte der Hauptdruckspannung im Bereich des Intrados bei den Kämpfern sind als lokale Spannungsspitzen zu betrachten, die in dieser Größe nicht tatsächlich erreicht werden, da die einspringende Ecke eine Singularität in der Geometrie darstellt und sich dadurch an dieser Stelle in der FEM-Berechnung örtlich zu hohe Spannungen einstellen. Sie würden mit enger werdender Elementierung weiter anwachsen.
Insofern sind sie nicht zum direkten Vergleich mit anderen Netzen bzw. anderen Idealisierungen geeignet, wohl aber, um den Einfluss der Laststeigerung innerhalb des gewählten Netzes zu beobachten.

Selbiges gilt entsprechend gleichermaßen für die 3D-FEM-Berechnung.

Rissbildung

Während der Iterationen der nichtlinearen Berechnung bilden sich Risse aus, die am Ende der Gleichgewichtsiteration zu wenigen Rissen führen. Es zeigen sich wie bei dem Stabmodell die Zugspannungen am Extrados in Kämpfernähe (Abb. IV-125). Im Wesentlichen trägt ein Ring, der keine massive Aufweitung zu den Kämpfern hin aufweist.

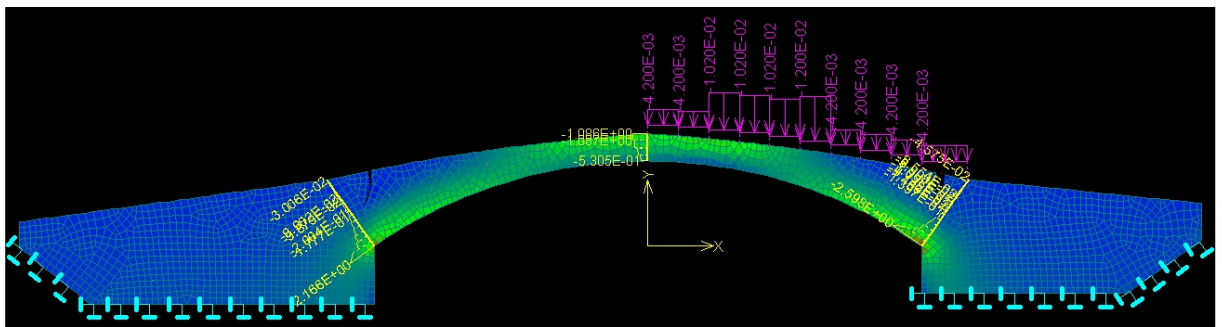
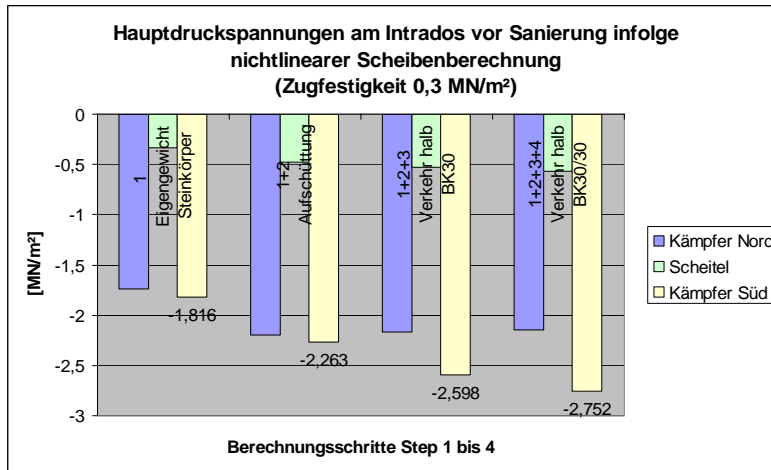


Abb. IV-125: Ausbildung von Rissen an der Bogenoberseite im Bereich der Kämpfer für Belastung aus Eigengewicht des Steinkörpers und der Aufschüttung sowie Verkehrslasten BK 30, halbseitig.

Spannungen

Insgesamt bewegen sich die Spannungen (auch die Werte an den einspringenden Ecken) unterhalb der in dem Stabmodell berechneten Größen. Bei sukzessive aufgebraachten Lasten kann man die Entwicklung der Hauptdruckspannungen und der Rissbildung bei ATENA verfolgen. Die Ergebnisse sind an drei ausgewählten Stellen des Bogens am Intrados gegenübergestellt (Diagr. IV-18):

- am Kämpfer Nord (dem SLW abgewandte Seite),
- genau in Scheitelmitte,
- am Kämpfer Süd (dem SLW zugewandte Seite).



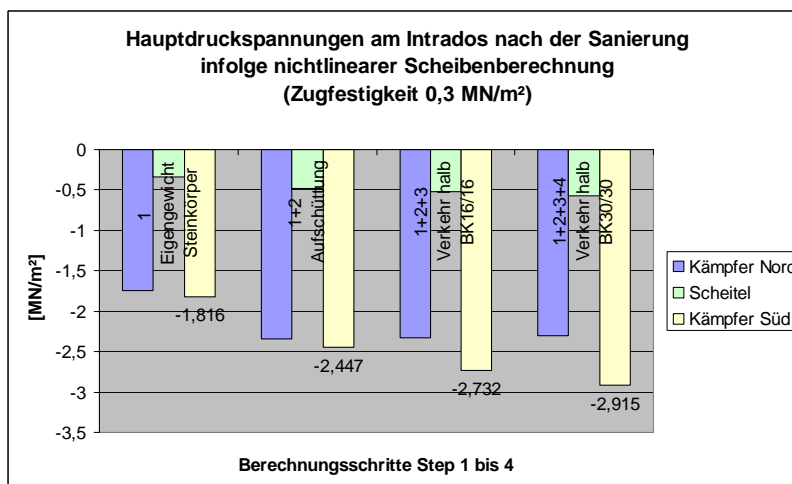
Diagr. IV-18: Ist-Zustand, BK 30: Hauptdruckspannungen am Intrados aus der Scheibenberechnung mit ATENA

Am Kämpfer Nord steigt die Spannung beim rechnerischen Aufbringen der Aufschüttung (Step 2). Bei Verkehr halbseitig BK 30 nimmt sie etwas ab, noch etwas stärker bei BK 30/30. Hingegen steigt am rechten Kämpfer die betragsmäßige Spannung beständig.

Die Spannungen am unteren Bogenrand im mittleren Bogenbereich bleiben auch bei der Scheibenberechnung bei Eigengewicht überdrückt. In Bogenmitte sind die Spannungen am oberen Bogenrand betragsmäßig größer als am Intrados. Sie liegen im Scheitel (BK 30, Eigengewicht und Verkehr halbseitig) beim oberen Rand bei $-1,09 \text{ MN/m}^2$.

Sanierter Zustand, Ergebnisse

Für den sanierten Zustand unter Berücksichtigung der veränderten Auflasten aus dem Brückenaufbau zeigen sich die entsprechenden Werte der Hauptdruckspannungen nach Diagr. IV-19.



Diagr. IV-19: Sanierter Zustand, Ergebnisse der aufeinander folgenden Schritte der Analysis: Principal Stress MIN am Intrados aus der Scheibenberechnung mit ATENA

Am Intrados des stärker belasteten Kämpfers steigern sich für den Zustand nach der Sanierung die Spitzenwerte der Hauptdruckspannungen

- von BK 30 im Ist-Zustand auf BK 16/16 um ca. 5 %,
- von BK 30/30 im Ist-Zustand auf BK 30/30 um ca. 6 %.

IV. 3.5.5 FEM – dreidimensionale Berechnung mit ANSYS

Modellbildung, Netz, Elemente und Lagerung

Modellierung der Aufschüttung

Stein und Aufschüttung sind mit unterschiedlichen Elementtypen und verschiedenen Materialien (Abb. IV-126) modelliert.⁵⁶⁹ Damit die Aufschüttung im Prinzip wie eine Flächenlast wirkt, die nur vertikale Lasten nach unten abgibt (wie eine inkompressible Flüssigkeit), wurde die Querdehnzahl auf $\nu = 0,49$ gesetzt. Das bedeutet, dass bei vorhandenen Dehnungen die Spannungen gegen Null gehen. Für $\nu = 0$ wird die Kopplung der Verschiebungen in Raumrichtung aufgehoben.⁵⁷⁰

In der Matrix, die die Spannungs-Dehnungs-Beziehung für dreidimensionales Kontinuum definiert, ist mit dem Faktor

$$\frac{E \cdot (1 - \nu)}{(1 + \nu) \cdot (1 - 2\nu)}$$
 behaftet.

Für die Querkontraktion ν gilt deshalb die Bedingung $0 \leq \nu < 0,49$, damit der Nenner nicht Null wird (positiv definierte Materialdaten).

Der E-Modul der nichttragenden Aufschüttungselemente wurde auf 2,6 % des E-Moduls der Steine gesetzt.

Netz, Elemente und Lagerung

Über die Möglichkeiten der Netzsteuerung wurde ein sehr regelmäßiges Netz erzeugt. Die Knoten der horizontalen Flächen der Fundamente sind mit Festlagern gefesselt, die der Schrägen mit Gleitlagern senkrecht zur schrägen Ebene.

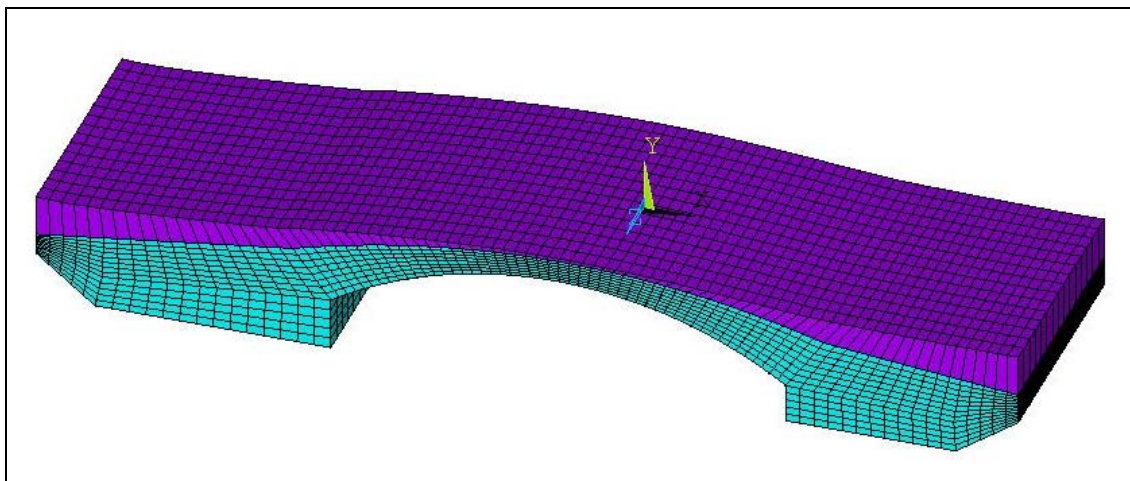


Abb. IV-126: Regelmäßig erzeugtes Netz bei ANSYS mit zwei Materialien

Die 3D-Modellierung des Steinkörpers erfolgte

- für die lineare Berechnung mit den Elementen „Solid 185“, alternativ „Solid 45“

⁵⁶⁹ Damit entfällt das bei ANSYS aufwendige Aufbringen von Aufschüttungslasten.

⁵⁷⁰ Siehe Müller, Groth (2001) S. 436.

- für die nichtlineare Berechnung mit den Betonelementen „Solid 65“.⁵⁷¹ Dieses Element ist mit 8 Knoten definiert, die jeweils drei Freiheitsgrade der Translation in x-, y-, und z-Richtung haben. Es verfügt über acht Intergrationspunkte. Das Element kann bei Zugversagen Risse in drei orthogonalen Richtungen und ein Versagen bei Druck abbilden und ist damit im Stande, nichtlineares Materialverhalten zu erfassen.⁵⁷² Das Betonmaterial wird als anfangs isotropisch angenommen. Wenn Rissbildung bei einem Integrationspunkt auftritt, wird der Riss durch eine Anpassung der Materialeigenschaften abgebildet. Dabei werden die Risse wirksam als ein „verschmiertes Band“ von Rissen betrachtet. Nachdem die Lösung im gerissenen Zustand konvergiert, wird die Steifigkeit (der E-Modul) normal zu der Rissfläche zu Null gesetzt.

Versagenskriterium

Das Versagenskriterium spröden Betonmaterials infolge eines mehrachsigen Spannungszustandes wird bei ANSYS durch die Gleichung

$$\frac{F}{f_c} - S \geq 0 \text{ ausgedrückt.}^{573}$$

Nur wenn diese Gleichung erfüllt ist, stellt sich bei Versagen auf Zug Rissbildung oder bei Versagen auf Druck „Zerquetschen“ ein. In obiger Gleichung stellt F eine Funktion des Hauptspannungszustandes ($\sigma_{xp}, \sigma_{yp}, \sigma_{zp}$) dar und S ist die Versagensoberfläche (ausgedrückt in Termen der Hauptspannungen und fünf Eingabeparametern). Von den fünf Eingabeparametern sind zwingend die einachsige Druckfestigkeit f_c und die einachsige Zugfestigkeit f_t einzugeben.

Beide – die Funktion F und die Versagensoberfläche S – sind in Termen der Hauptspannungen (bezeichnet als $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) ausgedrückt. Dabei ist

$$\sigma_1 = \max(\sigma_{xp}, \sigma_{yp}, \sigma_{zp}), \quad \sigma_3 = \min(\sigma_{xp}, \sigma_{yp}, \sigma_{zp}) \text{ und } \sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3.$$

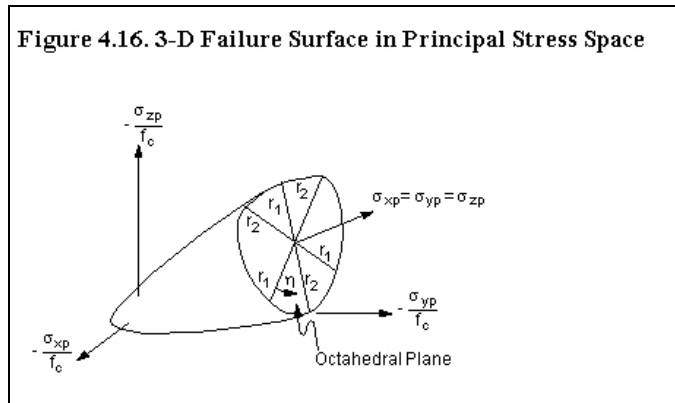
Das Versagen des Betons ist unterschiedlich in Abhängigkeit des Hauptspannungszustandes. Es werden vier Bereiche unterschieden:

1. $0 \geq \sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ Druck-Druck-Druck,
2. $\sigma_1 \geq 0 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ Zug-Druck-Druck,
3. $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq 0 \geq \sigma_3$ Zug-Zug-Druck,
4. $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3 \geq 0$ Zug-Zug-Zug.

⁵⁷¹ Die Aufschüttung, die nur Lasten einträgt, wurde mit Elementtyp Solid 185 mit einem linearen Materialgesetz belegt, damit rechnerisch in diesem Teil keine Risse errechnet werden.

⁵⁷² Die Erfassung von Bewehrungsstahl in drei orthogonalen Richtungen ist in Solid 65 ebenfalls möglich, wurde aber im vorliegenden unbewehrten Mauerwerk nicht eingebaut.

⁵⁷³ ANSYS, Theory Reference > Chapter 4. Structures with Material Nonlinearities > 4.7 Concrete, Equation 4.252. Folgende Passage zum Versagenskriterium aus ANSYS übersetzt.



In jedem Bereich beschreiben unabhängige Funktionen F_1, F_2, F_3 und F_4 den Hauptspannungszustand F und Funktionen S_1, S_2, S_3 und S_4 die Versagensoberfläche S (Abb. IV-127).

Abb. IV-127: Dreidimensionale Versagensoberfläche bei dem Beton-element Solid 65 in ANSYS

Lastfälle

Berechnet wurden die LF „Eigengewicht“ und „Eigengewicht mit Verkehr halbseitig“. Die Verkehrslasten wurden in ihrer räumlichen Anordnung aufgebracht (siehe Abb. IV-114, S. 201), indem die Lasten der einzelnen Bereiche nach DIN 1053 als äquivalente Knotenlasten in y -Richtung angesetzt wurden.⁵⁷⁴

Die Summe aller anteiligen äquivalenten Knotenlasten eines Feldes ergibt insgesamt die Gesamtbelastung des Feldes P_{Feld} in kN. Die äquivalenten Knotenlasten sind abhängig von der Anzahl der Reihen (N_R) und Spalten (N_S) des zu belastenden Feldes und errechnen sich mittels der Gewichtungsfaktoren f_i von Abb. IV-103. Belastet werden

die Innen-Knoten mit $P_{\text{Feld}} \cdot f_i$, die Rand-Knoten mit $P_{\text{Feld}} \cdot \frac{f_i}{2}$ und die Eckknoten mit $P_{\text{Feld}} \cdot \frac{f_i}{4}$.

Die Gesamtlast des Feldes aus den äquivalenten Knotenlasten ergibt sich damit stimmig zu:

$$\left(N_{\text{IK}} \cdot f_i + N_{\text{RK}} \cdot \frac{f_i}{2} + N_{\text{EK}} \cdot \frac{f_i}{4} \right) \cdot P_{\text{Feld}} = P_{\text{Feld}}, \text{ mit}$$

N_{IK} Anzahl der Innen-Knoten,

N_{RK} Anzahl der Rand-Knoten,

$N_{\text{EK}}=4$, Anzahl der Eck-Knoten.

⁵⁷⁴ Dazu mussten die Knoten der Oberfläche für die entsprechenden Felder selektiert werden, dann musste die Aufteilung der Gesamtlast des betreffenden Feldes auf die Innen-Knoten, Rand-Knoten und Eck-Knoten erfolgen.

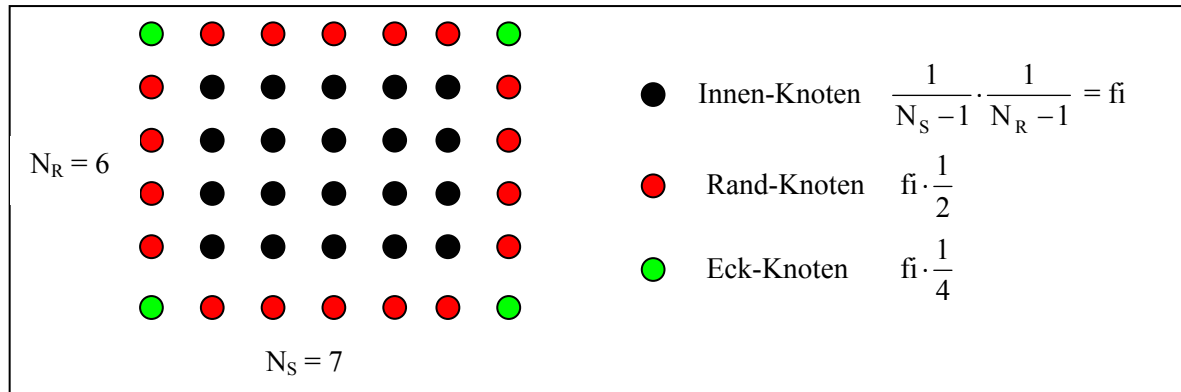


Abb. IV-128: Anteile der Knotenkräfte an der Gesamtlast eines Feldes

Für das dargestellte Beispiel ergibt die Gesamtlast des Feldes zu:

$$\left(\frac{20}{30} + \frac{18}{60} + \frac{4}{120} \right) \cdot P_{\text{Feld}} = \left(\frac{80}{120} + \frac{36}{120} + \frac{4}{120} \right) \cdot P_{\text{Feld}} = \frac{120}{120} \cdot P_{\text{Feld}} = P_{\text{Feld}} .$$

Der Nachteil, die Belastung vom Netz und damit von der Nummerierung der Knoten abhängig zu machen (wodurch bei jeder Netzänderung die Belastung neu auf das System aufzubringen ist), wurde bewusst in Kauf genommen, um ein regelmäßiges Netz (mapped) zu erhalten. Bei Aufbringen von Lasten auf das Solidmodell statt auf das FE-Modell hätten im Solidmodell dafür in der Brückenoberfläche liegende Flächen erzeugt werden müssen, die dann aber nur noch ein freies Vernetzen des Solidkörpers erlaubt hätten.

Ergebnisse für den Ist-Zustand BK 30

Zunächst wurde aus Vergleichsgründen zur Stabwerks- und Scheibenberechnung mit einem symmetrisch idealisierten Intrados gerechnet. Danach wurden nochmals die Auswirkungen überprüft, die sich einstellen, wenn der Bogen der Realität entsprechend an der Nordseite 0,29 m höher endet. Für den Lastfall Eigengewicht bedeutete das bei nichtlinearer Berechnung (und identischem Netz) eine Erhöhung der Spitzendruckspannung um 4 Prozent. Für den Fall des unsymmetrischen Intrados wurde auch die halbseitige Belastung einmal auf der Nordseite (wo der Punkt der senkrechten Abmauerung 0,29 m höher liegt und der Bogen somit weniger stark ist) und auf der Südseite angeordnet. Die ungünstigere Belastung ist – wie zu erwarten – die halbseitige Belastung auf der Nordseite:

- LF 1: Eigengewicht aus Steinkörper und Aufschüttung,
- LF 2: Eigengewicht und Verkehr halbseitig auf der Nordseite nach BK 30 (Abb. IV-129),
- LF 3: Eigengewicht und Verkehr halbseitig auf der Südseite nach BK 30.

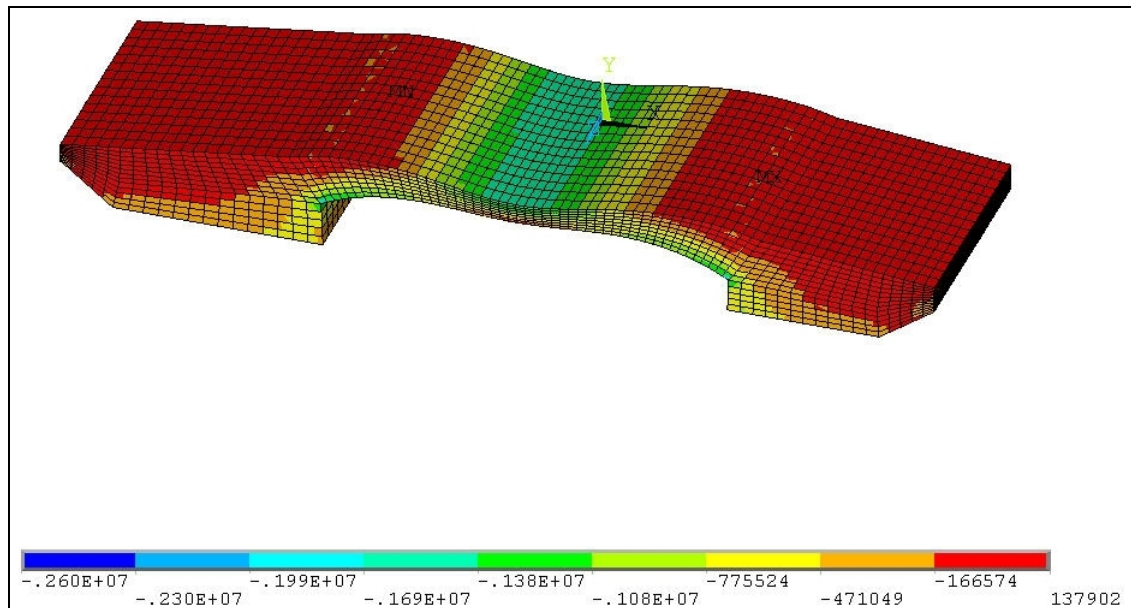


Abb. IV-129: Hauptdruckspannungen S3 [Pa = N/m²], LF Eigengewicht und Verkehr halbseitig auf der Nordseite, BK 30

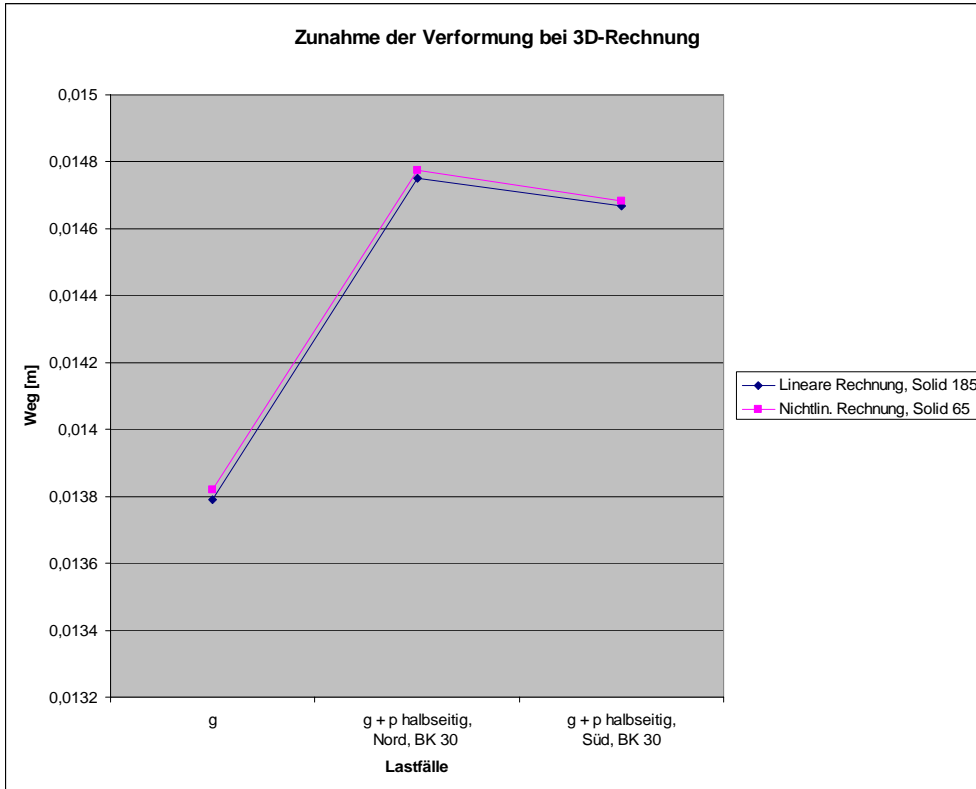
Als Vergleichswerte zwischen linearer und nichtlinearer Berechnung bei unsymmetrischem Intrados sind Lastfall bezogen die Maximal-Verformung (Diagr. IV-20) und die Spitzenwerte der Hauptdruckspannung, die jeweils je nach Belastung bei einer der vier einspringenden Ecken auftreten (Diagr. IV-21), angegeben.⁵⁷⁵ Die Verformungen ergeben sich je nach linear oder nichtlinearer Berechnung kaum unterschiedlich, bei den Spitzenwerten der Hauptdruckspannung ist wegen der Spannungsumlagerung durch die auftretenden Risse der Unterschied größer.

Der Einfluß der Laststeigerung von „Eigengewicht“ auf „Eigengewicht und Verkehr halbseitig“ (Nord) ist bei linearer Berechnung und nichtlinearer Berechnung unterschiedlich. Die Spitzen der Hauptdruckspannung steigern sich

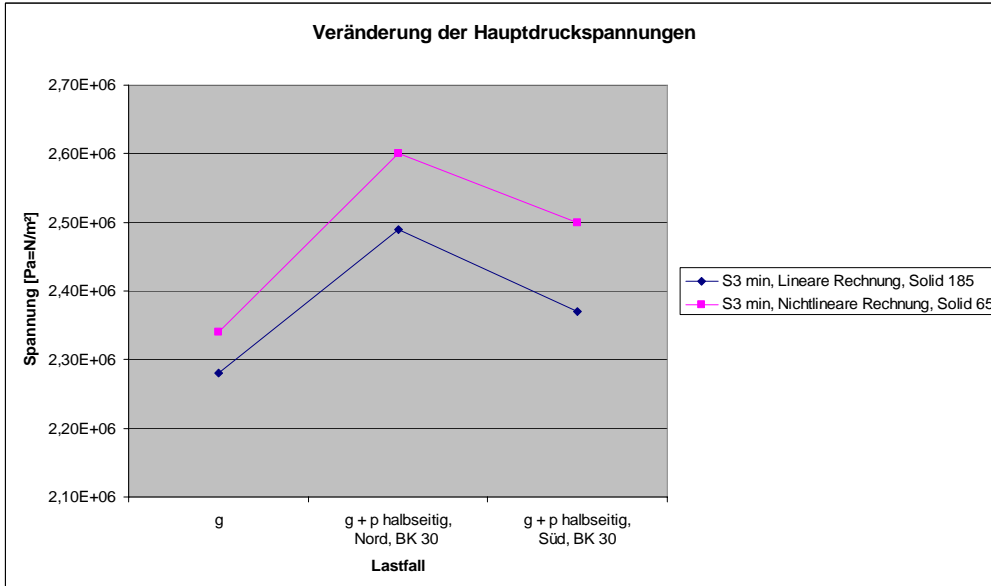
- bei der linearen Berechnung um 7 %,
- bei der nichtlinearen Berechnung um 11,1 %.

Der stärkere Zuwachs ist durch die Rissbildung und Spannungsumlagerung erklärbar.

⁵⁷⁵ Vergleich bei gleichem Netz, Elementen und sonstigen Einstellungen. Dargestellt sind die noch nicht gemittelten Elementspannungen min S3.



Diagr. IV-20: Spitzenwert der Verformung FEM-Modell mit unsymmetrischem Intrados



Diagr. IV-21: Spitzenwert der Hauptdruckspannung (Elementspannung) für das FEM-Modell mit unsymmetrischem Intrados

Rissbildung

Bereits im Lastfall Eigengewicht ist das Rissbild nicht mehr symmetrisch, wenn der Intrados nicht mehr symmetrisch ist (Abb. IV-130). Die Asymmetrie der Fundamente hatte bei den Berechnungen nicht solchen Einfluss auf die ungleiche Rissausbildung an beiden Bogenseiten wie die Asymmetrie des Bogens selbst.

Schon im Lastfall Eigengewicht zeigen sich rechnerisch mehr Risse auf der Seite mit dem stärkeren Bogenquerschnitt. Kommt der Verkehr halbseitig auf der Nordseite dazu, dann ergeben sich etwas mehr Risse auf der schwachen Bogenseite, der Nordseite. Demgegenüber werden im LF Verkehr halbseitig auf der stärkeren Seite dort etwas ausgeprägtere Risse errechnet. Auch hier zeigen sich die Bereiche am Extradados in der Nähe der Kämpfer, die sich durch Rissbildung dem Tragverhalten entziehen.

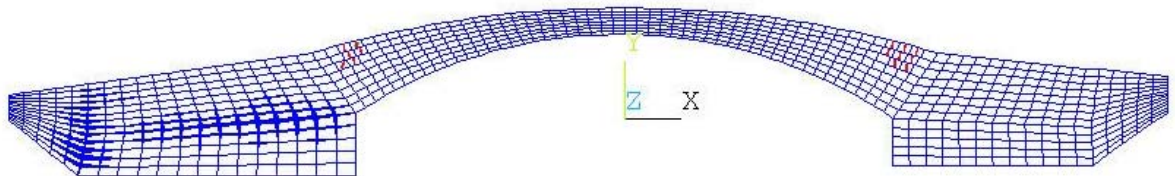


Abb. IV-130: Rissbild bei Verkehr halbseitig Nord, BK 16/16. Ausschließliche Darstellung des Sandsteinmaterials ohne Aufschüttung.

IV. 3.6 Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse

Sowohl bei den Untersuchungen zur Fleischbrücke im 20. Jh. als auch bei den vorgestellten eigenen Berechnungen zeichnen sich deutlich der zunehmende Aufwand bei Anwendung fortgeschrittener Berechnungsverfahren und statischer Programme bei gleichzeitig erschwerter Durchschaubarkeit ab.⁵⁷⁶ Ausgehend von einem Entwurfsprozess, der eine gedankliche Analyse des Machbaren in den Zeichnungen und verbalen Wettbewerbsgutachten beinhaltet, folgt nach 200 Jahren die Aufnahme der Fleischbrücke in eine Tabelle mit Brückenbauwerken.

Die erste amtliche Tragfähigkeitsberechnung mit einer Einstufung in die BK 30 erfolgt 1955 rund 350 Jahre nach der Erbauung und die Verantwortlichkeit des Ingenieurs spiegelt sich hier in nur drei Seiten Statik bei Anwendung des Stützlinienverfahrens wieder. Bereits rund 35 Jahre später wächst der Umfang der Statik unter Einsatz eines noch sehr in den Kinderschuhen steckenden FEM-Stubwerksprogramms auf rund 48 Seiten und etlichen Programmausdrucken, das der Brücke eine flächige halbseitige Verkehrslast – nicht nur in der Haupt- und Nebenspur – von 35 KN/m² zutraut, was in etwa einer flächigen Belastung mit SLW 60 entspräche.

Räumliche Tragwirkung

Bei der 3D-FEM-Berechnung der Fleischbrücke wurde zum Vergleich bei weitgehend gleich angesetzten Werten (E-Modul, Dichten, aufnehmbare Zugfestigkeit 0,3 MN/m², Querdehnzahl 0,2) die Fleischbrücke ebenfalls für den Ist-Zustand mit Verkehrslasten BK 30 nach DIN 1072 (1952) – allerdings in realistischer räumlicher Anordnung – belastet und linear sowie nichtlinear berechnet. In der 3D-Berechnung konnten damit genau nach Vorschrift der DIN 1072 die Belastungsflächen auf der gesamten Brücke angesetzt werden, während man für die Stubwerks- und Scheibenberechnung mit einer angenommenen mitwirkenden Brückenbreite von nur 6,75 m zu rechnen hat, woraus sich für den Brückenstreifen eine etwas höherer Belastung ergibt.

Dennoch ist auch beim 3D-Modell die hauptsächliche Lastabtragsrichtung die Brückenlängsrichtung. So ist der Effekt aus dem räumlichen Tragverhalten bei der Fleischbrücke unter Lasten im Rahmen der DIN 1072 gering. Die räumliche Berechnung zeigt im Grunde genommen, dass die Idealisierung als Scheibe vollständig ausreichend ist.

Wertung der Ergebnisse

Weit größere Unterschiede in den Spannungen, die sich bei der Idealisierung als Scheibe oder 3D-Tragwerk einstellen, ergibt sich innerhalb der jeweiligen Idealisierung durch Änderung der je nach Programm unterschiedlichen, die Rissbildung steuernden Parameter.

Bei der vorliegenden nichtlinearen FEM-Analyse innerhalb zweier FEM-Programme (ATENA und ANSYS) wurden die dort implementierten Versagensmechanismen für Beton bei isotropen Materialeigenschaften angewendet. Die Nichtlinearität fand im Wesentlichen nur Ausdruck darin, dass bei Überschreiten der Zugfestigkeit in den Elementen Risse und eine Spannungsumlagerung für den Lastabtrag erfolgt.

Für den Verbundwerkstoff Mauerwerk ist ein Betonmaterialgesetz nur als Näherung zu verstehen, als eine Idealisierung, die das tatsächliche anisotrope Tragverhalten von dem Verbundwerk-

⁵⁷⁶ Vgl. Lorenz (1998), S. 126. Ein Beispiel für die laufend umfangreicher werdenden Statiken ist die Berechnung der Grünwalder Brücke über die Isar 1904, bestehend aus zwei Dreigelenkbögen, die im Zweiten Weltkrieg gesprengt wurden. Während Emil Mörsch (1872-1950), einer der Pioniere des Eisenbetonbaus, noch mit 50 Seiten Statik auskam, umfasste die Statik für den Wiederaufbau der Brücke schon das Fünffache.

stoff Mauerwerk nicht zu erfassen vermag. Damit sind die errechneten Verformungen, Risse und Spannungen nur als grobe Näherung zu interpretieren.

Außerdem wurde mit einem E-Modul gerechnet, der für alle Teile des jeweiligen Modells gleich war, da keine unterschiedlichen Werte für den Bogen selbst etwa und für die Ausführung der Fundamente vorliegen. Die Größe des E-Moduls an sich beeinflusst im Wesentlichen die Größe der Verformungen, nicht aber die Höhe der Spannungen, sofern er im ganzen System gleich ist. Durch den gering angesetzten E-Modul ergeben sich relativ große Verformungen von ca. 1,4 cm bei Eigengewicht und Verkehr halbseitig.

Die verschiedenen Mauerwerksplomben, die in der Untersuchung der Untersicht zu Tage traten, haben vom Natursteinmauerwerk abweichendes Verformungsverhalten, einen unterschiedlichen E-Modul. Wie weit sie in den Bogen hineinreichen, ist unbekannt. Diese Plomben wurden nicht modelliert.

Vergleich der Risse

Die Risse fallen bei der Berechnung als Scheibe und bei der Berechnung als dreidimensionales Tragwerk etwas unterschiedlich aus. Sie zeigen sich dennoch bei den Berechnungen als mehrdimensionale Kontinua in den gleichen Bereichen und stimmen mit denen der Stabwerksberechnung in etwa überein.

Auf diese Weise konnten mittels verschiedener Idealisierungen und Berechnungsmethoden das Aufreißen vom Extrados her im Bereich der Kämpfer der Fleischbrücke dargestellt und die Überdimensionierung in diesem Bereich gezeigt werden. Für die Zukunft wäre eine Berechnung mit einem anisotropen verschmierten Materialgesetz, wie es derzeit an der Universität Weimar innerhalb von ANSYS entwickelt wird, interessant, sofern man die für diese anisotrope Berechnung notwendigen Materialparameter der Fleischbrücke durch weitere Untersuchungen ermitteln oder durch geeignete Erfahrungswerte festlegen könnte.

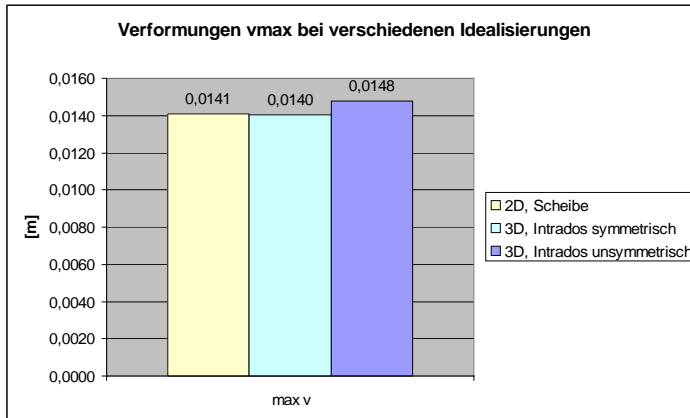
Vergleich der Verformungen

Bei der grafostatischen Methode liegt gerade der Vorteil darin, zu einer Einschätzung zu gelangen, ohne das elastische Verhalten des Bogens zu kennen. Die Massen der Materialien, die Geometrie und die Lasten genügen, weil im Prinzip diese Methode an die Verhältnisse beim statisch bestimmten Dreigelenkbogen anschließt, bei dem sich die Schnittgrößen allein aus Gleichgewichtsbedingungen ermitteln lassen. Demzufolge findet bei diesem Verfahren keine Ermittlung der Durchbiegung statt.

Die Verformungen im Ist-Zustand sind bei gleicher äußerer Modellierung im Längsschnitt bei der nichtlinearen Scheibenberechnung nur geringfügig kleiner (um 0,33 %) als bei der nichtlinearen 3D-Berechnung. Die Ergebnisse stimmen gut überein und zeigen gleichzeitig, dass die Modellierung des Bogens als Scheibe das Tragverhalten bei Belastungen in den Größenordnungen der DIN 1072 hinreichend gut wiedergibt.

Die max. Verformungen wachsen um 5,2 % im Ist-Zustand bei BK 30, Eigengewicht und Verkehr halbseitig, wenn bei der 3D-Berechnung der Intrados so modelliert wird, dass die Asymmetrie des Intrados erfasst ist (Diagr. IV-22).⁵⁷⁷

⁵⁷⁷ Bei beiden Modellierungen änderte sich nicht die Einteilung des Netzes, so dass die Unterschiede nicht der Netzverschiedenheit geschuldet sind.



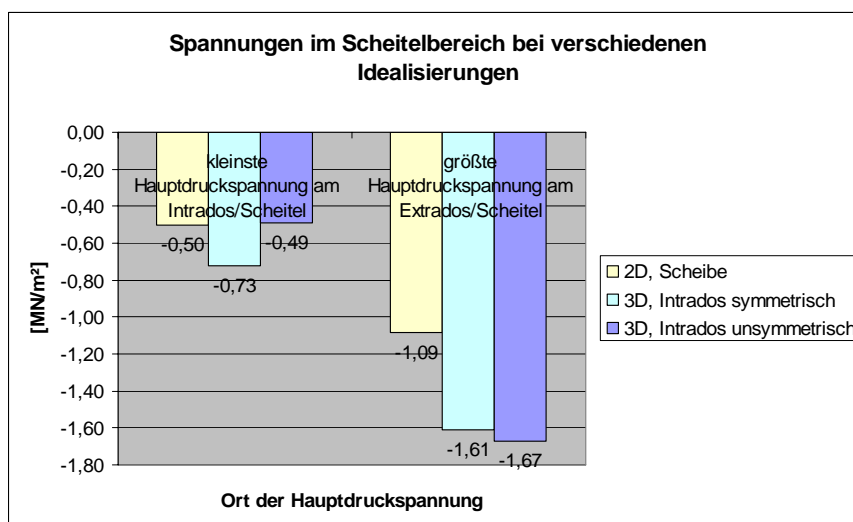
Diagr. IV-22: Ist-Zustand, Belastung nach BK 30, halbseitige Belastung

Vergleich der errechneten Spannungen

Für den Ist-Zustand und den sanierten Zustand bestätigten die Berechnungen als Scheibenmodell und als dreidimensionales Kontinuum die besondere Belastung der Kämpfer am Intrados, die sich auch bei der Berechnung als eingespanntes Stabwerk zeigte. Dennoch ist die Spannung an der einspringenden Ecke in ihrem Absolutwert nicht aussagekräftig, weil es sich um eine Singularität in der Geometrie handelt, die bei weiterer Verfeinerung des Netzes weiter anwachsen würde.

Deshalb sind zum Vergleich der Ergebnisse die Spannungen im Bereich der Bogenmitte (in Längsrichtung betrachtet) sowohl am Intrados als auch am Extrados für den Ist-Zustand, BK 30, Lastfall Verkehr halbseitig, gegenübergestellt.

- Bei der Scheiben- und räumlichen Berechnung bewegten sich die betragsmäßig kleinsten Hauptdruckspannungen am Intrados im Bereich des Scheitels zwischen $-0,49$ und $-0,72$ MN/m^2 .
- Die betragsmäßig größten Hauptdruckspannungen am Extrados in Bereich des Scheitels liegen zwischen $-1,09$ und $-1,67$ (Diagr. IV-23).



Diagr. IV-23: Ist-Zustand, Belastung nach BK 30, halbseitige Belastung

Bei Idealisierungen als Dreigelenkbogen mit voller Stärke am Kämpfer – ob mit einem Stabwerksprogramm oder mittels grafostatischer Verfahren ermittelt und auch beim Zweigelenkbogen – treten die betragsmäßig größten Druckspannungen im Lastfall Eigengewicht und Verkehr halbseitig eher im Bereich des SLW auf, sind dort aber geringer als die Spannungen an den Kämpfern beim eingespannten System, das nach den durchgeführten Iterationen sicher näher am tatsächlichen Tragverhalten liegt.

Für den sanierten Zustand wurde bei der Idealisierung als Scheibe auch eine halbseitige Belastung lediglich durch einen SLW 30 (an der gleichen Stelle, aber abweichend von der DIN 1072 ohne Verkehrslasten auf weiteren Flächen) aufgebracht. Weil sich geringere Kämpferspannungen als bei halbseitiger Belastung gemäß DIN 1072 BK 16/16 ergaben, könnte man – sofern man das Spannungsniveau bei BK 16/16 für akzeptabel hält – eine Einzelzulassung für Einzelfahrzeuge bis 30 Tonnen aussprechen. Dies wäre sinnvoll für die Möglichkeit der Überführung der in der Fußgängerzone liegenden Brücke durch Fahrzeuge der Feuerwehr oder durch einzelne Lieferfahrzeuge.

Sinn des Stabmodells und des grafostatischen Modells

Insgesamt zeigte sich jedoch, dass zur Beurteilung des Tragverhaltens eines gemauerten Bogens zumindest zu Vergleichszwecken die Berechnungen als Stabwerksmodell und eine grafostatische Methode interessant sind, solange nicht die differenzierten, vielfältigen Materialkennwerte, die in den entsprechenden FEM-Programmen gefordert sind, tatsächlich vorliegen. Um diese grafostatische Methode anwenderfreundlich umzusetzen, wurde in England seit den 1984-Jahren auf der Basis der Stützlinienberechnung eine interaktive auf Windows 95 basierende Software für Mauerwerksbogenbrücken und Viadukte geschaffen. Das Ziel war, Ingenieuren eine schnelle Vorstellung auf einen möglichen Kraftfluss durch eine Bogenstruktur zu beschaffen.

Die Geometrie und die spezifischen Gewichte der Bogenstruktur sowie einer möglichen Aufschüttung werden natürlich benötigt, aber Materialparameter wie der Elastizitätsmodul fließen nicht in die Rechnung ein, da im Prinzip immer ein Dreigelenkbogen intern zugrunde gelegt wird, also keine statisch unbestimmte Rechnung durchgeführt werden muss, sondern die Ermittlung der Stützlinie auf der statisch bestimmten Kräftezerlegung aufbaut.

Bei Aufbringen einer Last – z. B. Eigengewicht aus dem Bogen und der Aufschüttung – wird die Stützlinie berechnet und sofort in die einfach zu erzeugende Struktur eingezeichnet. Man kann eine rollende Last über die ein- oder mehrbogeigen Brückenstrukturen ziehen. In diesem Fall wird die Stützlinie sofort sukzessive neu berechnet und aktualisiert dargestellt.⁵⁷⁸

Bewertung ist immer eine Frage des Urteilsvermögens. Archie-M als Werkzeug sollte Ingenieure beim Nachrechnen oder Entwerfen in die Lage versetzen, ihr Urteilsvermögen zu schulen und Vertrauen in die Tragfähigkeit einer Bogenstruktur zu entwickeln.

⁵⁷⁸ Assesor's Guide Archie-M (Version 2.0.8), S. 6.

IV. 3.7 Modellversuche zum Steinschnitt der Fleischbrücke

IV. 3.7.1 Fragestellung

Laut der Berechnung als Dreigelenkbogen, erweist sich die Aufweitung des Bogens zu den Kämpfern hin als Vorteil, da in diesem Fall für mögliche Stützlinien innerhalb des Kernquerschnitts ein größerer Bereich zur Verfügung steht. Wie aber die Berechnung als eingespanntes Stabwerksmodell mit iterativ veränderten Kämpferdicken und die nichtlineare Berechnung als Scheibenmodell oder dreidimensionales Modell zeigt, ist die starke Kämpferdicke unerheblich. Sie bringt rechnerisch keine Vorteile. Eine Auflast entsprechenden Gewichts ohne jeden Verbund hätte ähnliche Wirkung. Denn es bilden sich Risse am Extrados im Bereich der Kämpfer und dieser Bereich beteiligt sich dann nicht mehr am Lastabtrag.

Die massive Aufweitung des Bogens in radialer Richtung mag den Baumeistern zwar sinnvoll erschienen sein, aber die Notwendigkeit lässt sich aus den berechneten Modellen nicht ableiten. In den Berechnungen fand das Diskontinuum Stein/Fuge allerdings nur mit verschmierten, isotropen Steifigkeitswerten Eingang. Die Orientierung der Steine und die tatsächliche Anisotropie von Mauerwerk spielte in den angewendeten Rechenmodellen keine Rolle.

Wie im Kapitel über die Entwurfsgeschichte dargelegt, zeigen die Pläne deutlich, wie sich die Werkmeister zu der radialen Aufweitung hin mit Verlängerung des Bogens in die horizontalen und geneigten Roste durchdrangen. Die Baumeister hielten diese Anordnung für notwendig – überlegt mit dem Zeichenstift, entschieden mit einem „statischen Empfinden“ und möglicherweise auch an Steinmodellen mit sehr kleinen Abmessungen ausprobiert.

Man rufe sich noch einmal die Möglichkeiten der Baumeister von 1600 vor Augen und versetze sich in ihre Lage: Keinerlei Programme stehen zur Verfügung, keine Bogentheorien, Kräfte werden noch nicht als Vektoren dargestellt, um so die Krafrichtung zu verdeutlichen. Auch die Gleichgewichtsbedingungen ($\Sigma H = 0$, $\Sigma V = 0$, $\Sigma M = 0$) sind als Formel unbekannt, ebenso das Schnittprinzip. Unbekannt sind auch der Unterschied zwischen statisch bestimmten und statisch unbestimmten Systemen und der rechnerische Einfluss von Zwängungen auf statisch unbestimmte Systeme.⁵⁷⁹ Die Baumeister verfügten bestenfalls über empirische Erfahrungen von Schadensbildern an Bogenbrücken. Wie hätte man selbst vor diesem Hintergrund entschieden: Ist ein sich stark aufweitender Bogen sinnvoller, tragfähiger als einer mit einem gleichmäßig starken radial gemauerten Ring und einer horizontalen Aufmauerung? Macht die massive radiale Aufweitung zu den Kämpfern Sinn oder ist sie als eine „sinnlose“ Überdimensionierung zu beurteilen?

Bewirkt sie nur Last oder auch Stärke? Lautet die Antwort nur Last, hätte die Konsequenz sein müssen, so zu verfahren wie beispielsweise bei der Anjilbrücke (S. 44) und Aussparungen in diesem Bereich vorzusehen. Heißt die Antwort Stärke, dann erscheint doch auch die radiale Mauerung mit der Aufweitung konsequent. Deshalb gilt es, sich den Entwurfsgedanken der Baumeister noch auf dem Wege über den Belastungsversuch zu nähern.

IV. 3.7.2 Konzeption: Modelle und Belastung

Auch wenn in England spezielle Probleme der Ringtrennung im Versuch thematisiert wurden (siehe Kap. IV. 3.1.2 „State of the art – Modellversuche“ S. 182), fanden sich keine zu der oben

⁵⁷⁹ Vgl. zur Entstehung des Schnittprinzips Kahlow (1998), S. 157-180 und zur Frühgeschichte der Festigkeitslehre Kurrer (1992), S. 49-63.

formulierten Fragestellung durchgeführten Versuche. Mit vier Belastungsversuchen sollen die Unterschiede im Tragverhalten zwischen zwei Verbandsarten des Bogens mit unterschiedlichem Steinschnitt verdeutlicht werden. Die These lautet, dass der radial gemauerte Bogen tragfähiger ist als ein Ring gleicher Dicke und horizontaler Hintermauerung.

Die Modelle im Maßstab 1:10 orientieren sich am Bogen der Fleischbrücke und haben alle die gleiche äußerere Geometrie. Jeder Bogentyp wird unter zwei Belastungen bis zum Bruch belastet (Abb. IV-131).

Bogentypen

Typ 1: radiales Mauerwerk durch den gesamten Bogen, wie bei der Fleischbrücke

Typ 2: Ring gleicher Dicke mit horizontaler Hintermauerung

Belastungen

- a) unter symmetrischer Belastung durch Einzellasten in den Drittelpunkten, bei denen der Momentenverlauf dem bei Eigengewicht im Verlauf entfernt ähnelt
- b) unter einseitiger Belastung durch eine Einzellast im Drittelpunkt

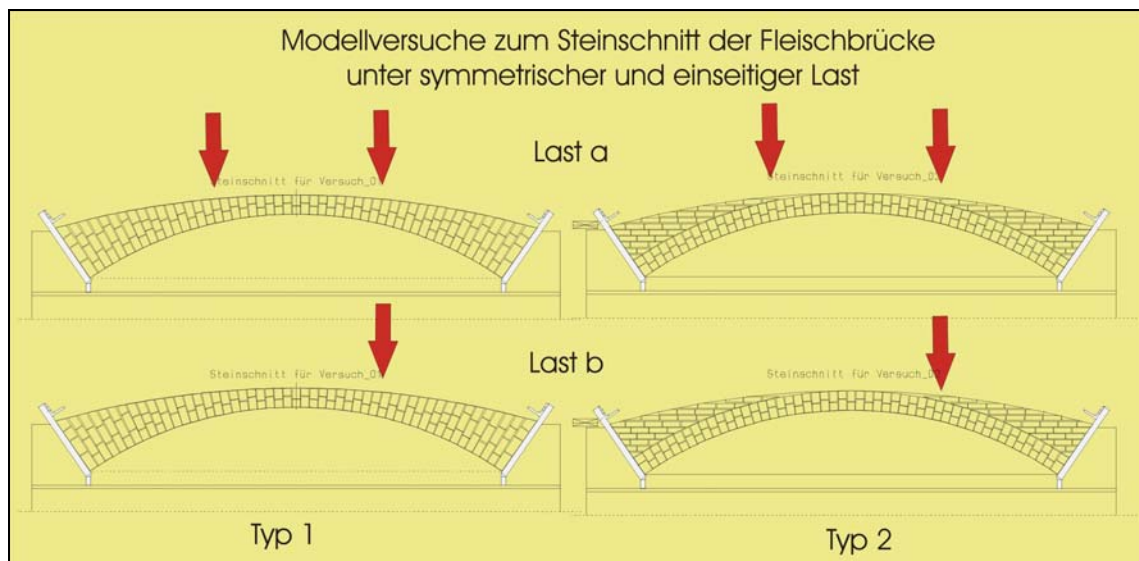


Abb. IV-131: Übersichtsskizze der durchgeführten Versuche

Bei dieser Modellbildung entstehen Fehler im Vergleich zur realen Fleischbrücke, Unterschiede zwischen Modell und Wirklichkeit wie durch die Vernachlässigung des dreidimensionalen Tragverhaltens, Nichteinbeziehung der Fundamente als nachgiebige Bauteile, keine proportionale Erfassung des Eigengewichtes, das Material ist nicht identisch, die Aufschüttung und die Brüstung wird weggelassen, die Steingrößen sind nur annähernd maßstäblich oder die Fugen sind nicht im Maßstab 1:10. Deshalb ist es nicht möglich, mit diesen Modellen Aussagen über die tatsächliche Traglast der realen Fleischbrücke zu gewinnen oder gar Aussagen zu Verschiebungen im Gebrauchslastzustand unter bestimmten Lasten zu machen.

Wohl aber können je zwei Modelle, die untereinander die gleichen Material- und Idealisierungsrandbedingungen haben, miteinander verglichen werden, um grundsätzliche Aussagen zu dem Einfluss des Steinschnitts bzw. der Orientierung der Steine im Verband auf die Traglast zu gewinnen.

IV. 3.7.3 Versuchsaufbau und -durchführung

Material

Der Bogen bestand aus Kalksandstein der Steinfestigkeitsklasse 20 MN/m² bei einer Dichte von 2 kg/dm³. Verwendet wurden Steine im Dünnformat (24 x 11,5 x 5,2 cm). Die Breite der Bogenscheibe entsprach gerade der Steinlänge von 24 cm. Sie war damit nicht maßstäblich zur Fleischbrücke. Ca. 90 Prozent der Steine mussten entsprechend der Zeichnungsvorlagen für den radial gemauerten und den aufgemauerten Bogen im Maßstab 1:1 längs geschnitten werden.

Als Mörtel fand Sakret Kalkmörtel KM, Mörtelgruppe II, Verwendung.⁵⁸⁰

Die Steindruckfestigkeiten wurden zu 24-26 N/mm² ermittelt. Die Mörteldruckfestigkeit im Alter von drei Wochen zu ca. 4 N/mm².⁵⁸¹

Zur Kontrolle der Ergebnisse wurde zeitgleich zu jedem gefahrenen Bogenversuch jeweils die Mauerwerksfestigkeit als Durchschnittswert aus drei Druckversuchen bestimmt.⁵⁸² Die Probekörper bestanden aus vier Steinlagen à 5,2 cm und einer Querschnittsfläche von 300 cm² wie bei beiden Bogentypen im Brückenscheitel und wurden auch zeitgleich mit dem entsprechenden Bogen mit demselben Mörtel hergestellt (Abb. IV-132 und IV-133). Die Mittelwerte der Mauerwerksfestigkeiten der jeweiligen Bögen bewegten sich zwischen 10-13 N/mm².

Alle Bögen sowie die zugehörigen Mauerwerksprobekörper wurden 21 bis 23 Tage nach Fertigstellung geprüft. Tabellarische Festigkeiten der Steine, des Mörtels und der Mauerwerksprobekörper, auch Zeichnungen mit dem genauen Steinschnitt der Bogentypen befinden sich in Bd. 3 (Materialsammlung), in Kap. 9 „Dokumentation der Versuche“.



Abb. IV-132: Zeitgleiche Herstellung des Bogens und der Prüfkörper. Lehrgerüst und Probekörper in der Unterkonstruktion im Prüfraumen



Abb. IV-133: Probekörper zur Ermittlung der Mauerwerksfestigkeit

Probekörper

Um bei dem gleichen Bogentyp die Ergebnisse der unterschiedlichen Belastung vergleichen zu können, war der Steinschnitt für beide Typen genau festgelegt und vermaßt. Die Länge über

⁵⁸⁰ Nach DIN 1053 Teil 1.

⁵⁸¹ In Anlehnung an DIN EN 1015-11 (1999).

⁵⁸² In Anlehnung an DIN EN 1052-1 (1998).

alles beträgt 315 cm, die Querschnittshöhen der Bögen variieren von 12,5 cm am Scheitel zu 40 cm an den Kämpfern.

Prüfraumen

Die Prüfung erfolgte in einem Prüfraumen mit einer maximal aufbringbaren Last von 500 kN (50 t). Um den Bogen überhaupt im Prüfraumen einbauen zu können, musste eine spezielle Unterkonstruktion aus Stahl gefertigt werden. Sie besteht aus einem liegenden doppelsymmetrischen Stahlprofil mit Rippen und zwei ausgerippten Böcken an den Enden, auf denen der Bogen aufsetzt. Optisch hebt sie sich rotbraun von dem blauen Prüfraumen ab (Abb. Abb. IV-132 und IV-134).⁵⁸³

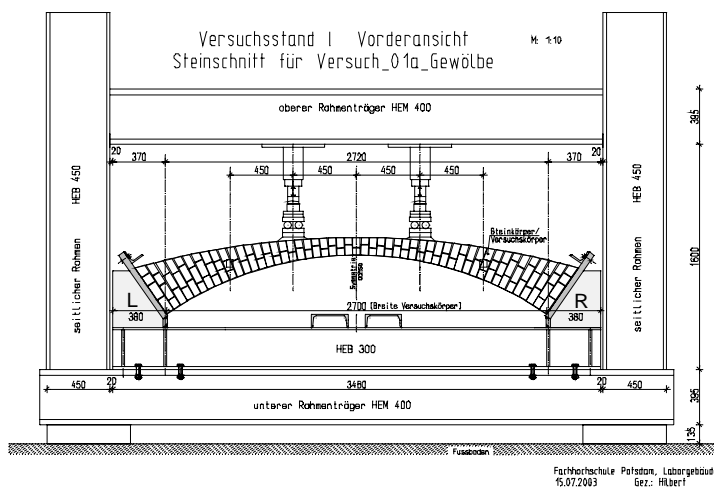


Abb. IV-134: Ansicht des Versuchsrahmens für die Bogenversuche

Lasteinleitung

Die Lasteinleitung erfolgte ungefähr in den Drittelpunkten des Bogens. Um eine horizontale Halterung des Bogens an der Lasteinleitung in der Probekörperebene zu verhindern, wurden Rollenlager angefertigt, die aus zwei Stahlblechen und zwei Rundvollquerschnitten bestehen. Die Rollen sind über Blechstreifen mit unterschiedlichen Bohrungen mit den Blechen verbunden, so dass die Bewegungsfreiheit auf einen absoluten Weg von ca. ± 20 mm begrenzt war. Die unterste Stahlplatte wurde in ein Mörtelbett der Mörtelgruppe III gelegt.

Steuerung und Messeinrichtung

Als Messwerte wurden zwei externe Kräfte jeweils unter den Zylindern, jeweils zwei Zylinderwege je Zylinder und drei Durchbiegungen an der Rückfront des Bogens aufgenommen. Die Messung der Durchbiegungen erfolgte über geklebte Winkel.

Bei der einseitigen Belastung war nur der rechte Zylinder eingebaut. Der linke – lastfreie – Drittelpunkt besaß anstelle der beiden Wegaufnehmer für den linken Zylinderweg einen mittig auf dem Bogen angeordneten. Neben dem Wegfall der linken Kraftmessdose blieben alle restlichen

⁵⁸³ Wegen der langen Aushärtungszeit des Mauerwerks sollte ursprünglich die Herstellung der Bögen in dieser Unterkonstruktion erfolgen und erst zur Prüfung die Unterkonstruktion nebst Bogen in den Versuchsrahmen transportiert werden. Für die Transportmöglichkeit wurden zwei U-Profile quer auf das I-Profil geschweißt, um mit einem Gabelstapler die Konstruktion anheben zu können. Letztlich wurde doch darauf verzichtet, den gemauerten Bogen zu transportieren, sondern die Herstellung erfolgte von vornherein auf der Unterkonstruktion im Versuchsrahmen.

Messeinrichtungen erhalten (Zeichnungen mit Angabe der Wegaufnehmer bei symmetrischer und einseitiger Belastung sowie Detailzeichnung der Lasteinleitung im Bd. 3, Kap. „Dokumentation der Versuche“).

Die Lastaufbringung erfolgte weggesteuert, wobei die Problematik der Synchronisation der Zylinder bei der einseitigen Belastung entfiel. Bei der Versuchsdurchführung erfolgte zunächst eine kurze Be- und Entlastung, dann wurde der Bogen jeweils bis zum Bruch belastet. Durch entsprechende Pausen nach Blöcken mit festen Geschwindigkeitskorridoren konnte eine quasi-statische Lastaufbringung angenommen werden.

Dokumentation

Da die Versuche in das Neue Medien-Projekt KI-SMILE eingebunden und auf diese Weise finanziert wurden, war im Rahmen dieses Projektes auch die ausführliche Dokumentation von Interesse. Neben Fotos erfolgten auch Filmaufzeichnungen mit Videokameras aus unterschiedlichen Blickwinkeln, Bezeichnung nach Schema. Die Uhrzeit wurde grundsätzlich mitgespeichert.

	Last symmetrisch a	Last einseitig b
Bogen radial, Typ 1	Bogen 01 a	Bogen 01 b
Bogen mit Aufmauerung, Typ 2	Bogen 02 a	Bogen 02 b

Tab. IV-9: Schema zur Bezeichnung der Versuche

IV. 3.7.4 Versuchsergebnisse

Eine tabellarische Gegenüberstellung der Traglasten, der jeweiligen mittleren Mauerwerksfestigkeiten und der Lastverformungskurven der vier Versuche befindet sich in Tab. IV-10, S. 236, sowie Steckbriefe der einzelnen Versuche im Bd. 3 (Materialsammlung), in Kap. 9 „Dokumentation der Versuche“.

Symmetrische Belastung (a)

Unter der symmetrischen Belastung in beiden Drittelpunkten betrug die Traglast für Typ 1, den radialen Bogen, 126 kN (Summe beider Einzellasten), während der Typ 2 mit horizontaler Aufmauerung und radialem Ring konstanter Stärke nur 101 kN – 80 Prozent des obigen Wertes – betrug, obwohl die Mauerwerksfestigkeit des Typs 2 ca. 5 Prozent höher war als die des Typs 1.

Dennoch sind das Versagen und das Rissbild nicht grundsätzlich verschieden. Bei beiden Modelltypen handelt es sich um einen Schubbruch mit Spaltzugversagen bzw. Querdehnungsversagen.

Die Entwicklung der Risse sind im Film deutlicher zu verfolgen. Beim radialen Bogen (Abb. IV-135, Filme 01a) bilden sich die ersten Risse in den äußeren Dritteln nahe der Lasteinleitung, schräg nach unten verlaufend in Richtung der Widerlager. Die Risse in parallelen Gruppen weiten sich auf und verlängern sich Richtung Widerlager, bis der Riss den Intrados erreicht und es durch Aussprengung von Mauerwerk zum Versagen kommt. Die Verformungen sind trotz symmetrischer Belastung leicht unsymmetrisch. Beim horizontal aufgemauerten Bogen Typ 2 (Abb. IV-136, Filme 02a) zeigten sich Risse schon frühzeitig auf der Rückseite, die mit Gipschlemme eingestrichen war. Man sieht im Bruchzustand eine Trennung des Rings vom

horizontalen Mauerwerk, sogenannte Ringtrennung, die für die geringere Traglast verantwortlich ist.

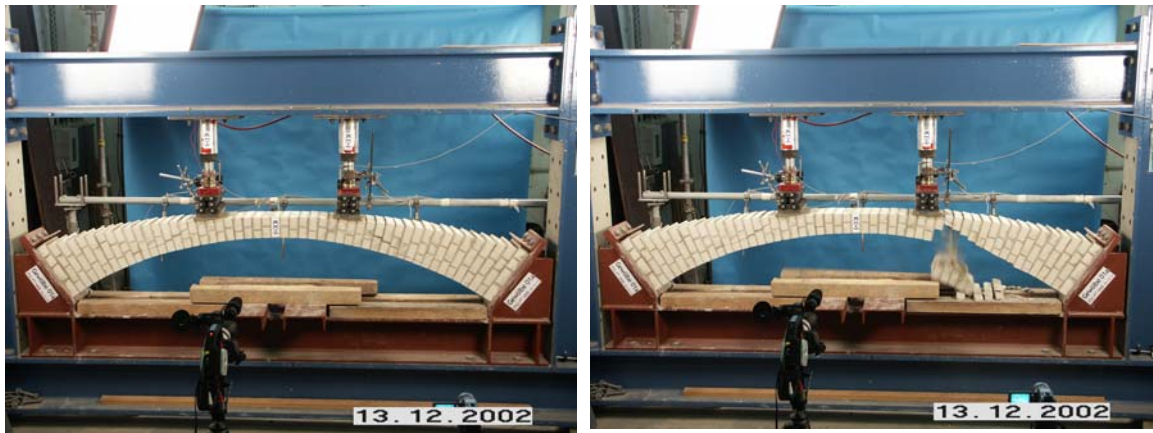


Abb. IV-135: Bogen Typ 1 unter symmetrischer Belastung in den Drittelpunkten

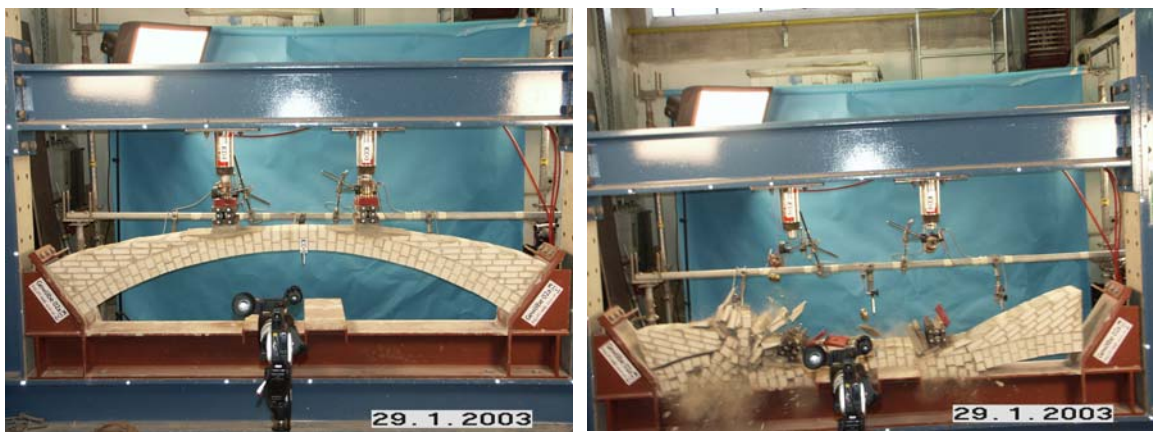


Abb. IV-136: Bogen Typ 2 unter symmetrischer Belastung in den Drittelpunkten

Einseitige Belastung (b)

Markantere Unterschiede in den Ergebnisse der zwei Typen lieferte die für einen Bogen wesentlich ungünstigere einseitige Belastung.

Die Belastung erbrachte für Typ 1, den radialen Bogen, bei schon großen Verformungen und Rissen eine Traglast von 43 kN. Die Traglast des aufgemauerten Bogens Typ 2 von 27 kN bei einseitiger Belastung erreichte dagegen nur rund 60 Prozent des Bogens Typ 1, wobei die Mauerwerksfestigkeit rund 6 Prozent höher war als bei Typ 1.

Bei beiden Bogentypen erfolgte im linken – lastfreien – Drittpunkt eine Bewegung nach oben, unter der Last nach unten. Das Rissbild und das Versagen war jedoch grundsätzlich unterschiedlich.

Bei Typ 1 zeigte sich zuerst eine Gruppe von Rissen in der Mitte (Abb. IV-137, Filme 01b), die sich entlang der in diesem Bereich horizontalen Stoßfugen entwickelten und nach etlichen Steinen dann auch quer durch einen Stein verliefen. Weitere Laststeigerung zeigte eine klaffende Fuge vom Kämpfer ausgehend im rechten Bereich (Lastbereich). Noch weitere Laststeigerung ließ den Riss in der Mitte bei größer werdenden Vertikalverschiebungen weiter aufgehen. Auf

der Lastseite bewegte sich der Bogen nach unten, auf der lastfreien Seite nach oben. Dann rutschte am linken Kämpferbereich, ohne dass der Bogen zusammenstürzte, ein großer Teil ab und nur ein minimaler Restquerschnitt blieb stehen. Eine weitere Laststeigerung war nun nicht mehr möglich. Es handelt sich um ein Versagen auf Spaltzug, nicht um Versagen durch eine kinematische Kette.

Bei Typ 2 bildete sich schlagartig – deutlich hörbar – auf der unbelasteten Seite ein Riss aus (Abb. IV-138, Filme 02b), der entlang des oberen Randes des radial gemauerten Ringes verlief. Gleichzeitig traten zwei Risse auf, die in dem Bereich der linken Aufmauerung in horizontalen Fugen verliefen. Noch stand der Bogen. Danach war kaum noch eine Laststeigerung möglich. Die Gelenke unter der Lasteinleitung am Intrados und auf der unbelasteten Bogenseite am Extrados prägten sich immer deutlicher aus. Dann trennte sich auch auf der rechten Seite der radiale Ring von der horizontalen Aufmauerung. Getreppte Risse radial nach außen erschienen im Bereich der rechten Aufmauerung. Die sich einstellenden Gelenke zeigen klassisch das kinematische Versagen eines Bogens unter einseitiger Lasteinleitung. Kurz vor dem Bruch klafften die Gelenke in den Drittelpunkten ca. 3 cm auf.

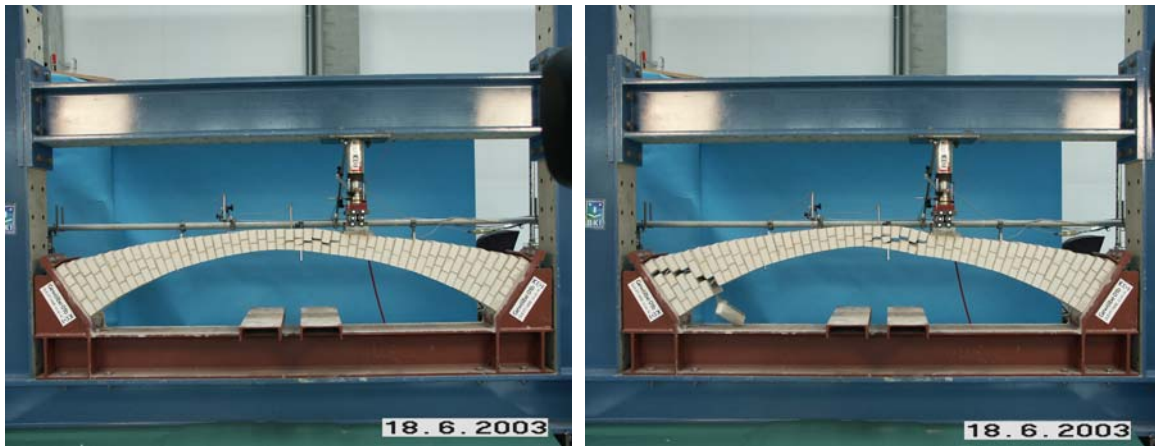


Abb. IV-137: Bogen Typ 1 unter einseitiger Belastung im Drittelpunkt

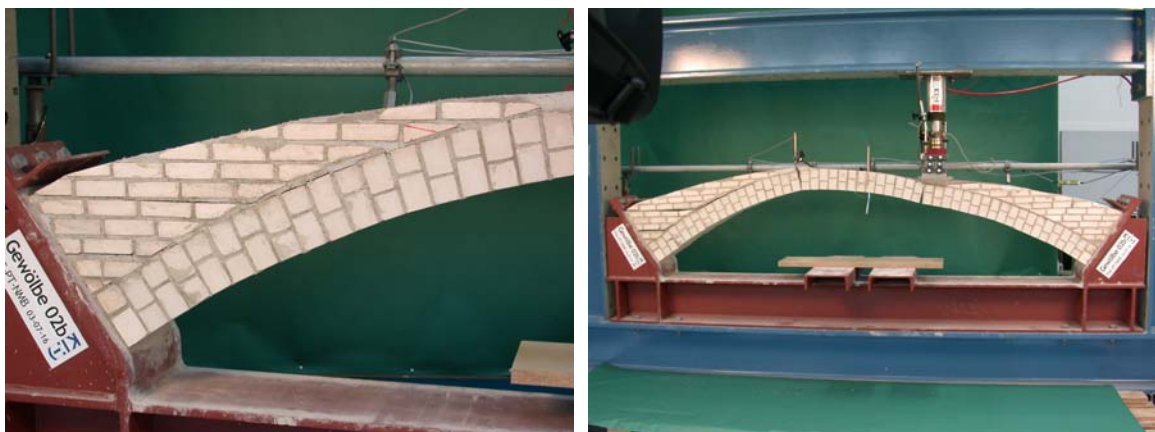


Abb. IV-138: Bogen Typ 2 unter einseitiger Belastung im Drittelpunkt, links frühzeitige Ringtrennung, rechts Gelenke im Bogen deutlich ausgebildet

IV. 3.7.5 Interpretation der Versuchsergebnisse

Diese Versuchsergebnisse bestätigen die oben genannte These, dass sich der radial gemauerte Bogen als signifikant tragfähiger erweist als der Bogen gleicher Ringstärke mit horizontaler Aufmauerung (Abb. IV-139).

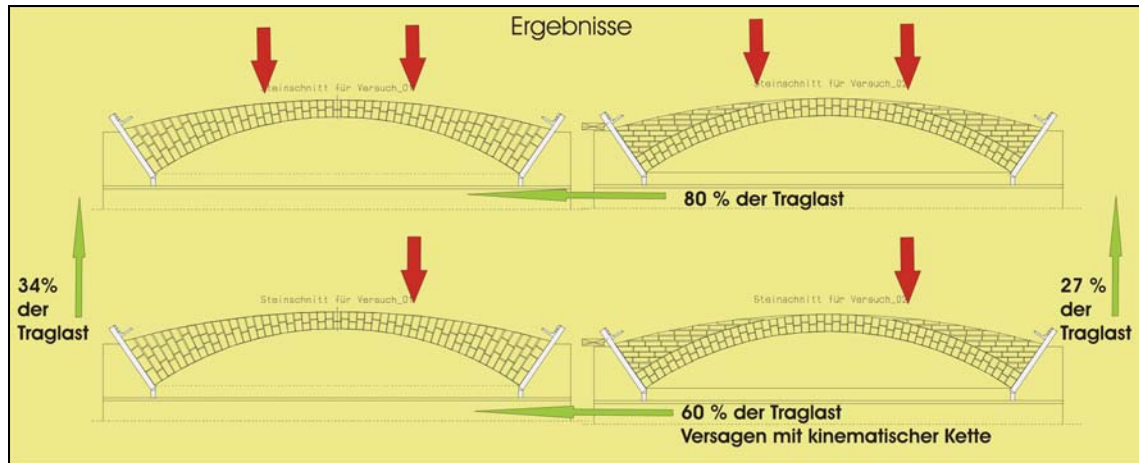


Abb. IV-139: Übersichtsskizze der Ergebnisse

Deutlicher wird dies bei der einseitigen Belastung. Das Rissbild und das Versagen der beiden mit unterschiedlichem Verband und Steinschnitt gemauerten Bogentypen war für einseitige Belastung grundsätzlich verschieden gegenüber dem des radialen Mauerwerks. Bei dem radial gemauerten Bogen blieb der Bogen solange stabil, bis die Steifigkeiten überschritten waren. Es zeigte sich dort Versagen unter Querkzug- oder Spaltzug. Risse gingen durch die Steine und durch die Fugen. Demgegenüber zeigte der Bogen mit horizontaler Aufmauerung, dass sich der Ring vom horizontalen Mauerwerk trennt und der verbleibende Ring konstanter Dicke unter Ausbildung einer kinematischen Kette versagt. Er erreichte nur 60 Prozent der Traglast des radial gemauerten Bogens.

Die Ergebnisse bestätigten insofern die Entscheidung der Baumeister des 16. Jh. – sowohl des Ponte di Rialto als auch der Fleischbrücke – zu diesem Verband.

Dass in der Realität wegen des hohen Eigengewichtanteils keine entsprechend hohe einseitige Belastung auftritt und der Vorteil deshalb nicht zum Tragen kommt, spielt dabei keine Rolle. Die Versuche bestätigen qualitativ das „Gefühl“ der Baumeister und Konstrukteure. Ruft man sich nach dem Verlauf der Risse entlang des Rings und dann mit horizontalem Verlauf zwischen den horizontalen Steinschichten den Entwurfsplan zur Rialtobrücke vor Augen, scheint die dort rot eingezeichnete Zick-Zack-Linie geradezu anzudeuten, dass ein Abscheren bei dieser radialen Mauerung nicht möglich ist im Gegensatz zu horizontalen Schichten. Der nach den durchgeführten Versuchen erkennbare horizontale Riss zwischen zwei horizontalen Steinlagen bestätigt dies.

So bleibt abschließend zu betonen, dass aus heutiger Sicht unter Ausnutzung von FEM-Berechnungen und Vorgabe festgelegter Belastungen der Bogen besonders an den Kämpfern überdimensioniert erscheint. Aus einem Blickwinkel aber, der nicht quantitative Werte betrachtet, sondern das qualitative Tragverhalten, war die Wahl einer radialen Mauerung absolut sinnvoll.

Datum	Name	Bez.	max. aufgebrachte Last	Mittendurchbiegung bei max. Traglast	Druckfestigkeit Mauerwerk	max. Traglast linker Zylinder	max. Traglast rechter Zylinder	Verformungslinie aller vert. Wege bei max. Traglast	Lastverformungskurve	Versagensbild
[-]	[-]	[-]	[kN]	[mm]	[N/mm ²]	[kN]	[kN]	[mm]	[-]	[-]
13.12.2002	Gewölbe	01a	125,90	11,20	11,98	61,12	66,01			
29.01.2003	Gewölbe	02a	101,36	7,99	12,61	48,79	52,57			
18.06.2003	Gewölbe	01b	43,02	3,14	12,40	0,00	43,02			
16.07.2003	Gewölbe	02b	27,25	1,02	13,18	0,00	27,25			

Tab. IV-10: Überblick über die Versuchsergebnisse zu gemauerten Bögen

V Bewertung

V. 1 Statisch-konstruktive Qualität der Fleischbrücke

V. 1.1 Zeichnung als Mittel der Analyse auf dem Weg zu statisch-konstruktiver Qualität in der Renaissance

Entwurfspläne der Rialto- und der Fleischbrücke verdeutlichen das Abwägen von konstruktiven Lösungen und gedankliche Modelle finden ihre grafische Umsetzung. Die daraus resultierenden Zeichnungen können von den Fachkollegen in der bautechnischen Gemeinschaft kritisch gewertet werden, um dann erneut durchdacht zu einer veränderten Lösung zu führen, die sich wiederum in der Zeichnung niederschlägt.

Bei den Entwürfen zur Fleischbrücke ist dieses Variantenstudium noch ausgeprägter als bei der Rialto- und der Fleischbrücke und bezieht sich auf noch mehr verschiedene Fragestellungen, wie z. B. die Variation der Pfeilhöhe. Das Geometrisieren des Entwurfsprozesses, ein „Spielen mit den Proportionen“, lässt den Konstruktionsprozess als praktischen und schöpferischen Iterationsprozess erscheinen. Hier wird in der Spätrenaissance die Entwurfszeichnung zur systematischen Nutzung für Entwurfs- und Konstruktionsvarianten entdeckt, im Gegensatz zu den Proportionsregeln eines Alberti, der eher in der literarischen Tradition steht.

Mögen auch die Überlegungen, die zum Bau der Fleischbrücke in der beschriebenen Form führten, durch die Rialto- und die Fleischbrücke angeregt worden sein (siehe Kap. V. 2, „Fleischbrücke im Vergleich zum Ponte di Rialto“ S. 242), zeigen sie dennoch exemplarisch ein neuartiges Verständnis der Bautechnik in der Spätrenaissance in Deutschland und eigenständige Lösungen. Die bautechnische Kommunikation des Wettbewerbsverfahrens bedeutet quasi die Implementierung der Statischen Erfahrung in die Brückenbaupraxis:

- ausschreibungsförmiges Sammeln, Selektieren, Konzentrieren und Konkretisieren bautechnischen Wissens,
- Konstitution einer projektbezogenen bautechnischen Community,
- Einbezug qualitativer statischer Überlegungen in den Entwurfsprozess durch Verbalisierung,
- systematische Nutzung der Zeichnung für Entwurfs- und Konstruktionsvarianten,
- Förderung des konstruktiven Denkens.

Gleichwohl wird das im Zuge der Errichtung der Fleischbrücke gewonnene bautechnische Wissen nach Vervollendung des Baus nicht veröffentlicht.

V. 1.2 Statisch-konstruktive Qualität aus heutiger Sicht

Die statisch-konstruktive Qualität eines Bauwerks misst sich u. a. an der Dauerhaftigkeit, einem klaren Lastabtrag, der konstruktiven Durchbildung des Mauerwerksverbandes, der Fundamente und der Gründung, der Wahl eines angemessenen Materials und nicht zuletzt an der Sparsamkeit des Materialverbrauchs, also der Dimensionierung.

Dauerhaftigkeit

Das Kriterium der Dauerhaftigkeit erfüllt die Fleischbrücke per se. Die Fleischbrücke überdauerte die Jahrhunderte und war auch wachsenden Nutzungsansprüchen gewachsen. Sie überstand unzählige Hochwasser, bei denen der Wasserspiegel bis hinauf zum Scheitel reichte. Reparaturen an der Unterseite waren allerdings notwendig. Nach den Berichten über Sperrungen im 18. Jh. scheinen es Schäden gewesen zu sein, die aber wohl weniger die Tragfähigkeit der Brücke insgesamt betrafen. Jedenfalls bekam man die Probleme offensichtlich in den Griff, überstand doch die Fleischbrücke auch einen Bombentreffer auf der Südseite in der Nähe der Widerlager. Eingestuft ist sie seit 1955 in die BK 30 mit einer Hauptspur. Seit 1967 ist sie nicht mehr dem regulären Straßenverkehr ausgesetzt, da die Altstadt verkehrsberuhigt wurde.

Gründung

Die Gründung bestand aus den Haupt- und den Nebenpfählen, über denen ein zimmermannsgerichtetes Pfahlrost angeordnet war. Darüber dienten Dielen als Unterlage für die erste Steinlage des Fundamentes. Dies entsprach dem damals üblichen Verfahren bei Gründungen in wenig tragfähigem Grund, wenn keine Möglichkeit bestand, diesen abzutragen. Die tatsächlich ausgeführte Länge der Tragpfähle der Pfahlgründung ist jedoch nicht bekannt. Sie schwanken auf den Zeichnungen im Wesentlichen zwischen rund 10 bis 18 Schuh (3-5,5 m), in den Gutachten ist von 10-12 Schuh die Rede. Wurden die Pfähle nach der Zeichnung Abb. IV-21, S. 95, die der Ausführung ansonsten sehr nahe kommt, in etwa in 3 m Länge ausgeführt, haben sie nicht den tragfähigen Grund erreicht.

Bei der Diskussion der Entwurfspläne wurde die These aufgestellt, dass sich die Baumeister die schräg angeordneten Pfähle als konstruktiv notwendige Bauteile vorstellten, die die Bogenkräfte über die schrägen Fundamentsteine in den Boden leiteten. Dieser durchaus sinnvolle Gedanke spielt jedoch im tatsächlichen Tragverhalten keine wesentliche Rolle. Die eingeschlagenen Schrägpfähle unter dem abgeschrägten Teil des Widerlagers dürften dem Verlauf der Hauptspannungen aus der Scheibenberechnung nach nicht maßgebend am Lastabtrag beteiligt sein. Es besteht auch die Möglichkeit, dass man sie nicht rammte, sondern als eine Art Bodenverdichtungsmaßnahme unter den abgeschrägten Widerlagern einbrachte bzw. packte.

Die Güte der Gründung zu beurteilen, ist bislang nur indirekt möglich. Denn das Bauwerk weist keine so massiven Setzungsschäden auf, dass auf massive Fehler bei der Gründung geschlossen werden könnte. Dennoch ist bei schlechtem Baugrund ein sehr langsam fortschreitender Setzungsprozess, der auch nach Generationen noch nicht abgeschlossen ist, nicht selten. Es liegen aber für die Fleischbrücke keine Setzungsmessungen kombiniert mit Rissmessungen vor, die einen längeren Zeitraum dokumentieren könnten. Es bleibt die Frage, ob die Risse und Erosionen im Kämpferbereich durch Risse entstanden sein können, die ihre Ursache in Setzungsbewegungen oder einem Auseinanderweichen der Fundamente haben.

Mauerwerk - Bogen und Fundamente

Vor 400 Jahren erbaut, erfüllt die Fleischbrücke im Wesentlichen die allgemeinen Forderungen der heutigen DIN 1053 nach handwerksgerechter Ausführung für Natursteinmauerwerk: Aus der Aufnahme der Brückenuntersicht zeigt sich, dass die Natursteine alle gemäß ihrer natürlichen Lagerung mit durchgehenden Lagerfugen durch die gesamte Gewölbedicke eingebaut

sind.⁵⁸⁴ Die Forderung nach nicht mehr als über zwei Schichten durchgehenden Stoßfugen ist überwiegend erfüllt. Wo ein Versatz der Stoßfugen konstruktiv notwendig ist, wie bei den in der Ansicht der Stirnseiten sichtbaren Stoßfugen, ist er immer eingehalten.

Die Nürnberger verwandten den für Wasserbauten geeigneten Sandstein aus den Steinbrüchen der Reichsstadt. Der verwendete reine Kalkmörtel wäre heutzutage nach DIN 1053 wegen seiner geringen Festigkeit für tragendes Mauerwerk aus Natursteinen nicht mehr zulässig. Für Probleme der Abwitterung sind die Baumeister nicht verantwortlich zu machen. Sie wählten schon die festeste Steinart in ihrer Umgebung. Die Abriebsgeschwindigkeit der Oberfläche der Steine ist von der Witterung abhängig. Dennoch ist es normal, dass Sandsteinoberflächen alle 100 Jahre erneuerungsbedürftig sind.

Dadurch, dass der gesamte sich aufweitende Bogen aus dem gleichen Sandstein gemauert ist, und nicht wie bei der Rialtobrücke aus radial gemauerten Backsteinen, hat der gesamte Bogen ein einheitliches Material, welches das gleiche Verformungsverhalten aufweist und nicht im Bogeninnern und an den Stirnflächen verschieden ist. Das gesamte Bauwerk ist im Prinzip als reine tragende Form konzipiert. Bogen, Stirnwände und Aufmauerung bilden eine Einheit bei einem sich stark zu den Kämpfern hin aufweitenden Bogen – Anrampungen aus Aufschüttungsmaterial bestanden schon in rst. Zeit im auslaufenden Bereich der Brücke. Das war die Antwort der rst. Baumeister auf ihr Sicherheitsbedürfnis und ihre Einschätzung des Tragverhaltens.

Verdübelungen der Bogensteine untereinander, sind bei der Fleischbrücke bislang nicht bekannt und auch nicht bei Bohrungen entdeckt worden. Solche bautechnischen Besonderheiten, die im Inneren eines Tragwerks liegen, treten oftmals erst nach Zerstörungen des Bauwerks zutage, wie z. B. bei St. Lorenz nach dem zerstörerischen Bombardement des Zweiten Weltkrieges, eine Konstruktion, die *„bisher an keinem anderen Ort nachgewiesen werden konnte“*⁵⁸⁵. Bei der Errichtung des Gewölbes über der weit gespannten Halle des Chores mit einem verzweigten Netz an Steinrippen hatte Jacob Grimm, der 1466 für den Chorbau verpflichtet wurde, die auf Druck aneinander gepressten Rippensteine in den Stoßfugen zusätzlich mit Eichenholzdübeln verbunden. *„Diese Verdübelung war gleichsam eine Fixierung der Seelenachse dieser Rippen, so daß die Detonationsgewalten mit der Druck- und Sogwelle weniger Schaden anrichten konnten, als bei einem Rippenbogen, der bei einer entlastenden Druckwelle von unten – ohne die genannte Zusatzsicherung – unweigerlich hatte einstürzen müssen.“*⁵⁸⁶ Eine ähnliche Besonderheit zur zusätzlichen Sicherung des Bogens zeigte sich nach der Zerstörung der 1566 in Mostar erbauten Stari Most. Hier ließ der Baumeister Hajrudin zusätzlich zum Kraftschuss durch die Keilsteine des Bogens bleivergossene Eisendübel einbauen, eine Maßnahme, die besonders für eine Stabilität bei seitlich gegen die Brücke wirkenden Kräften – beispielsweise seitlicher Druck bei den häufigen Hochwassern der Neretva – sorgt. Ihre Wirksamkeit zeigte sich im Zuge des Bürgerkriegs in Bosnien-Herzegovina 1993, als die Brücke tagelang dem gezielten Beschuss gegen die Stirnflächen – Autoreifen sollten das Anprallen abfedern – standhielt.⁵⁸⁷

⁵⁸⁴ In der Untersicht wies lediglich ein sehr kurzer Stein eine falsche Orientierung auf. – Vgl. Stolarski (2001 a): Laut „I. Bericht“ der LGA allerdings fand man im Bohrprogramm bei einigen Quadern, dass ihre natürliche grobe Schichtung ungünstig in Schichten parallel zur Lastrichtung angeordnet ist.

⁵⁸⁵ Siehe Stolz (1998), S. 44.

⁵⁸⁶ Stolz (1978), S. 5.

⁵⁸⁷ Vgl. Stolarski (2001 b), S. 36/37. Die Eisendübel waren ca. 40 cm lang und geschützt durch den Bleimantel nach 400 Jahren noch nicht wesentlich korrodiert.

Tatsache aber ist, dass auch die Nürnberger Baumeister beabsichtigten bei der Fleischbrücke durch zusätzliche Maßnahmen den Mauerwerksverband des Bogens zu sichern. Übernommen aus dem Vorgehen bei Brückensanierungen strebten sie an, durch eingelegte Eisenstangen die Brücke in Querrichtung zu „fassen“ und zu „verwahren“. Ob sie tatsächlich –wie bei der Reparatur von Steinbrücken in Nürnberg ausgeführt – auch versuchten, eine Quervorspannung aufzubringen, bleibt offen. Man darf jedenfalls davon ausgehen, dass sie die Eisenstangen als konstruktiv notwendig ansahen.⁵⁸⁸

Dass die Fundamentsteine der Fleischbrücke untereinander mit Eisenklammern gehalten waren, ist mit Sicherheit anzunehmen, da dies normaler Standard war. Auch die historisch angegebene Menge des verbauten Eisens sowie die Einzeichnung in einigen Entwurfsplänen sprechen dafür. Nachgewiesen ist es nicht.

Die Verbindung der auskragenden Kanzeln mit dem Brückenbogen scheint allerdings schon in der Vergangenheit zu Problemen geführt zu haben, wie die häufigen Reparaturstellen in diesem Bereich zeigen. Insbesondere an der westlichen Kanzel zeigt sich ein längerer Riss. Bei der anstehenden Sanierung sollte die Kanzel zurückgebaut werden, um bei Kenntnis der Durchbildung der Verbindung von Kanzel und Brückenbogen, geeignete Verankerungsmaßnahmen zu wählen, die weitere Probleme in diesem Bereich ausschließen. Bei gegenwärtigem Kenntnisstand lässt sich nicht beurteilen, ob die Einbindung der Kanzel konstruktiv schlecht gelöst war. Aus den Plänen der Untersicht kann man zumindest noch entnehmen, dass im Bereich der Kanzeln längere Steine für die Einbindung in Brückenquerrichtung verwendet wurden.

Für eine spezielle funktionsfähige Abdichtung über dem Brückenbogen scheinen die Baumeister nicht gesorgt zu haben, was sich aus heutiger Sicht als negativ erweist. Es finden sich auch in den historischen Quellen diesbezüglich keine Angaben.⁵⁸⁹

Dimensionierung

Aus heutiger Sicht ist die Fleischbrücke zumindest im Bereich der Kämpfer deutlich überdimensioniert. In der statisch-konstruktiven Analyse wurde bei verschiedenen Idealisierungen die Überdimensionierung des sich aufweitenden Bogens für Lasten aus Eigengewicht und Verkehr beschrieben. Durch Rissbildung am Extradados im Bereich der Kämpfer entzieht sich dieser Bereich dem Lastabtrag und es kommt zu einer Lastumlagerung mit wachsenden Druckspannungen. Dennoch konnte durch verschiedene Modellversuche gezeigt werden, dass die Zielsetzung, aus der heraus die Baumeister der Fleischbrücke (oder auch der Rialtobrücke) diese Mauerungsart wählten, in die richtige Richtung ging. Bei entsprechend hohen einseitigen Lasten war die radiale Mauerung mit starker Zunahme am Kämpfer dem konstant dicken Ring mit horizontaler Aufmauerung signifikant überlegen. So schlossen die Baumeister die Gefahr einer Ringtrennung aus. Es war also qualitativ genau die richtige Entscheidung.

Für die geplante Sanierung mit einer Betonschale als Abdichtungsträger über dem Bogen erfolgte eine Neuberechnung mit einem FEM Stabwerksprogramm, mit einer nichtlinearen FEM Scheibenberechnung und mit einer computergestützten grafostatischen Untersuchung. Die Ergebnisse zeigen folgendes:

⁵⁸⁸ Zur Lage der Eisenstangen in der Brückenuntersicht siehe Bd. 3 (Materialsammlung), Kap. 10 „Erstellte Pläne“.

⁵⁸⁹ Bei keiner Kernbohrung der LGA stieß man auf Abdichtungsmaterial oder eine andere, noch dichtere, wasserundurchlässigere Steinart am Extradados des Bogens. Hingegen war beim Bau der Brücke in Mostar für die Abdichtung gegen die Straßenoberfläche durch die Verwendung einer besonders dichten Steinart gesorgt.

Erfolgt eine Beschränkung der Verkehrslast auf die BK 16/16, so entsprechen die Beanspruchungen der Brücke weitgehend denjenigen, die bei einer Einstufung in BK 30 in der jetzigen Ausführung vorhanden sind. Schon unter dieser Beanspruchung sind in der Vergangenheit örtliche Schäden entstanden, deren Ursachen nicht endgültig geklärt sind. Auch die Betonschale kann zur Tragfähigkeitssteigerung keinen nennenswerten Beitrag leisten, da sie – eine Forderung des Denkmalschutzes – nicht konstruktiv mit dem Altbauwerk verbunden werden darf.

Für die BK 16/16 ergeben die Berechnungen maximale Mauerwerksdruckspannungen, die ganz erheblich über den zulässigen Spannungen der heute gültigen DIN 1053 liegen, wenn als Eingangswerte der Steinfestigkeit tatsächlich nur $14,6 \text{ MN/m}^2$ und Mörtelgruppe I in Frage kommen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass bislang erst an zwei Proben Gesteinsfestigkeiten ermittelt wurden. Zusätzliche Untersuchungen zur Steinfestigkeit und ebenso wie zur Mörtelfestigkeit sind erforderlich.

Es besteht auch keine Notwendigkeit, mit Berechnungen eine Höherstufung in die BK 30/30 zu verfolgen, weil die Fleischbrücke im verkehrsberuhigten Innenstadtbereich nur von einzelnen Lieferfahrzeugen und der Feuerwehr passiert wird. Vor diesem Hintergrund ist es sinnvoll, ein Spannungsniveau zu vermeiden, welches das bisherige noch übersteigt.

Um überhaupt die hohen Druckspannungen der Fleischbrücke auf Dauer akzeptieren zu können, sind vorerst allerdings folgende Maßnahmen unabdingbar:

- Die lokalen Einschnitte im Brückenkörper im Bereich des Scheitels durch verlegte Leitungen müssen dauerhaft kraftschlüssig gefüllt werden.
- In Bereichen mit geringen Mauerwerksfestigkeiten muss das entfestigte Gefüge mittels Injektionen konsolidiert und kraftschlüssig verbunden werden. Das gilt insbesondere in den hoch belasteten Kämpferbereichen am Intrados.
- Die lokalen Probleme, insbesondere an der westlichen Kanzel, müssen geklärt und die Verankerung der Kanzel mit dem Brückenbogen gesichert wiederhergestellt werden. Dabei wird sich klären, ob auch eine großflächige Entfernung von Mauerwerksplomben zumindest in diesem Bereich notwendig ist.
- Wenn das historische Pflaster beibehalten werden soll, müssen die daraus resultierenden vergrößerten Schwing- und Stoßbeanspruchungen durch eine Reduzierung der Überfahrgeschwindigkeit auf Schritttempo begrenzt werden.
- Es sollte ein geeignetes Monitoringsystem entwickelt und implementiert werden.

Auf Grund der vergleichenden Berechnungen – mit den unzulänglich vorhandenen Geometrie- und Materialdaten – könnte nur für den Fall der Akzeptanz von Druckspannungen in Höhe von $2,8 \text{ MN/m}^2$ nach der Sanierung eine Einstufung der Fleischbrücke in die BK 16/16 erfolgen, die die Möglichkeit beinhaltet, Einzelfahrzeugen bis 30 Tonnen das Passieren der Brücke zu genehmigen. Es wird für den Standsicherheitsnachweis eine rasterorientierte Entnahme von weiteren Materialproben unumgänglich erforderlich sein. Sollte sich als Ergebnis weiterer Materialuntersuchungen und anschließender Berechnungen immer noch ein Spannungsniveau ergeben, dass nicht akzeptabel erscheint, lässt sich der Nachweis ausreichender Tragsicherheit im vorliegenden Fall – mit großer Wahrscheinlichkeit auf Erfolg – experimentell vor Ort führen.

V. 2 Fleischbrücke im Vergleich zum Ponte di Rialto

Die Rialtobrücke fehlt in keinem Stadtführer Venedigs und findet Erwähnung in fast allen Brückenbüchern, die einen Querschnitt internationaler Brückengeschichte behandeln. Die Fleischbrücke hingegen wird nicht erwähnt. Das gilt nicht nur für moderne Brückenbücher, sondern auch schon im 18. Jh.⁵⁹⁰

Offenbar ging es dem Senat in Venedig bei der Diskussion um die Errichtung einer ersten steinernen Passage über den Canale Grande um die Errichtung eines Repräsentationsbaues:

Es scheint auch, dass in der Absicht des Senats von Venedig lag, diesen Ort, der die Wiege der Republik war, zu verschönern, ein Monument zu errichten, das dem Grad des Glanzes würdig war. Man kann sagen, dass auch der Vorteil seiner Lage und der Prunk der Gebäude, der das Ufer des Canale Grande schmückten, dazu beitrugen, eine solche Vorbedingung dringend zu machen.⁵⁹¹

1591 unter der Leitung da Pontes nach fünfjähriger Bauzeit fertig gestellt, fand der Ponte di Rialto auch bei ausländischen Baumeistern Beachtung. Der württembergische Baumeister Schickhardt fertigte bei seiner ersten Italienreise vom Januar bis April 1598 eine perspektivische Handzeichnung mit entsprechender Beschreibung an.⁵⁹² Diese Skizze dürfte eine der ersten Darstellungen der fertigen Rialtobrücke sein (Abb. V-1).

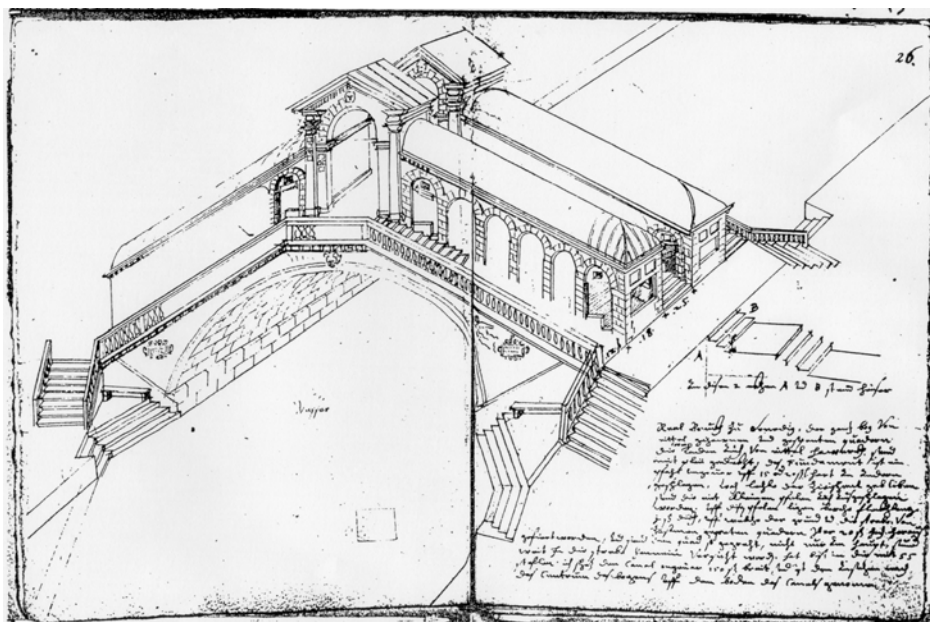


Abb. V-1: Handzeichnung Schickhardts. In WLB: Cod. hist. Q. 148 a, fol. 25verso, fol. 26

⁵⁹⁰ Nicht erwähnt wird die Fleischbrücke in Leupold [1726] 1982, Abb. Die Brücke Rialto Tab. XXV – Gautier (1728), Abb. Pont de Rialto di Venise. PL.XI – Graefe, H. A. (1969), Rialtobrücke S. 58-61 – Brown (1994), Rialtobrücke S. 36 f. – Leonhard [1960] (1994), Rialtobrücke Abb. 8.16 – Graf (2002), Rialtobrücke S. 54 f – Hoff (1998), S. 59-64 ordnet die Fleischbrücke dem Kapitel Rialtobrücke unter.

⁵⁹¹ Miozzi (1935), S. 451 Aus dem Italienischen übersetzt.

⁵⁹² Vgl. Heyd (1902), Nachzeichnung Abb. 24 und Transkription S. 39-41. Original in der WLB: Cod. hist. Q. 148, a fol. 25 verso, fol. 26.

Darstellung in der Kunst

Das zeitgenössische Interesse im 16. Jh. an der Errichtung eines steinernen Ponte di Rialto spiegelt sich durch Entwürfe bedeutender Architekten wie Palladio und Scamozzi wieder. Nach der Fertigstellung der ersten Steinbrücke über den Canale Grande wird diese Brücke vor allem von der im 18. Jh. in Venedig aufblühenden Kunstrichtung der Vedutenmalerei als Motiv entdeckt. Gemälde der Rialto-Brücke in Museen u. a. in Venedig, Parma, Paris, Rom, Lissabon, München oder Petersburg trugen seit dem 19. Jh. zur internationalen Bekanntheit der Ponte di Rialto bei.⁵⁹³ Im Gegensatz dazu war von der deutschen Kunstszene zur Zeit der Erstellung der Fleischbrücke nicht zu erwarten, dass sie diese thematisiert. Das Deutschland des 16. Jh. widmete sich noch eher religiösen Themen und wendete sich dann insbesondere dem Portrait zu.

Bereits die alte, hölzerne Rialto-Brücke, die noch als Zugbrücke den Segelschiffen auf dem Canale Grande die Durchfahrt gestattete, ist auf dem berühmten, rund 4 m² großen Holzschnitt der Stadtansicht Venedigs von Jacobo di Barbari (* 1440/50, † vor 1516) um 1500 zu sehen⁵⁹⁴ oder auf dem Ölgemälde „*Miracolo della reliquia della Santa Croce*“ von 1494 von Vittore Carpaccio (* ca. 1460, † 1526).⁵⁹⁵

Weit mehr Gemälde existieren von der fertig gestellten steinernen Rialto-Brücke. Das reicht von Miniaturen wie von Luigi Querera (* 1824, † 1887)⁵⁹⁶ bis zu großformatigen Darstellungen auf Stadtansichten in Öl wie z. B. von Giovanni Battista Arzenti um 1600 oder von Guiseppe Heintz il Giovane (* ca. 1600, † 1678) Mitte des 17. Jh.⁵⁹⁷ In seinem Gemälde „*Il corteo dogale in Canal Grande al Ponte di Rialto*“ bietet die Rialto-Brücke die Kulisse.⁵⁹⁸

Bekannt sind ebenfalls die Gemälde der Stadtansichten mit dem Ponte di Rialto von dem Venezianer Giovanni Antonio Canale, genannt Canaletto (* 1697, † 1768).⁵⁹⁹ Von ihm stammt auch ein Bild im Auftrag des Grafen Algarotti,⁶⁰⁰ in dem die reale Brücke durch eine Brücke nach dem Entwurf Palladios ersetzt war und das die Beliebtheit der Palladio-Entwürfe verdeutlicht. „*Im Gegensatz zu der analogen Version in der Königlichen Sammlung auf Schloss Windsor, verkörpert dieses Stück andere Arbeiten von Palladio – den Palast Chiericati und die Vincenza Basilika*“,⁶⁰¹ den Palast anstelle des Warenlagers der Deutschen und die Basilika anstelle des Palastes der Camerlenghi.⁶⁰²

⁵⁹³ Stiche fertigten insbesondere Carlevarijs, Visenti oder Lazzarino.

⁵⁹⁴ Venedig: Museo Correr. Ausgestellt sind ebenso die wertvollen sechs Druckplatten aus Birnbaumholz.

⁵⁹⁵ Venedig: Gallerie dell'Accademia.

⁵⁹⁶ Venedig: Museo Correr Cl, III nn 8466 1/16.

⁵⁹⁷ Beide Stadtansichten Venedig: Museo Correr.

⁵⁹⁸ Modena: Galleria Estense. Vgl. S. 275-2285

⁵⁹⁹ Paris: Musée du Louvre und Rom: Galleria Nazionale.

⁶⁰⁰ Siehe Miozzi (1935), S. 453.

⁶⁰¹ Cottino (1996) S. 42.

⁶⁰² Parma: Galleria Nazionale.



Abb. V-2: Ölgemälde von Guardi. In Graefe, H. A. (1969)



Abb. V-3: Ölgemälde von Marieschi um 1740. Reproduktion von Postkarte. Original in Petersburg, Eremitage

So transportiert die Vedutenmalerei die Debatte um die Entwürfe von Palladio in die Kunst. Auch der Venezianer Francesco Guardi (* 1712, † 1793) malt den Canal Grande mit einer Rialto-Brücke nach einem Entwurf Palladios⁶⁰³ sowie auch die ausgeführte Konstruktion (Abb. V-2).⁶⁰⁴ Ein früher Canaletto zugeschriebenes Gemälde (Abb. V-3) stammt von dem venezianischen Maler Michele Marieschi (* 1710, † 1744).⁶⁰⁵

Abschließend ist festzustellen, dass alle erwähnten Maler die Rialto-Brücke in ihrer sichtbaren Gestalt zeigen. Die Gründung war kein Thema.⁶⁰⁶ Nicht die ingenieurmäßige Leistung stand für die Künstler im Vordergrund, sondern die Gestaltung, die Architektur, das Zusammenspiel mit der umgebenden Bebauung.

Von der Fleischbrücke dagegen existieren keine Gemälde bekannter Maler. Das in Kap. I vorgestellte kleine, einfache Gemälde zeigt die Fundamente mit dem Pfahlrost und betont hierin den Stolz auf die technische Leistung. Genau dieses Motiv wird auch in den ersten gedruckten

Abbildungen übernommen. Es verdeutlicht die andere Zielsetzung der Nürnberger Baumeister. Sie planten ein Brückenbauwerk ohne den Anspruch auf besondere Beachtung seiner Gestalt und Kunst zu erheben. Die Ausführung des flachen Bogens als Passage für die wichtigste Handelsstraße allein war außergewöhnlich genug. Die Stadt Nürnberg trägt die Kosten für das Bauwerk im Gegensatz zu Venedig, wo die Einnahmen aus den Ladenmieten die Brücke finanzierten. Für Nürnberg lag die Repräsentation in der technischen Leistung. Hierauf richtete sich der Stolz der Nürnberger, nicht in erster Linie auf die Schönheit der Brücke. Somit zeigt sich die Fleischbrücke in erster Linie als Ingenieurbauwerk.

⁶⁰³ Lissabon: Fondazione Gulbenkian.

⁶⁰⁴ Siehe Graefe, H. A. (1969): Original in der Alten Pinakothek in München als ständige Leihgabe der Gemäldesammlung der Bayerischen Hypotheken- und Wechselbank.

⁶⁰⁵ Petersburg: Eremitage. Vgl. Fomichova (1992) S. 210.

⁶⁰⁶ Auch auf den Stichen mit Abbildungen der Rialto-Brücke von Carlevarijs, Visenti oder Lazzarino.

Vorläufer statt Vorbild

In dem erst zweihundert Jahre nach dem Bau der Fleischbrücke auftauchenden Satz, dass die Fleischbrücke „nach dem Muster der Rialtobrücke“⁶⁰⁷ gebaut sei, drückt sich der Wunsch aus, am Ruhm der Rialtobrücke zu partizipieren.

Aus Muster wird „unbedingte Nachahmung“⁶⁰⁸ wird „Vorbild“.⁶⁰⁹ Doch Vorbild suggeriert eine starke Nachahmung. Man sollte es richtiger verstehen im Sinne von Vorläufer. Denn die „Grenzen eines jeden Entwurfs sind kulturgebunden: Alle erfolgreichen Entwürfe haben Vorläufer. Bei den ersten Entwürfen kommt dem visuellen Gedächtnis des Entwerfers ein besonders großer Einfluß zu.“⁶¹⁰

Selbstverständlich war den Baumeistern der Fleischbrücke vor ihrem inneren Auge die Gestalt der Rialtobrücke präsent. „Das innere Auge, der Ort unserer Bilder der erinnerten Wirklichkeit und des imaginierten Gebildes, ist ein unglaublich fähiges und differenziertes Organ.“⁶¹¹

Ob allerdings wirklich das Originalmodell da Pontes im rst. Bauamt während der Planung der Fleischbrücke zur Verfügung stand, bleibt offen. Erwähnt wird der Ponte di Rialto in keinem der Gutachten oder der Pläne zur Fleischbrücke und nach dem Vergleich der Entwurfspläne beider Brücken ist die Frage, ob die Nürnberger Kenntnis von den Entwurfsplänen von 1587/88 zur Rialtobrücke hatten, zu verneinen.⁶¹²

Dennoch fand man in Nürnberg eine ähnliche Lösung wie in Venedig für die Orientierung der Bogensteine, deren schräge Neigung, parallel zur Lagerfuge bei den Kämpfern, bei den Fundamenten beibehalten wurde. Das ist das einzige, was durch die Anregung der Rialtobrücke auch von den Baumeistern nach entsprechender Auseinandersetzung mit diesem Thema in den Entwurfsplänen übernommen wurde. Im Unterschied zur Rialtobrücke, bei der die schräge Hintermauerung aus wesentlich kleinformatigeren Backsteinen besteht, ist bei der Fleischbrücke im Prinzip der gesamte Brückenkörper aus Sandsteinen ähnlichen Formates. Die Venezianer sparten den Stein aus Istrien für den Bogen, die Fundamente und die Stirnseiten.

Bei annähernd gleicher Spannweite ist der Bogen der Fleischbrücke wesentlich flacher, das Fundament auf horizontaler Sohle und an den Enden angeschrägt und dort ebenfalls mit schrägen Pfählen unterfangen, wofür es keinen Vorläuferbau gibt.

Auch bezüglich der Gestaltung orientierten sich die Baumeister der Fleischbrücke nicht an der Rialtobrücke. Die typische Form der venezianischen Brücke, deren obere Silhouette dreigeteilt ist – in den Seitenbereichen schräg verläuft und in der Mitte einen horizontalen Verlauf aufweist – wurde weder umgesetzt, noch ist dies bei den Fleischbrückenentwürfen zu finden. Auch sind keine durch Baluster aufgelöste Brüstungsformen oder Ideenskizzen mit Brückenaufbauten erhalten.

⁶⁰⁷ Siebenkees (1790), S. 75 und (1792), S. 618. – Siehe auch in StAN: Stromer-Archiv A 2582: Nur in dieser einzigen handschriftlichen Quelle fand sich die Bemerkung, dass Wolf Jacob Stromer 1596 anfang die künstliche und nach dem Modell der Venezianischen Ponte Rialto gefertigte Fleischbrücke zu bauen. Doch ist der Schrift nach zu urteilen, dieses Blatt keine zeitgenössische Niederschrift, sondern stammt eher aus dem 18. Jh.

⁶⁰⁸ Rettberg (1854), S. 171.

⁶⁰⁹ Lübke (1882), S. 515 – Fehring (1977), S. 258. Vgl. Reicke (1896), S. 934: „... in ihrer kühnen Spannung dem Ponte Rialto nachgebildeten Brücke“.

⁶¹⁰ Ferguson (1993), S. 29.

⁶¹¹ Ferguson (1993), S. 47.

⁶¹² Siehe „Anregungen durch Technologietransfer“, S. 95

Unterschiede in der Rezeption

Um die Überlegenheit des Palladianischen Entwurfes zu visualisieren, stellte Rondelet in dem Essai „*Historique sur le pont de Rialto*“⁶¹³ beide Entwürfe in einer Zeichnung dar (Abb. V-4). Laut Huse ist Palladios Entwurf gegenüber dem Ponte di Rialto, der unter der Leitung Antonio da Pontes gebaut wurde, „*eher ein Nutz- als ein Repräsentationsbau*“.⁶¹⁴ Anfang des 17. Jh. als „*Achtes Weltwunder*“⁶¹⁵ bezeichnet, entwickelte sich die Rialtobrücke zum Wahrzeichen Venedigs und zu einem der berühmtesten Bauwerke Italiens. Auch nur annähernd ähnlichen Ruhm erlangte die Fleischbrücke nicht, obwohl die Ingenieurleistung bei der Fleischbrücke mit ihrem viel flacheren Bogen bei annähernd gleicher Spannweite höher zu bewerten ist. Doch erscheint nicht eine Brücke reizvoller, auf der Goldschmiede ihrer Arbeit nachgehen als eine, über die die Ochsen zum angrenzenden Schlachthaus getrieben werden?

Die Aufbauten des Ponte di Rialto sind Gliederungselemente und lassen das Bauwerk gleichzeitig monumental und mächtig erscheinen. Rondelet hält da Ponte in der Kunst der Dekoration der Gebäude für weit zurückgeblieben und äußert sich kritisch über den Zuwachs an Berühmtheit, den die Rialtobrücke erlebte:

*„Die Rialto-Brücke, die zunächst dafür bestimmt war, in ihrem Glanz die nationale Herrlichkeit hervorzuheben, sowie Staunen der Wertschätzung zu erwecken, was ein solches Kunstwerk ausmacht, ist nicht nur ein Monument des öffentlichen Nutzen, dessen Verdienst man nicht auf den ersten Blick berechnen könnte, sondern dessen Erinnerung sich leicht in das Gedächtnis einprägt. Man versteht, dass alle diejenigen, die die Brücke besucht haben, beeindruckt von der Überlieferung der für diese Aufgabe eröffneten Wettbewerbe, sich in ihren Erwartungen getäuscht haben müssen.“*⁶¹⁶

Neben der Rialtobrücke da Pontes, stärker noch neben dem Entwurf Palladios, wirkt die Fleischbrücke einfach, streng, schlicht und ruhig und weist sich erst recht als Zweck- oder Nutzbau aus (Abb. V-5).⁶¹⁷

⁶¹³ Zitiert nach Huse (1979).

⁶¹⁴ Huse (1979), S. 84.

⁶¹⁵ Siehe Miozzi (1935), S. 454, 459.

⁶¹⁶ Siehe Miozzi (1935), S. 464. Ausschnitt des Zitats von Rondelet frei übersetzt.

⁶¹⁷ Bei identischem Maßstab sind beide Brücken zu einer Bildmontage zusammengefügt. Die Darstellungen beider Brücken stammen aus den Bildmessplänen, die von W. v. Stromer im Rahmen des Forschungsprojektes „Revolution im Brückenbau“ durch die Bildmess GmbH Brandl erstellt, aber nicht veröffentlicht wurden. Jetzt befinden sie sich in dem an Dr. Holger Falter vererbten wissenschaftlichen Nachlass W. v. Stromers zum Thema Brückengeschichte. Die beiden Pläne finden sich als Scann der Originalgröße auf CD-ROM im Ordner „Pläne aus Nachlass Stromer“.

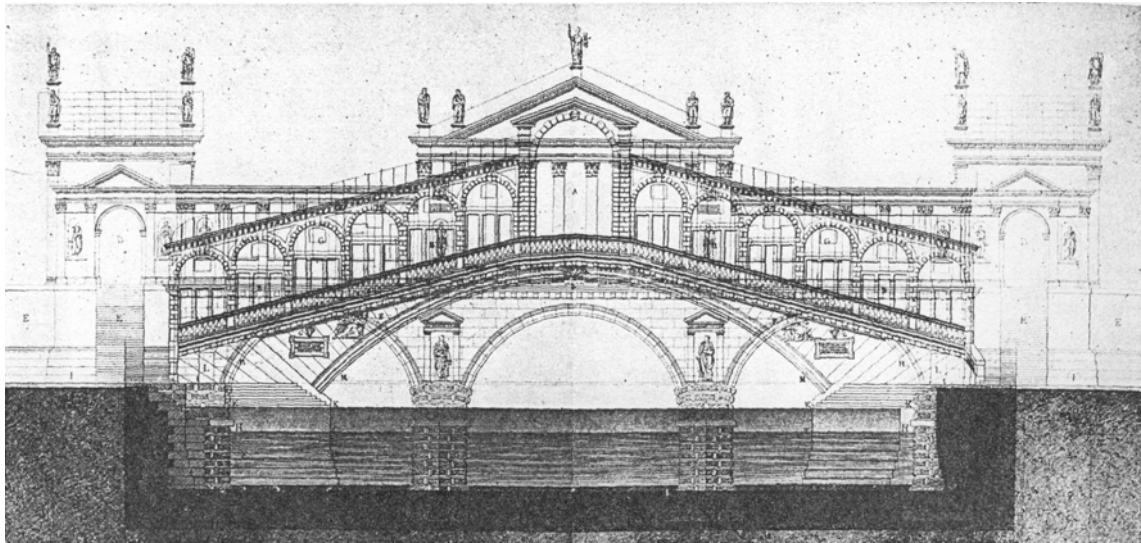


Abb. V-4: Vergleich von Palladios und da Pontes Rialto-Brücke in Rondelet (1836). Aus Huse 1979

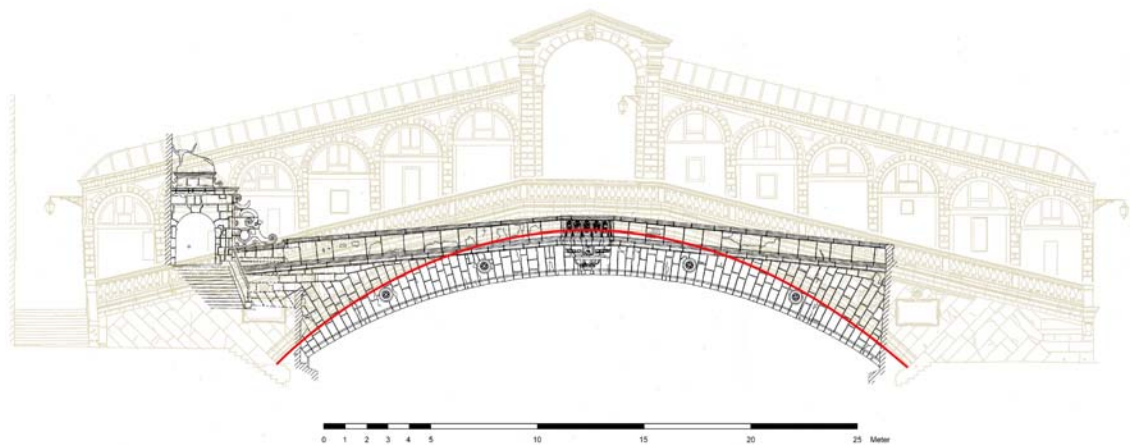


Abb. V-5: Maßstabgerechte Gegenüberstellung der Fleischbrücke von Westen und der Rialto-Brücke von Nordosten. Intrados der Rialto-Brücke rot. Montage C. Kaiser

Der Vergleich der Rezeption beider Bauwerke, der Fleischbrücke und dem Ponte di Rialto, bestätigte die These, dass der Ruhm, der einem Bauwerk zuteil wird, sich aus vielen Komponenten zusammensetzt. Beide Brücken sind etwa zeitgleich erbaut und hatten bei fast identischer Spannweite ähnliche Gründungsprobleme zu bewältigen. Das berühmtere Bauwerk beinhaltet nicht per se die größere bautechnische Leistung. Der Glanz der umgebenden Stadt, die Reproduktion durch die Kunst – auch hier ist Venedig mit der dort aufblühenden Vedutenmalerei der deutschen Kunstszene überlegen – und besondere gestalterische Merkmale bilden den Stoff, aus dem die bleibende Beachtung gewoben wird. Nur ein in seiner Ikonografie besonders erscheinendes Bauwerk, das Gefühle wie Staunen, Spannung, Hochachtung vermittelt, das in der Kunst gewürdigt wird, über das sich die Kunstwissenschaftler auch sprachlich und zitierbar, zu Wort melden können, verbleibt bei wachsendem technischen Fortschritt im Zustand der Bewunderung und besonderen Wahrnehmung. Deshalb konnte die Rialto-Brücke zu einem Wahrzeichen Venedigs werden, während der Fleischbrücke entsprechend ihrer Konzipierung als Zweckbau selbige Auszeichnung nicht erreicht.

Gegenwärtig wird in der Stadt Nürnberg die Verknüpfung der Fleischbrücke mit der Rialtobrücke erneut wiederhergestellt. Bei dem jährlichen Event des „Venezianischen Marktes“, bei dem auch Gondelaktivitäten auf der Pegnitz stattfinden, versucht man mit dem Aufbau von Buden an die Rialtobrücke zu erinnern – in der Realität ergibt die optische Wirkung ein jämmerliches Bild (Abb. V-6 und Abb. V-7).



Abb. V-6: Fotomontage der Fleischbrücke im Gewand der Rialtobrücke, Werbung für den Venezianischen Markt 2003 in Venedig, eingereicht beim Tiefbauamt Nürnberg



Abb. V-7: Venezianischer Markt in Nürnberg, 28.4.2003. Foto C. Kaiser

V. 3 Ästhetische Qualität der Fleischbrücke

*„Der Bogen ist die kraftvollste Verkörperung einer Überbrückung, seine Form bringt das Überspannen des Flusses und das Abtragen der Lasten sinnfällig zum Ausdruck. Bogenbrücken werden daher schon durch ihre Form als schön empfunden.“*⁶¹⁸

Dennoch erscheinen nicht alle Bogenbrücken gleich schön oder reizvoll. Welche ästhetische Qualität hat die Fleischbrücke? Die Baumeister verzichteten weitgehend auf alles, was von dem flachen Bogen ablenkt. Im Erscheinungsbild hat die Fleischbrücke nichts Spektakuläres an sich. Ein heutiger Bürger oder Tourist, in dessen Kopf Bilder von weit spannenden Autobahnbrücken verschiedenster Bautechnik, eingebrannt sind, mag die Fleischbrücke – wenn er nichts über sie weiß – als uninteressant empfinden.

Doch dies ist kein Beurteilungskriterium für die ästhetische Qualität. *„Die Ästhetik der gebauten Form zu beurteilen, ohne ihre Abhängigkeit auch von konstruktiven Bedingungen oder die Möglichkeiten einer sogar charakteristischen Prägung durch die gewählte Konstruktionsart zu prüfen, ist jedoch in jedem Fall unzulässig.“*⁶¹⁹

Die Form des Bogen folgte zentralen Entwurfsvorgaben und entstand nicht aus Schönheitsaspekten. Die Fleischbrücke stellt einen Zweckbau dar, wo die Funktion der Brücke und die Unanfälligkei gegen Hochwassersituationen die Flachheit des Bogen bestimmten, so weit man dies aus statisch-konstruktiven Gründen für machbar hielt. Die Form folgte der Funktion. Es lässt sich die Hypothese aufstellen, dass die Nürnberger Baumeister ebenso bereit gewesen wären, eine gerade Stahlbetonbalkenbrücke ohne jede Steigung und ohne Flusspfeiler zu errichten, hätten ihnen die Kenntnisse dafür zur Verfügung gestanden.

Bei der Fleischbrücke liegt die Ästhetik der Brücke in der Konstruktion selbst, dem flachen Bogen. Die aus konstruktiven Gründen gewählte radiale Ausrichtung der Bogensteine bis in die Fundamente verdeutlichte damals allen Betrachtern die Innovation. Nicht ein konstanter Ring mit horizontaler Aufmauerung sondern die durchgängig radiale Mauerung sollte Stärke vermitteln. Auch kein aufgelöstes Gelände lässt die Brücke leichter erscheinen, im Gegenteil, die massive Brüstung betont den Charakter des starken tragenden Bogens. Die die Gestalt bestimmenden Linien und Kanten des Baukörpers sind beschränkt und sorgen so für Ordnung und ein Gefühl der Ausgewogenheit. Ein schmales Profil betont den Intrados und in einem Gesims ist die obere Abschlusslinie der Brüstung nochmals aufgenommen. Der Bogen ist symmetrisch angelegt, auch die Rosetten – die der Kaschierung konstruktiver Elemente geschuldet sind – wirken annähernd symmetrisch, die Steinreihen sind in ihren Breiten nicht streng symmetrisch, auch nicht der Fugenschnitt, was für eine gewisse Lebendigkeit sorgt und dem zügigen Baufortschritt geschuldet war.

Das Material des farbenreichen Sandsteins, der als typisches Material das Nürnberger Stadtbild prägte, sorgte für die Einpassung der Brücke in die städtische Umgebung. Es bewirkte eine Verfeinerung der Form durch Hervortreten der einzelnen unterschiedlich gefärbten Sandsteine und je nach Lichtverhältnissen eine Lebendigkeit des schlichten Bauwerks. So wie die aus dem weißen Marmor gebaute Rialto-Brücke Venedigs Ambiente ausstrahlt, so passte sich die Fleischbrücke in ihre Umgebung ein. Nicht nur über die Wahl des Materials, sondern auch in der Schlichtheit und Strenge passt die Fleischbrücke ins Stadtbild, denn auch die Grundform der Häuser war sehr einheitlich. Die einzelnen Hausfronten waren streng und schmucklos ohne jede plasti-

⁶¹⁸ Leonhardt (1994), S. 35.

⁶¹⁹ Graefe, R. (1989), S. 9.

sche Bearbeitung und hatten als einzigen Schmuck vorgesetzte Erker – eine Entsprechung dazu sind die Kanzeln an der Fleischbrücke.

Einerseits folgten die Baumeister mit der Anordnung von diesen Auskragungen der Idee, die schon bei der zweibogigen Fleischbrücke umgesetzt wurde, eine „Ausladung zu haben, um mit Lust über das Wasser zu schauen“, andererseits bieten die Kanzel an zentraler Stelle eine gute Möglichkeit Schmuckelemente anzubringen. Und wenn schon Schmuck, dann sollte dieser der Verherrlichung der Septemviri dienen, die als eigentliche Regierung die Geschicke der Reichsstadt zur Zeit des Fleischbrückenbaus lenkten. In den steinernen Flachreliefs der patrizischen Familienwappen der Septemviri kommt der Stolz der Reichsstadt zum Ausdruck, anders als bei der Rialto-Brücke, wo als Schmuckelemente religiöse Themen gewählt sind.

Der Brückenbauingenieur Fritz Leonhardt äußert sich in dem Werk „*Brücken*“ aus der Sicht des Ingenieurs zu den Grundfragen der Ästhetik und nennt Merkmale schönheitlicher Qualität, die zu Regeln der Gestaltung führen.⁶²⁰ Legt man seine Gestaltungskriterien zu Grunde, wozu u. a. die Zweckerfüllung, die Proportionen, die Ordnung, die Verfeinerung der Form, die Einpassung in die Umwelt, Oberflächentextur, Farben und der Charakter des Bauwerks zählen, so kann man den Baumeistern der Fleischbrücke bestätigen, dass sie ein rundum ästhetisches Bauwerk errichteten.

Die Nürnberger Bürger im 17. Jh. waren nach Fertigstellung auf ihre „wunderwürdige“ Brücke stolz. Sie wussten um die vollbrachte Leistung, um die große Anstrengung für dieses Bauwerk, von dem sie hofften, dass es Jahrhunderte überdauern würde, auch deshalb fanden sie es schön oder ästhetisch. Doch das Wissen um die technische Leistung verblasste im Laufe der Zeit, denn die Spannweiten wuchsen und die Entdeckung neuer Materialien wie Gusseisen und Stahl führen zu aufgelösten, im Gegensatz zu Steinbrücken leicht wirkenden Brückenentwürfen. Nach dem englischen Sprichwort liegt die Schönheit im Auge des Betrachters, aber sie liegt eben nicht nur im Auge, sondern auch im Herz und im Kopf.

Das Wissen um die Konstruktion beeinflusst die Wertschätzung und auch das Schönheitsempfinden. Wer um den erhöhten Bogenschub bei flacher werdenden Bogen weiß, mag in einem flachen Bogen eine Spannung zwischen den Widerlagern spüren. Ähnlich einem Eisberg sind die Hauptmassen des Tragwerks nicht sichtbar. Die für die Konstruktion so wesentlichen Fundamente machen zwei Drittel der Baumasse aus. Was man real nicht sieht, muss im Kopf als Bild entstehen, eine Intention, der auch die ersten Stiche, Gemälde und Druckgrafiken der Fleischbrücke folgten.⁶²¹ Heute ließe sich mit einer Assoziation die Ausdehnung der Fundamente sichtbar machen, indem man nach der Sanierung die Oberflächengestaltung der Fahrbahn über der Fleischbrücke bis zum Ende der Widerlager optisch abhebt.

⁶²⁰ Siehe Leonhardt (1994), S. 11-31.

⁶²¹ Siehe S. 11 und Kap. IV. 1.4, „Darstellungen der Fleischbrücke“, ab S. 120.

V. 4 Qualität der Sanierungen

Die Schäden an der Fleischbrücke können grob in zwei Kategorien zusammengefasst werden. Einerseits handelt es sich um Schäden, die aus Sanierungsmaßnahmen herrühren und eher das Erscheinungsbild betreffen. Andererseits sind es die Tragfähigkeit betreffende Schäden, die sich einstellen, ohne dass eine direkte „Schulduweisung“ möglich ist:

- massive Durchfeuchtungsprobleme der Brücke, besonders in Kämpfernähe mit Erosion, Hohlraumbildung und entfestigtem Gefüge,
- lokale Probleme insbesondere im Bereich der westlichen Kanzel mit Längsrissen entlang der Fugen, was zu einer Sperrung der Brücke für Kraftfahrzeuge bis zur erfolgten Sanierung führte.

In erster Linie erfordern die Probleme mit der Durchfeuchtung eine grundlegende Sanierung mit dem Ziel der dauerhaften Abdichtung mit nachfolgender Trockenlegung und Stabilisierung des Mauerwerks der Brücke, d. h. die Abdichtung des Brückenbogens einschließlich der Widerlager. Für das Aufbringen der Abdichtung über dem Bogenrücken ist eine ca. 15 cm starke Betonschicht vorgesehen die – einer Forderung des Bayerischen Landesdenkmalamtes geschuldet – nicht mit dem Bogenrücken tragend verbunden werden darf. Ferner sollen Injektionen in der Untersicht zur Verfestigung erfolgen, gegebenenfalls ein Austausch von Mauerwerksblomben, sowie eine Rückverankerung vor allem der westlichen Kanzel.

Schäden durch ungeeignete Sanierung

Eine aus heutiger Sicht problematische Steinkonservierung führte zu

- Salzausblühungen durch vollflächig aufgetragene, künstliche Steinersatzmasse
 - insbesondere an der Stirnseite Oberstrom
 - teilweise an der Stirnseite Unterstrom
 - in Bereichen der Brückenuntersicht,
- „Krampfadernmauerwerk“ in der Brückenuntersicht durch 5 cm breites Überziehen der Fugen der Brückenuntersicht mit Zementmörtel,
- Plomben unterschiedlichsten Materials in der Bogenuntersicht, die insbesondere im Bereich der westlichen Kanzel zu unterschiedlichem Verformungsverhalten führen.

Die Schäden, die nachweislich aus schädlichen Sanierungen resultierten, beziehen sich weniger auf das Tragverhalten als auf das Erscheinungsbild der Fleischbrücke. Vor allem sind es Probleme, die dadurch entstanden, dass durch die höhere Festigkeit und die geringere Wasserdurchlässigkeit dieses Materials ein Stauwasserhorizont entsteht, der den Sandstein nur noch schneller verwitern lässt. Unter dieser Versiegelung schreitet der Prozess Sandstein → Steinsand → Sand fort und führt zu Substanzverlust, der aus denkmalpflegerischen Gründen eingeschränkt werden sollte. Alle denkmalpflegerischen Maßnahmen zur Steinkonservierung der Sichtflächen sind nicht Bestandteil des Sanierungspakets der statisch-konstruktiven Instandsetzung (siehe Kap. IV. 2.5.7 „Planungen des Tiefbauamtes zur Konstruktiven Instandsetzung“, S. 177).

Problematik möglicher Rekonstruktionen bei künftigen Sanierungen

Dennoch sollte ein denkmalpflegerisches Konzept für die Sanierung aller Sichtflächen inklusive der Brüstungen entwickelt werden. In jedem Fall bedarf die Oberstromseite einer vollflächigen Sanierung. Das bedeutet den Abtrag der künstlichen Steinersatzmasse und folgende schonende

Steinkonservierung. Wo die Oberflächenschädigung entsprechend weit fortgeschritten ist, muss mit natürlichem Steinersatz aus Sandstein gearbeitet werden. Der ursprüngliche, eher unruhige, historische Fugenschnitt sollte unbedingt beibehalten werden. Diese Maßnahmen würden die unschönen Salzausblühungen beseitigen, sind aber nicht als Schönheitsmaßnahmen einzustufen. Auch die Gesimse, teilweise moosbewachsen, bedürfen einer steinkonservatorischen Bestandsicherung.

Inwieweit die gestalterischen Schmuckelemente der Fleischbrücke restauriert werden sollten, bedarf der Diskussion. Der strenge Standpunkt der Denkmalpflege dürfte sein, die fehlenden Wappen der Oberstromseite nicht zu ersetzen, da sie die Spuren des Zweiten Weltkrieges zeigen. Andererseits kann man anführen, dass auch die Wappen der Westseite schon eine Rekonstruktion (1934) sind. Zudem liegt die Fleischbrücke in dem als Ensemble der für den Wiederaufbau unter Denkmalschutz stehenden Altstadt, in der die Spuren des Zweiten Weltkrieges auch nicht mehr unmittelbar erkennbar sind. Nach Maßgabe der Denkmalpflege sind nur Maßnahmen vorzunehmen, die den Bestand sichern, möglichst nichts entfernen und durch „Schöneres“ ersetzen. Wenn additiv Teile wieder ergänzt werden, sollten sie als etwas Zugefügtes erkennbar bleiben und reversibel sein.

Doch gerade, weil die Baumeister die Fleischbrücke nur sparsam mit Schmuckelementen ausstatteten, ist zu überlegen, ob nicht doch die fehlenden Wappen der Oberstromseite rekonstruiert werden sollten. Speziell die steinernen Flachreliefs mit den patrizischen Wappen der Septemviren betonten den Stolz der Reichsstadt auf ihr innovatives „wunderwürdiges“ Brückenbauwerk und sind so auch inhaltlich mit der Brücke verbunden. Fotos aus der Zeit vor 1945 und die Reste der verwitterten steinernen Wappen im Klosterhof des Germanischen Nationalmuseums würden eine Rekonstruktion erlauben. Zu Überlegungen in Richtung Rekonstruktion gehört auch, die einfachen Rosetten durch Rekonstruktionen der historischen – unter Umständen auch nur zum Teil – zu ersetzen. Die richtige Vorlage hierfür zu finden, wird schwieriger. Im Rahmen dieser Arbeit konnte nicht geklärt werden, auf welche Figuren man bei einer Rekonstruktion zurückgreifen könnte. Doch bieten die beschriebenen Zeichnungen der Embleme mit den Darstellungen von den vier Jahreszeiten oder den vier Elementen die Diskussionsgrundlage.

Die Sicherung historischer Bauten bedeutet mehr als die reine Erhaltung ihrer Funktion:

„Wir erfahren von der Begeisterungsfähigkeit der Menschen bei einem gemeinsamen Ziel.

Wir erfahren von der Leistungsfähigkeit einer Gemeinschaft bei gemeinsamen Willen ... Um unseren Vorfahren diese Möglichkeit des Einwirkens auf uns und unser Leben zu erhalten, um uns selbst den Weg zur Rückbesinnung immer wieder zu öffnen, müssen wir die alten Bauten so pflegen, dass immer eine ausreichende Zahl erhalten bleibt. Um dieser Wirkung willen lohnt es sich, einen beträchtlichen Teil unseres Vermögens und sehr viel Mühe dort einzusetzen.“⁶²²

Es ist der Stadt Nürnberg zu danken, dass die Fleischbrücke als herausragendes Ingenieurbauwerk der Spätrenaissance und älteste Steinbrücke der Stadt (von den älteren überbauten Brückenbauten abgesehen) zunächst konstruktiv instandgesetzt wird, um die Standfestigkeit zu sichern. Es bleibt zu hoffen, dass die Baustelle der Fleischbrücke im empfindlichen Innenstadtbereich nicht nur Anlass zu Ärger in der Öffentlichkeit gibt, sondern eher das öffentliche Interesse an der Fleischbrücke wachsen lässt. Da die Freilegung den Blick auf die Ausmaße und Ausführung der ursprünglichen Konstruktion auch für die Öffentlichkeit ermöglicht, könnte dies

⁶²² Piper (1983), S. 1.

Neugier wecken und ein Bewusstwerden der Leistungen der Baumeister und Werkleute am Ende des 16. Jahrhunderts wachsen lassen.

Mit dem Wissen um den Zeugniswert dieses herausragenden Brückenbauwerks ist der Stadt Nürnberg – oder sonstigem Geldgeber – nahe zu legen, nach abgeschlossener statisch konstruktiver Sanierung in jedem Fall auch Mittel für substanzerhaltende, steinkonservatorische Maßnahmen bereit zu stellen.

V.5 Ausblick

Die Entwurfs- und Konstruktionspläne sowie die bildlichen Darstellungen zur Fleischbrücke sind – wie diese Arbeit ausführlich belegt – nicht nur für Bauhistoriker und Ingenieure von Interesse, sondern stellen eine eigene kulturelle Leistung der Spätrenaissance dar. Das gleiche gilt auch für Planmaterial anderer historischer Brücken und lässt sich auf Architekturzeichnungen anderer Bauwerke ausdehnen. Gerade auch die größeren meist durch die Faltungen stark strapazierten historischen Pläne sind wertvolle historische Quellen, die man digital erfassen sollte, um sie dann nicht nur in einem digitalen Archiv wie dem „FHP-Bau Archiv“ an der FH Potsdam, sondern auch über das Internet einer breiteren interessierten Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

Im Fall der Fleischbrücke ist angedacht, das Bildmaterial, insbesondere die Entwurfspläne, über das Portal des Neue Medien Projektes KI-SMILE am Fachbereich Bauingenieurwesen im Internet verfügbar zu machen oder in einer gemeinsamen Aktion mit den beteiligten Archiven die Präsentation im Internet über ein anderes Portal darzustellen. Während der Sanierung und nach der Sanierung könnte die Dokumentation des Baugeschehens hiermit auch öffentlich präsentiert werden.⁶²³

⁶²³ <http://www.ki-smile.de>, siehe zu KI-SMILE Anm. 54, S. 20. Jeder Plan oder jede Abb., die in dieses System eingefügt wird, steht automatisch in zwei Qualitätsstufen zur Verfügung, einer geringen Qualität zur schnellen Ansicht, aber auch als Vergrößerung auf Originalgröße (Lupe). Selbstverständlich hat bei jeder Abb. die Nennung der Quelle zu erfolgen, die über das Copyright verfügt. Die dazu notwendige Struktur ist angelegt. Sie kann aber erst dann den Status „öffentlich“ erhalten, wenn die rechtlichen Belange geklärt sind. Die meisten Archive stehen diesem Ansinnen momentan noch skeptisch gegenüber.

Zusammenfassung

Die Fleischbrücke in Nürnberg, erbaut 1596-1598, ist die bedeutendste Steinbogenbrücke der Spätrenaissance in Deutschland. Seit 1974 steht sie unter Denkmalschutz. Die Einzigartigkeit der Fleischbrücke liegt in ihrem extrem flachen Bogen bei einer Spannweite von 27 m, die zu ihrer Erbauungszeit die größte Spannweite auf dem Gebiet des heutigen Deutschland um rund 50 Prozent übertraf. Massiv weitet sich der Bogen zu den Kämpfern hin auf. Die Lagerfugen werden in den Fundamenten radial oder parallel zur Richtung der Lagerfugen an den Kämpfern fortgeführt. Die Gründung in dem wenig tragfähigen Grund erfolgt auf einem Pfahlrostsystem aus Haupt- und Nebenpfählen. Als weitere bautechnische Besonderheiten sind die Anordnung von Schrägpfehlern an schräg unterschnittenen Widerlagern zu nennen und der Einbau von eisernen Querstangen im Brückenbogen.

Bis auf den Ponte di Rialto in Venedig, der einen ähnlichen Steinschnitt bei weniger flachem Bogen aufweist, ist in Europa keine Bogenbrücke der Renaissance mit Konstruktionselementen wie denen der Fleischbrücke erhalten. Das macht die Fleischbrücke als älteste Brücke Nürnbergs zu einem Zeitzeugen über den deutschen Raum hinaus.

Einmalig für ein Bauwerk des 16. Jh. ist zudem die ungewöhnliche Dichte an vorliegendem, bisher ungeordneten Planungsmaterial in Form von Entwurfs- und Konstruktionsplänen.

Da bislang keine umfassende Analyse erfolgte, wurde die Fleischbrücke im Rahmen der vorliegenden Monografie erstmals ganzheitlich unter Berücksichtigung des historischen Kontextes mit den Methoden der Bauforschung untersucht und eine umfangreiche Dokumentation erstellt. Den zahlreichen Entwurfsplänen und –gutachten kam insofern besondere Bedeutung zu, weil sich hieran die Konstruktion ablesen ließ und in ihnen qualitative statisch-konstruktive Überlegungen visualisiert sind. Diese über verschiedene Archive und Einrichtungen vorwiegend der Stadt Nürnberg verstreuten Pläne wurden erstmals systematisch erfasst, und in Band 2 (Katalog der Entwurfs- und Konstruktionspläne) aufbereitet.

Weil zum Denkmal gehörende Überlieferungen in Wort und Bild den Zeugniswert der Brücke erkennen lassen, bietet Band 3 (Materialsammlung) eine repräsentative Auswahl, u. a.:

- eine Chronologie der Ereignisse unter Angabe der Quellen,
- ausgewählte Transkriptionen,
- Darstellungen der Fleischbrücke auf Medaillen, in Stichen oder Drucken, historische Fotos bis hin zu Aufnahmen der gegenwärtigen Schäden sowie
- eine chronologische Bibliografie.

Den Kern der Arbeit bildet die Bauforschung: Für die Erforschung der Baugeschichte war der Zugriff auf historische Quellen (Texte und Zeichnungen) not-

Objekt und
Bedeutung

Die erste
geschlossene
Monografie

wendig. Die gewonnenen Erkenntnisse konnten durch in situ Untersuchungen – die Bauaufnahme – gestützt oder entkräftet sowie aktuelle Schäden aufgenommen werden. Die Kombination der geschichtlichen Daten mit den Informationen der Bauaufnahme führte zur statischen Modellbildung und zur statisch-konstruktiven Analyse mittels unterschiedlicher Berechnungsverfahren. Diese Untersuchung abrundend zeigen Belastungsversuche an Modellen der Fleischbrücke im Maßstab 1:10 die qualitativen Unterschiede im Tragverhalten bei unterschiedlicher Mauerwerksverbänden. Als Bilanz folgt die Bewertung der Fleischbrücke im Kontext der Erbauungszeit sowie aus heutiger Sicht.

Die vorliegende Arbeit entstand etwa zeitgleich mit Untersuchungen in situ an der Fleischbrücke, die durch die Landesgewerbeanstalt Nürnberg (LGA) durchgeführt wurden. Diesem glücklichen Umstand ist zu verdanken, dass auf den „1. Bericht“ der LGA von 2001 zurückgegriffen werden konnte, der die Ergebnisse der Kernbohrungen an der Fleischbrücke enthält und damit erste Materialkennwerte lieferte. Weitere Untersuchungen der LGA durch in Augenscheinnahme (Aufnahme der Brückenuntersicht) erfolgten unter Mitarbeit der Verfasserin. Sie führten zum einen zur Sperrung der Brücke für LKW und parallel zur Entscheidung der Stadt für eine dringend notwendige statisch-konstruktive Instandsetzung. Die Planung des Sanierungsablaufes erfolgte seitens des Tiefbauamtes Nürnberg. Somit stützt sich die statische Analyse auf Erkenntnisse aus den Kernbohrungen von 2001 sowie auf den Planungsstand des Tiefbauamtes aus dem Jahr 2003. Zeitgleich zum Baubeginn Mitte März 2004 wurde die vorliegende Arbeit Ende März abgeschlossen.

Aufgrund der guten Quellenlage konnte der Entwurfsprozess einer Bogenbrücke der Renaissance exemplarisch nachvollzogen werden. Gerade weil die historischen Berichte oder Akten der Reichsstadt eher Fragen nach dem „wann“ und „was“ als nach dem „warum“ und „wie“ beantworten, boten die Entwurfspläne eine wichtige historische Quelle, den Prozess der Konstruktion zu verfolgen. 1595 hatte ein verheerendes Hochwasser die alte zweibogige Brücke zerstört. Für den Neubau waren die zentralen Entwurfsvorgaben:

- eine einbogige Brücke ohne Einschränkung des Durchflussprofils durch einen Mittelpfeiler, um die Zerstörungsgewalt der häufigen Hochwasser zu entschärfen,
- eine so flache Brücke wie möglich, um in erster Linie kein Hindernis für den Handelsverkehr darzustellen.

Die Entwurfszeichnungen ließen Ideen und Überlegungen der Baumeister der Fleischbrücke in einem Analyseprozess transparent werden, in dem die Konstrukteure der Fleischbrücke eher als Ingenieure denn als Architekten erscheinen. Die Herausforderung, der sich die Werkmeister der Stadt Nürnberg nach einem Wettbewerbsverfahren stellten, zeigt exemplarisch ein neuartiges Verständnis der Bautechnik in der Spätrenaissance in Deutschland: Das Geometrisieren des Entwurfsprozesses, das Spielen mit Proportionen und Lösungsmöglichkeiten lässt den Konstruktionsprozess als praktischen Iterationsprozess erscheinen. Hier wird die Entwurfszeichnung zur systematischen Nutzung für Entwurfs- und Konstruktionsvarianten entdeckt im Gegensatz zu den Proporti-

Sanierungs-
situation und
Abgrenzung
eigener
Arbeiten

Erkenntnisse
zum Entwurf
einer Stein-
bogenbrücke
der
Renaissance

onsregeln eines Alberti.

Es zeigte sich, dass die Ausführung des Mauerwerks der Fleischbrücke und die Gründung mit vertikalen und schrägen Pfählen aus statischen-konstruktiven Überlegungen heraus gewählt wurde und der Einbau von eisernen Querstangen auf einer in Nürnberg üblichen Sanierungstradition bei Steinbrücken beruhte.

Zentrale Fragen konnten anhand historischer Texten und Zeichnungen neu bewertet und Fehleinschätzungen oder die Weitergabe falscher Fakten – wie eine angeblich enorme Setzung bei der Entfernung des Lehrgerüsts – korrigiert werden. Einige tradierte geschichtliche Auffassungen über die Fleischbrücke bedürfen der Korrektur, wie beispielsweise die Frage nach der Urheberschaft oder dem Vorbild:

- Nicht der Leiter des rst. Bauamtes – in dieser Funktion als Baumeister bezeichnete – Wolf Jacob Stromer ist als der eigentliche Baumeister anzusehen, wie in jüngeren Forschungen dargelegt, sondern Entwurf, Planung und Umsetzung lagen für die Gründungsarbeiten und das Lehrgerüst bei dem Zimmermannsmeister Peter Carl und für die Widerlager und den Bogen bei dem Steinmetzmeister Jakob Wolff.
- Die Rialto-Brücke war Vorläufer, aber sie diente nicht – wie immer wieder behauptet – als unmittelbares Vorbild.

Der Vergleich der Fleischbrücke mit dem Ponte di Rialto bestätigte die These, dass der Ruhm, der einem Bauwerk zuteil wird, nicht in erster Linie auf der bautechnischen Leistung beruht. Beide Brücken sind etwa zeitgleich erbaut und hatten bei fast identischer Spannweite ähnliche Gründungsprobleme zu bewältigen. Die Rialto-Brücke, einprägsam in ihrer Gestaltung, entwickelte sich im Glanz Venedigs zum Wahrzeichen der Stadt, während die Fleischbrücke bei wachsendem technischem Fortschritt Bewunderung und besondere Wahrnehmung einbüßte.

Die Erforschung der Nutzungsgeschichte zeigte keine grundlegenden Beschädigungen und Veränderungen des Bauwerks, auch wenn in der Bauaufnahme der Brückenuntersicht alte Reparaturstellen auf Probleme insbesondere im Bereich der Kanzeln hinweisen. Ob die häufig ausgesprochenen Befahrverbote in der 2. Hälfte des 18. Jh. damit in Zusammenhang stehen, bleibt offen. Größere Risse im Bereich der westlichen Kanzel, die einen Abgang befürchten ließen, zwangen zur Sperrung für LKWs seit Oktober 2002. Das Hauptproblem der Brücke ist im Wesentlichen die Durchfeuchtung von oben, die überwiegend in Kämpfernähe zu Erosionen führte. Bis auf die lokalen Schäden an der westlichen Kanzel, fanden sich keine Hinweise auf Schäden aus statischer Überlastung.

Die statisch-konstruktive Analyse erfolgte mit unterschiedlichen Verfahren, zum einen durch Berechnungen, die die quantitative Erfassung des Tragverhaltens zu erfassen suchen, zum anderen durch Belastungsversuche an Modellen der Fleischbrücke im Maßstab 1:10, die qualitative Unterschiede im Tragverhalten bei unterschiedlichen Mauerwerksverbänden gegenüberstellen.

Eingesetzt wurden folgende Berechnungsmethoden bzw. Idealisierungen:

Erkenntnisse
zur
Baugeschichte

Nutzungsgeschichte und
Schäden

Statisch-konstruktive
Analyse

Berechnung
und Modellversuche

- Historische Gewölbetheorien und empirische Formeln,
- EDV-gestützte grafostatische Methoden,
- Finite-Element-Methode für Stabwerke und
- Finite-Element-Methode für mehrdimensionale Kontinua.

Ein Teil der Rechnungen erfasste nichtlineares Materialverhalten durch Berücksichtigung einer bei Rissbildung ausgefallenen Zugzone. Der Verbundwerkstoff Mauerwerk – Stein und Fuge – wurde durch ein „verschmiertes“ Materialgesetz abgebildet, anisotropes Mauerwerksverhalten wurde dabei nicht in Ansatz gebracht. Die Auswirkungen einer Anisotropie des Mauerwerks und eines unterschiedlichen Steinschnitts zeigen insgesamt vier Belastungsversuche an Modellen im Maßstab 1:10. Zwei Bogentypen wurden je unter symmetrischer und einseitiger Belastung bis zum Bruch belastet.

- Der eine Bogentyp war eine Ausführung mit dem sich aufweitenden Bogen in radialem Mauerwerksverband wie bei der Fleischbrücke,
- der andere war die Ausführung eines Bogens konstanter Dicke mit horizontaler Aufmauerung.

Beide Bogentypen hatten dieselbe äußere Geometrie bei identischem Stein- und Mörtelmaterial.

Die Berechnungen ergaben, dass für Eigengewicht und Verkehr die Fleischbrücke an den Kämpfern überdimensioniert war – das gilt auch für Lasten bei gewachsenen Nutzungsansprüchen nach DIN 1072, BK 30 für den unsanierten Brückenaufbau wie auch für Lasten der BK 16/16 bei einem neuen Brückenaufbau, der wegen des Aufbringens einer Betonschutzschicht als Träger der Asphaltabdichtung für die Sanierung notwendig wird. Es zeigte sich, dass der sich stark aufweitende Ring aus rechnerischer Sicht für Lasten aus Eigengewicht und Verkehr nicht notwendig war, weil durch Rissbildung am Extrados im Bereich der Kämpfer sich ein Teil des Bogens dem Lastabtrag entzieht und eine Lastumlagerung zum Intrados hin erfolgt.

Anders hingegen die Ergebnisse aus den Versuchen, die zumindest in ihrer qualitativen Aussage der Entscheidung der Baumeister für den sich aufweitenden Bogen recht geben: Während bei symmetrischer Belastung die Überlegenheit des „Fleischbrückenmodells“ geringfügiger ausfiel, stellte sich bei einseitiger Belastung etwa die doppelte Traglast gegenüber dem Bogen mit horizontaler Aufmauerung ein. Es zeigte sich bei entsprechend hohen einseitigen Lasten, dass die radiale Mauerung dem konstanten Ring mit horizontaler Aufmauerung signifikant überlegen war.

Ausgesprochen wünschenswert wäre bei der Freilegung des Bogens im Rahmen der Sanierung nicht nur eine genauere Aufnahme der Geometrie, sondern eine umfangreichere Ermittlung der Materialkennwerte und Festigkeiten, um eine größere Bandbreite an Werten als bisher zu erhalten. Insbesondere die Stein- druckfestigkeit stellte sich in den zwei existierenden Proben als extrem niedrig heraus und ist überprüfungswürdig.

Es wäre sinnvoll, dann auch diejenigen Materialparameter zu ermitteln, die beispielsweise notwendig sind, um die Fleischbrücke dreidimensional mit dem

Ergebnisse
der statisch-
konstruktiven
Analyse

Ausblick auf
weitere
Forschung

FEM-Programm ANSYS nach dem an der Universität Weimar entwickelten Mauerwerksmaterialgesetz zu berechnen, das mit verschmierten Materialgesetzen dennoch die Anisotropie des Mauerwerks zu erfassen sucht.

Gerade die Problematik, auch heute noch einen gemauerten Bogen realitätsnah richtig zu erfassen, verdeutlicht die Verantwortung derer, die sich vor 400 Jahren an einen innovativen Brückenbau wagten. Das straff organisierte reichsstädtische Bauamt – mit dem engagierten bautechnisch interessierten Ratsbaumeister Wolf Jacob Stromer an der Spitze – und die finanziellen Möglichkeiten der Freien Reichsstadt Nürnberg bildeten den Hintergrund dafür, sich dieser Herausforderung zu stellen. Die Fleischbrücke stellt im Kontext der Renaissance ein aus statisch-konstruktiver Sicht herausragendes Bauwerk dar, das dank seiner Tragreserven auch wachsenden Nutzungsansprüchen vom Pferdewagen zum Schwerlasttransporter gewachsen war.

In nur zweieinhalb Jahren von Planung bis Bogenschluss schufen die Nürnberger Werkmeister der Spätrenaissance Peter Carl und Jakob Wolff mit ihrem bautechnischen Verständnis und dem Arbeitseinsatz von 6 weiteren Meistern, 150 Gesellen und 160 Tagelöhnern in Gestalt der Fleischbrücke ein robustes, und zugleich kühnes Ingenieurbauwerk, dessen schlichte Schönheit in seiner konstruktiven Sprache erscheint.

Bilanz

Literatur- und Quellenverzeichnis

- ABDUNUR, Charles (Hrsg.) 2001: *Arch '01. Third International Arch Bridge Conference*. Proceedings of the Third International Arch Bridge Conference, Paris, 19-21 septembre 2001. Paris: Presses de l'école nationale des ponts et chaussées 2001
- ADAM, Carl 1972: *Archiv der Freiherren Stromer von Reichenbach auf Burg Grünsberg*. Teil II: Akten. (Bayerische Archivinventare ; 34), Hrsg.: Generaldirektion der Staatlichen Archive Bayerns. Neustadt a. d. Aisch: Degener 1972
- ALBERTI, Leon Batista [1912] 1991: *Zehn Bücher über die Baukunst*. Ins Dt. übertr., eingeleitet, mit Anm. und Zeichn. vers. durch Max Theuer. Unveränd., reprograf. Nachdr. der 1. Aufl. Wien: Heller. 1912. Darmstadt: Wiss. Buchges. 1991
- BECCHI, Antonio; FOCE, Frederico 2002: *Degli archi e delle volte. Arte del costruire tra meccanica e stereotomia*. Venezia: Marsilio 2002
- BEER, Helmut (Hrsg.) 1998: *Nürnberger Bilder. Fotografien von Lala Aufsberg. 1927-1961*. Mit einer Einf. von Helmut Beer. Nürnberg: Tümmels 1998
- BELLI, Gianluca; BELUZZI, Amadeo 2003: *Il ponte a Santa Trinita*. Florenz: Ed. Polistampa 2003
- BINDING, Günther 1993: *Baubetrieb im Mittelalter*. Darmstadt: Wiss. Buchges. 1993
- BINGENHEIMER, K.; HÄDLER, E. 1993: Bauforschung als Grundlage für Bauplanung und Entwurf – eine Herausforderung an die Kreativität? In: *Bauforschung und ihr Beitrag zum Entwurf*. Veröffentlichung des Inst. für Denkmalpflege an der ETH-Zürich, Bd. 12. Stuttgart [u. a.]: Teubner 1993
- BISÀ, Marco; MASOBELLO, Remigio 1991: *Il Ponte di Rialto. Un restauro a Venezia*. Venezia, Neri Pozza, 1991
- BLAINVILLE, J. de : *Extract aus des Herrn von Blainville Reisebeschreibung, den Zustand von Nürnberg betreffend*. o. O., o.V. 1765
- BLETZER, C. W.; FISCHER, A.; HAMPEL-CHIKALOV, B.; KAISER, C.; VIELHABER, J. 2003: KIS-MILE – Entwicklung multimedialer Lehrinhalte im Konstruktiven Ingenieurbau. In: *Global Journal of Engineering Education*, Sonderdruck 2003 anlässlich des IMLAB - Symposiums in Wismar am 12.-13. Mai 2003
- BOCK, F. 1963: Volkstümliche Benennungen für Örtlichkeiten, Gegenstände, Einrichtungen und Ereignisse in Nürnberg. In: *MVGN* 52(1963/64), S. 458-490
- BODENDIEK, P. 2001: FE-Berechnung des Eisenbahnviaduktes über den Bahrebach bei Chemnitz. In: *DAfStB-Forschungskolloquium*. Braunschweig: 2001
- BÖGLE, Anette 1994: *Untersuchung historischer Steinbrücken am Beispiel der Fleischbrücke in Nürnberg*. Stuttgart, Univ., Inst. für Konstruktion und Entwurf II., Diplomarbeit 1994
- BORRMANN, Michael 1992: *Historische Pfahlgründungen. Untersuchungen zur Geschichte einer Fundamentierungstechnik, dargestellt an römischen, mittelalterlichen und neuzeitlichen Beispielen, hauptsächlich aus dem süddeutschen Raum*. Karlsruhe: Inst. für Baugeschichte 1992 (Materialien zu Bauforschung und Baugeschichte ; 3), zugl.: Karlsruhe, Univ. Diss. 1991

- BRANDL, Peter 1989: Unveröff. Statik zur Fleischbrücke. In Tiefbauamt Nürnberg und im Nachlass von Wolfgang von Stromer an Holger Falter.
- BRIQUET, Charles Moïse 1907: *Les Filigranes. Dictionnaire historique des marques du papier dès leur apparition vers 1282 jusqu'en 1600*. Paris [u. a.]: Picard 1907
- BRODA, Werner 1996: *Dreiecksverhältnisse: Architektur- und Ingenieurzeichnungen aus vier Jahrhunderten*, Ausstellungskatalog, Hrsg.: G. Ulrich Großmann. Nürnberg: Germanisches Nationalmuseum 1996
- BROWN, J. David 1994: *Brücken. Kühne Konstruktionen über Flüsse, Täler, Meere*. München: Callwey 1994
- BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (Hrsg.) 1988: *Steinbrücken in Deutschland*. Bd. 1. Düsseldorf: Beton-Verl. 1988
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU- UND WOHNUNGSWESEN (Hrsg.) 1999: *Steinbrücken in Deutschland*. Bd. 2. Erkrath: Verl. Bau + Technik 1999
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU- UND WOHNUNGSWESEN (Hrsg.) 2002: *Straßenbrücken. Ingenieur Bau Kunst in Deutschland*. Buch zur Ausstellung. 2. Aufl. Berlin: 2002
- BURROUGHS, P. O.; BARALOS, P.; HUGHES, T. G.; Davies, M. C. R. 2001: Serviceability Load effekts on masonry Arch bridges. In: ABDUNUR, Charles (Hrsg.) 2001: *Arch '01. Third International Arch Bridge Conference*. Proceedings of the Third International Arch Bridge Conference, Paris, 19-21 septembre 2001. Paris: Presses de l'école nationale des ponts et chaussées 2001, S. 397-402
- BUSCH, Peter 1998: *Probabilistische Analyse und Bewertung der Tragsicherheit historischer Steinbogenbrücken*. Ein Beitrag zur Angewandten Zuverlässigkeitstheorie. Dresden, Technische Univ., Fachbereich Konstruktiver Ingenieurbau, Diss. 1998
- CALABI, Donatello; MORACHIELLO, Paolo 1987: *Rialto: Le fabbriche e il Ponte. 1514-1591*. Torino: Giulio Einaudi 1987
- CESSI, Roberto; ALBERTI, Annibale 1934: *Rialto, l'isola, il ponte e il mercato*. Bologna: Zanichelli 1934
- COTTINO, Alberto 1996: *Canaletto*. Transl. by Jeffrey Jennings. Hrsg.: Electa. Milan: Electa 1996
- D'ADDARIO, Ray 1997: *Nürnberg damals-heute*. 7., akt. Aufl. mit Neuaufnahmen von Erich Guttenberger. Originalaufl. 1970. Nürnberg: Verl. Nürnberger Presse 1997
- DAVIES, M. C. R.; HUGHES, T. G.; TAUNTON, P. R. 1995: Considerations in the Small Scale Modelling of Masonry Arch Bridges. In: MELBOURNE, Clive (Hrsg.): *Arch bridges*. Proceedings of the First International Conference on Arch Bridges held on Bolton, UK on 3-6 September 1995. London: Telford 1995, S. 365-383
- DEHIO, Georg 1927: *Geschichte der Deutschen Kunst*. 2. Bd., 3. Aufl. Berlin, Leipzig: de Gruyter 1927
- DIEFENBACHER, Michael; ENDRES, Rudolf (Hrsg.) 2000: *Stadtlexikon Nürnberg 2000*. 2. Aufl. Nürnberg: Tümmels 2000
- DOPPELMAYR, Johann Gabriel 1730: *Historische Nachricht von den Nürnbergischen Mathematicis und Künstlern, welche fast von dreyen Seculis her Durch ihre Schrifften und Kunst-*

- Bemühungen die Mathematic und mehreste Künste in Nürnberg trefflich befördert....*
Nürnberg: Monath 1730
- DÜRER, Albrecht [1525] 1983. *Unterweysung der messung mit zirckel uñ richtscheyt ...* Faksimile nach dem Original in der Bayerischen Staatsbibliothek München. 2. Aufl. des Neudrucks von 1972. Nördlingen: Uhl 1983
- DÜRER, Albrecht [1527] 1969: *Etliche vnderricht zu befestigung der Stett, Schloß vnd flecken.* Faksimile der Ausg. Nürnberg 1527. Unterschneidheim: 1969
- DUPRÉ, Judith; GEHRY, Frank O. 1998. *Brücken - Die Geschichte berühmter Brücken.* Köln: Könemann 1998
- EDARA EDICIONES: *Madrid. Monumente und Landschaften.* Übers. aus dem Span. von Anton Peer. Córdoba: Edara 1999.
- EMPERGER, Fritz von (Hrsg.) 1908: *Handbuch für Eisenbetonbau.* Bd. 1, Entwicklungsgeschichte und Theorie des Eisenbetons. Berlin: Ernst & Sohn 1908
- Sammlung Herbert J. Erlanger 1989: Nürnberg: Münzen, Marken und Medaillen von Nürnberg, Medaillen der Universität Altdorf, 2/3 Taler mit Gegenstempeln des fränkischen Kreises, Münzen und Medaillen in fremdem Auftrag, von Nürnberger Münzmeistern, Stempelschneidern und Medailleuren. Katalogbearb.: SONNTAG, Stefan (Hrsg.). Auktion in Zürich, 21. bis 23. Juni 1989 / Bank Leu AG. Zürich: Leu [u. a.] 1989
- ERLANGER, Herbert J. 1989: *Sammlung Erlanger: Nürnberg, Auktionskatalog und Sammlung Erlanger: Nürnberg Abbildungen.* Hrsg.: Bank Leu AG Zürich und Münzen- und Medaillenhandlung. Stuttgart: OHG 1989
- ERLER, Uwe; SCHMIEDEL, Helga 1988: *Brücken: Historisches, Konstruktion, Denkmäler.* Hrsg.: Eberhardt Wächtler u. a. Leipzig: Fachbuchverl. 1988
- ERRARD DE BAR-LE-DUC, Jean [1584] 1979 : *Le premier livre des instruments mathématique mechaniques.* Faksimile der Ausg. 1584 Nancy. Paris: Berger-Levrault 1979
- FALKENSTEIN (Joannis Ab Indagine) 1750: *Wahre und Grund haltende Beschreibung der heutigen Tages weltberühmten Des Heiligen Römischen Reichs Freyen Stadt Nürnberg in fünf Büchern abgefasset; von dem wahren Ursprung dieser Stadt, ...* Erfurt: Nonnens 1750
- FALTER, Holger 1999: *Untersuchung historischer Wölbkonstruktionen. Herstellungsverfahren und Werkstoffe.* Stuttgart, Univ., Inst. für Konstruktion und Entwurf II., Diss., 1999
- FALTER, H.; BÖGLE, A. 1998: Conceptual design of Renaissance bridges. In: SINOPOLI, Anna (Hrsg.) 1998: *Arch Bridges. History, Analysis, Assessment, Maintenance and Repair.* Proceedings of the Second International Arch Bridge Conference, Venice/Italy 6-9-october 1998. Rotterdam: A. A. Balkema 1998, S. 45-52
- FALTER, H.; KAHLOW, A.; KURRER, K.-E. 2001 a: Gewölbe und Statik im Brückenentwurf, Gewölbebrücken von der Renaissance bis zum 19. Jahrhundert. In: KAHLOW, Andreas (Hrsg.): *Brücken in der Stadt: der Potsdamer Stadtkanal und seine Brücken.* Begleitbuch zur Fachtagung und Ausstellung Potsdam 2001. Potsdam: Fachhochschule Potsdam 2001, S. 9-29
- FALTER, H.; KAHLOW, A.; KURRER, K.-E. 2001 b: Vom geometrischen Denken zum statisch-konstruktiven Ansatz im Brückenentwurf. In: *Bautechnik* 78(2001)12, S. 889-902

- FEHRING, Günther P.; RESS, Anton 1977: *Bayerische Kunstdenkmale*. Die Stadt Nürnberg, Kurzinventar 1977. 2. Aufl. bearb. von Wilhelm Schwemmer. Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege. Hrsg.: Michel Petzet und Tilmann Breuer im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus. München: Dt. Kunstverl. 1977
- FERGUSON, Eugene S. [1992] 1993: *Das innere Auge. Von der Kunst des Ingenieurs*. Aus dem Amerik. von Anita Ehlers. 1992 unter dem Titel: *Engineering and the Mind's Eye*. Basel [u. a]: Birkhäuser 1993
- FLEISCHMANN, Peter 1985: *Das Bauhandwerk in Nürnberg vom 14.-18. Jahrhundert*. (Nürnberger Werkstücke zur Stadt- und Landesgeschichte ; 38), zugl. Erlangen, Nürnberg, Univ., Philosophische Fakultät I, Diss. 1985
- FLEISCHMANN, Peter 1994: *Alte Brücken in Nürnberg*. Kalender 1995. Stadtparkasse (Hrsg.). Nürnberg: Druckhaus Nürnberg 1994
- FLEISCHMANN, Peter 1997: *Nürnberg mit Führt und Erlangen. Von der Reichsstadt zur fränkischen Metropole*. Köln: DuMont 1997
- FLEISCHMANN, Peter 1999: *Der Pfinzing-Atlas von 1594*. (Ausstellungskataloge der Staatlichen Archive Bayern ; 33), Generaldirektion der Staatlichen Archive Bayern (Hrsg.). München: Selbstverl. 1999
- FOMICHOVA, Tamara D. 1992: *The Hermitage. Catalogue of the Western European Painting. Venetian Painting. Fourteenth to eighteenth Centuries*. Übersetzung aus dem Russ. ins Engl. von Yuri A. Kleiner. Hrsg. Olga N. Nechipurenko. Moskau [u. a.]: Iskusstvo Publishers 1992
- Fränkische Chronik, Bd. 1 siehe Historische Commission ... [1862]
- Fränkische Chronik, Bd. 4 siehe Historische Commission ... [1872]
- Fränkische Chronik, Bd. 5 siehe Historische Commission ... [1874]
- FRIEDRICH, Karl [1932] 1988: *Die Steinbearbeitung in ihrer Entwicklung vom 11. bis zum 18. Jahrhundert*. Nachdr. der Ausg. Augsburg 1932. Ulm: Ulmer Bücherei bei Aegis 1988
- GAUTIER, Henry 1728: *Traité des ponts*. Paris: Andre' Cailleau 1728
- GEIGER, O. 1918: Die Steinbrüche am Kornberg bei Wendelstein. In: *MVG* 22(1918), S. 147-173
- GERHARDT, R.; KURRER, K.-E.; PICHLER, G. 2003: The methods of grafical statics and their relation to the structural form. In: SANTIAGO, Huerta (Hrsg.): *Proceedings of the First Congress on Construction History*. Vol. II. Madrid: 2003, S. 997-1006
- GLÜCK, Heinrich 1933: *Der Ursprung des römischen und abendländischen Wölbungsbaus*, Wien: Krystallverl. 1933
- GNUDI, Martha Teach 1987: *The Various and Ingenious Machines of Agostionos Ramelli*. Übers. aus dem Ital. und Franz. durch Martha Teach Gnudi mit techn. Anm. und einem bebild. Glossar von Eugene S. Ferguson. Ungekürzte Wiederaufl. der Ausg. von 1976. New York [u. a.]: Dover Publication 1987
- GÖTZE, Alfred 1967: *Frühneuhochdeutsches Glossar*. 7. Aufl., Berlin: de Gruyter 1967
- GOLD, Renate 1990: *Ehrenpforten, Baldachine, Feuerwerke. Nürnberger Herrscherempfänge vom 16. Jh. bis Anfang des 18. Jh.* Nürnberg: Hofmann 1990

- GOLDMANN, Karlheinz 1957: *Geschichte der Stadtbibliothek Nürnberg*. Hrsg.: Stadtbibliothek Nürnberg. Nürnberg: 1957
- GRAEFE, Heinz Arthur 1969: *Brücken Europas. Bridges in Europe, Ponts en Europe*. München: Gerber 1969
- GRAEFE, R. 1983: Kettenlinien und Stützlinien. In: *Die Baukultur* (1983)1, S. 4-12
- GRAEFE, R. 1986: Zur Formgebung von Bögen und Gewölben. In: *Architectura* 16(1986)1, S. 50-67
- GRAEFE, Rainer (Hrsg.) 1989: *Zur Geschichte des Konstruierens*. Stuttgart: Dt. Verl.-Anstalt 1989
- GRAF, Bernhard 2002: *Brücken, die die Welt verbinden*. München; Berlin [u. a.]: Prestel 2002
- GRATTESAT, Guy 1984 : *Ponts de France*. Paris: Presses Ponts et chaussées 1984
- GRIEB, Manfred H. (Hrsg.) 2000: *Nürnberger Künstlerlexikon mit Kunsthandwerkern, Gelehrten, Sammlern, Kunstfreunden und kulturellen Einrichtungen von 12. bis Mitte des 20. Jahrhunderts*. Bearbeitungsausdruck 2000
- GULBINS, Jürgen; SEYFRIED, Markus; STRACK-ZIMMERMANN, Hans 2001: *Dokumenten-Management. Vom Imaging zum Buisness-Dokument*. 2., erw. Aufl. Berlin: Springer 2001
- GUNDLING, Nicolaus Hieronymus: *Historische Nachricht von Dem Ursprunge und Wachsthum des Heil. Röm. Reichs freyer Stadt Nürnberg*. Franckfurt und Leipzig: Bachmeyer 1707
- HALLER, Bertold von 1999: Prof. Dr. Wolfgang Frhr. Stromer von Reichenbach †, 28. April 1922 – 8. September 1999. In: *MVGN* 86(1999), S. XIX-XXII.
- HAMPE, Theodor 1904: *Nürnberger Ratsverlässe über Kunst und Künstler im Zeitalter der Gotik und der Renaissance (1449-1618)*. 3. Bd., Wien [u. a.]: Graeser 1904
- HARVEY, W. J. 1986: Testing times for arches. In: *New Scientist* 100(1986), S. 53-59
- HEINRICH, Bert: *Am Anfang war der Balken, zur Kulturgeschichte der Steinbrücke*. (Kulturgeschichte der Naturwissenschaften und der Technik ; 2). München: Dt. Museum 1979
- HERRBRUCK, J.; GROB, J.; WAPENHANS, W. 2001 : Gewölbebrücken: Ersatz der linearen „Kaputtrechnung“. In: *Bautechnik* 78(2001)11, S. 805-814
- HEYD, Wilhelm (Hrsg.) 1902: *Handschriften und Handzeichnungen des herzoglich württembergischen Baumeisters Heinrich Schickhardt*. Unter Mitw. von A. Euting, B. Pfeifer. Stuttgart: Kohlhammer 1902
- HEYMAN, J.; PADFIELD, C. J. 1972: Two masonry bridges: Clare College bridge. In: *Proc. Instn. Civ. Engrs.* 52(1972)2, S. 305-318
- HEYMAN, J.; THRELFALL, B. D. 1972: Two masonry bridges: Telford's bridge at Over. In: *Proc. Instn. Civ. Engrs.* 52(1972)3, S. 319-330
- HISTORISCHE COMMISSION BEI DER KÖNIGL. ACADEMIE DER WISSENSCHAFTEN (Hrsg.) [1862] 1961: *Die Chroniken der deutschen Städte vom 14.-16. Jh.*, 1. Bd. oder Die Chroniken der fränkischen Städte. Nürnberg. 1. Bd., 2. unveränd. Aufl. der Ausg. Leipzig: Hirzel, 1862. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht 1961
- HISTORISCHE COMMISSION BEI DER KÖNIGL. ACADEMIE DER WISSENSCHAFTEN (Hrsg.) [1872] 1961: *Die Chroniken der deutschen Städte vom 14.-16. Jh.*, 10. Bd. oder Die Chroniken

- der fränkischen Städte. Nürnberg. 4. Bd., 2. unveränd. Aufl. der Ausg. Leipzig: Hirzel, 1872. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht 1961
- HISTORISCHE COMMISSION BEI DER KÖNIGL. ACADEMIE DER WISSENSCHAFTEN (Hrsg.) [1874], 1961: *Die Chroniken der deutschen Städte vom 14.-16. Jh.*, 11. Bd. oder Die Chroniken der fränkischen Städte. Nürnberg. 5. Bd., 2. unveränd. Aufl. der Ausg. Leipzig: Hirzel, 1874. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht 1961
- HOFF, Robert 1998: *Meisterbauwerke der Ingenieurbaukunst: Eine Auswahl aus 1000 Jahren*. Hrsg.: Verband Beratender Ingenieure. Köln: Bundesanzeiger-Verl. 1998
- HOHRATH, Daniel 1990: *Die Bildung des Offiziers in der Aufklärung. Ferdinand Friedrich von Nicolai (1730-1814) und seine enzyklopädischen Sammlungen*. Eine Ausstellung der Württembergischen Landesbibliothek Stuttgart. Stuttgart: Württembergische Landesbibliothek 1990
- HUSE, N. 1979: Palladio am Canal Grande. In: *Städel-Jahrbuch*. Hrsg.: Gallwitz und Beck. N.F., Bd. 7, München: Prestel 1979, S. 61-99
- JAGFELD, M.; BARTHEL, R. 2004: Zur Gelenkbildung in historischen Tragsystemen aus Mauerwerk. In: *Bautechnik* 81(2004)2, S. 96-102
- KAHLOW, A. 1998: Section, Strain and Stress: The Anatomy of Construction from Leonardo to Modern Times. In: *ICON, Journal of the International Committee for the History of Technology* 4(1998), S. 157-180
- KAHLOW, A. 2003: Fragen zur Konstruktion am Beispiel der Nedlitzer Brücke. Tagungsbeitrag zu „Ludwig Persius, Architekt des Königs“, Potsdam 5.-9. Sept. 2003. In: *Stiftung Preussischer Schlösser und Gärten Berlin-Brandenburg: Jahrbuch 2003* in Druckvorbereitung
- KAISER, C.; KROHN, M.; VIELHABER, J.; MÜLLER, M.; FISCHER, A.; SCHWENDER, C. 2003: Lehren und Lernen mit multimedialen Bausteinen. In: *Neue Medien in der Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren und Architekten*, Tagungsband anlässlich gleichnamiger Tagung in Darmstadt, 21./22.10.2003; Darmstadt 2003
- KIDDER, Frank E.; PARKER, Harry [1884] 1968: *Architects' and Builders' Handbook. Data for Architects, Structural engineers, Contractors, and Draughtsmen*. 1. Ed. 1884 by Frank Kidder. 18. Edition, 21. Printing Compiled by Harry Parker. New York [u. a.]: Wisley 1968
- KRAUß, K. 1985: Vom Materialwissen und den Bautechniken der alten Baumeister. In: *Denkmalpflege in Baden-Württemberg* 14(1985)4, S. 218-223
- KURRER, K.-E. 1990: Auf der Suche nach der wahren Stützlinie in Gewölben. In: *Humanismus und Technik* Jahrbuch 1990. Berlin: Universitätsbibliothek der TU Berlin, Abt. Publikationen 1991/1, S. 20-54
- KURRER, K.-E. 1992: Zur Frühgeschichte der Festigkeitslehre. In: SCHEIDEGGER, Fritz (Hrsg.): *Aus der Geschichte der Bautechnik. Bd. 2. Anwendungen*. Basel [u. a.]: Birkhäuser 1992, S. 49-63
- KURRER, K.-E. 1997: Zur Entwicklung der Gewölbetheorien von Leonardo da Vinci bis ins 20. Jahrhundert. In: *architectura* 27(1997)1, S. 87-114
- KURRER, Karl-Eugen 2002: *Geschichte der Baustatik*. Berlin: Ernst & Sohn 2002

- LACHMANN, H. 1990: Über die Standsicherheit gemauerter Gewölbebrücken. In: *Bautechnik* 67(1990)2, S. 61-63
- LEONHARDT, Fritz 1994: *Brücken: Ästhetik und Gestaltung = Bridges Aesthetics and Design*. 4. Aufl. Stuttgart: Dt. Verl.-Anstalt 1994
- LEUPOLD, Jacob [1726], 1982: *Theatrum Pontificiale oder Schauplatz der Brücken und des Brückenbaus*. Leipzig: 1726. Hannover: Schäfer 1982
- LORENZ, W. 1998: Brücken und Brückenbauer – Haltungen zum Konstruieren. In: *Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft*. Jahrbuch 1998. Braunschweig: Cramer, S. 105-132
- LÜBKE, Wilhelm 1882: *Geschichte der Renaissance in Deutschland*. Erste Abteilung. 2., bearb. und vermehrte Aufl. Stuttgart: Ebner & Seubert 1882
- Magistratsbericht: Bericht über die Arbeit der Stadtverwaltung Nürnberg im zweiten Jahr des nationalsozialistischen Deutschlands von März 1934 bis März 1935. o. V.
- MARPERGER, Paul Jakob 1711: *Historie und Leben der berühmten Europäischen Baumeister / So sich vor und nach Christi Geburt biß auff diese unsere Zeiten / durch ihre vortreffliche Gebäude und verfertigte sonderbahre Wercke / bekand gemacht / durch den Königl. Französischen Historiengraph. und Antiquitäten-Verwahrer Mons. FELIBIEN angefangen / und bis auf das XIV. Secul. beschrieben / nummehr ins Deutsche übersetzt / und mit denen dreyen hinterstelligen Seculis, und vielen remarquablen Begebenheiten ihres Lebens*. Hamburg: Schillern 1711
- MELBOURNE, Clive 1995: *Arch bridges*. Proceedings of the First International Conference on Arch Bridges held on Bolton, UK on 3-6 September 1995. London: Telford 1995
- MELBOURNE, C.; BEGIMIL, M.; WEEKES, L. 1995: The load test to collapse of a 5m span brickwork flat arch barrel. In: MELBOURNE, Clive (Hrsg.): *Arch bridges*. Proceedings of the First International Conference on Arch Bridges held on Bolton, UK on 3-6 September 1995. London: Telford 1995, S. 365-383
- MELBOURNE, C. 2001: An Overview of Experimental Mansory Arch Bridge Research in Uk. In: ABDUNUR, Charles (Hrsg.) 2001: *Arch '01. Third International Arch Bridge Conference*. Proceedings of the Third International Arch Bridge Conference, Paris, 19-21 septembre 2001. Paris: Presses de l'école nationale des ponts et chaussées 2001, S. 343-350.
- MERIAN, Matthaeus 1648: *Topographia Franconiae*. Frankfurt am Main: Merian 1648
- MILDNER, K. 1997: „Meßwertgestütztes“ Nachrechnen von Gewölbebrücken. In: *Bauingenieur* 72(1997)12, S. 561-564
- MIOZZI, E. 1935: Dal ponte di Rialto al nuovo ponte degli Scalzi. In: *Annali dei Lavori Pubblici*, 1935, S. 450-464
- MISLIN, Miron 1997: *Geschichte der Baukonstruktion- und Bautechnik. Bd.1: Antike bis Renaissance*. 2., neubearb. u. erw. Aufl. Düsseldorf: Werner 1997
- MONTENS, Serge 2001: *Les plus beaux ponts de France*. Paris: Bonneton 2001
- MÜLLER, Günter; GROTH, Clemens: *FEM für Praktiker – Band 1. Grundlagen*. 6. Aufl. Reningen-Malmsheim: Expertverl. 2001

- MÜLLNER, Johannes (I): *Die Annalen der Reichsstadt Nürnberg von 1623 Teil I: Von den Anfängen bis 1350*. Hrsg.: Gerhard Hirschmann. Nürnberg: Im Selbstverl. des Stadtrats zu Nürnberg 1972
- MÜLLNER, Johannes (II): *Die Annalen der Reichsstadt Nürnberg von 1623. Teil II: Von 1351-1469*. Hrsg.: Gerhard Hirschmann. Nürnberg: Im Selbstverl. des Stadtrats zu Nürnberg 1984
- MÜLLNER, Johannes (III): *Die Annalen der Reichsstadt Nürnberg von 1623 von Johannes Müller. Band III: 1470-1544*. Bearb.: Michael Diefenbacher. Nürnberg: Selbstverl. des Stadtarchivs Nürnberg 2003
- MULZER, Erich; SCHWEMMER, Wilhelm; KOHN, Karl 1954: *Nürnberger Bürgerhäuser*. Nürnberg: Spindler 1954
- MUMMENHOFF, Ernst 1891: *Das Rathaus in Nürnberg*. Hrsg.: Verein für Geschichte der Stadt Nürnberg. Nürnberg: Schrag 1891
- OBERGÄBNER, Michael 1933: *Die Peunt in Nürnberg*. Festschrift zur Hundertjahrfeier der Dürer-Oberrealschule in Nürnberg. Nürnberg 1933, S. 5-34
- O'KEEFE, Peter; SIMMINGTON, Tom 1991: *Irsih Stone Bridges*. History and Heritage. Dublin: Irish Academic Press 1991
- PALLADIO, Andrea [1570] 1988: *Die vier Bücher zur Architektur*. Nach der Ausg. Venedig 1570: I quattro libri dell'architettura, aus dem Ital. übertr. und hrsg. von Andreas Beyer und Ulrich Schütte, 3., überarb. Aufl. Zürich [u. a.]: Verl. für Architektur Artemis 1988
- PECHSTEIN, K. 1975: Allerlei Visierungen und Abriß wegen der Fleischbrücken. In: *Anzeiger des Germanischen Nationalmuseums* (1975), S. 72-89
- PECHWITZ, Frank 1942: *Der Steinschnitt*. I. Teil. Leipzig: Voigt 1942
- PERRONET, Jean-Rodolphe [1782] [1788] 1987: *Construire des Ponts au XVIII^e Siecle. Description des Projets et de la construction des Ponts*. Reprint der 2. Veröffentlichung von 1788 Paris: Presses de l'école nationale des ponts et chaussées 1987
- PERRONET, Jean-Rodolphe 1820: *Perronet's Werke*, die Beschreibung der Entwürfe und der Bauarten der Brücken bei Neuilli, Mantes, Orleans, Ludwigs XVI., den Entwurf des Burgundischen Kanals und den der Wasserleitung von der Yvette und Bievre nach Paris. Übers. von J. F. W. Dietlein. Halle: Hemmerde und Schwetschke 1820
- PFINZING, Paul 1994: *Der Pfinzing-Atlas von 1594*. Faksimile hrsg. vom Staatsarchiv Nürnberg und Altnürnberger Landschaft e.V. (Original Staatsarchiv Nürnberg: Rst. Nürnberg, Karten und Pläne 230). Nürnberg: 1994
- PFEIFFER, Gerhard (Hrsg.): *Geschichte Nürnbergs in Bilddokumenten*. Unter Mitarbeit von Wilhelm Schwemmer. München: Beck 1970
- PIPER, Klaus 1983: *Sicherung historischer Bauten*. Berlin; München: Ernst & Sohn 1983
- PUPPI, Lionello 1994: *Andrea Palladio: Das Gesamtwerk*. Aus dem Italienischen übertr. von Madeleine Stahlberg und Heinrich Helfenstein, gekürzte Studienausg. Stuttgart: Dt. Verl.-Anstalt 1994
- RABASA DIAZ, Enrique 2000 : *Forma y construcción en piedra*. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XiX. Madrid: Akal 2000

- RAMELLI, Agostino 1620: *Schatzkammer / Mechanischer Künste / des Hoch und Weitberühmten Capitains / Herrn Augustini de Ramellis*. Übers. durch Henning Großen den Jüngeren. Leipzig: Große 1620
- RAMM, Hermann; WAGNER, Walter 1958: *Praktische Baustatik*. 2. Teil, 8., neubearb. Aufl. Stuttgart: Teubner 1958
- REICHENSPERGER, A. 1856: Des Meisters L. Lacher Unterweisung. In: REICHENSPERGER August: *Vermischte Schriften über christliche Kunst*. Leipzig: Weigel 1856, S. 131-155
- REICKE, Emil 1896: *Geschichte der Reichsstadt Nürnberg von dem ersten urkundlichen Nachweis ihres Bestehens bis zu ihrem Uebergang an das Königreich Bayern (1806)*. Nürnberg: Raw 1896
- RETTBERG, Ralf von 1854: *Nürnberg's Kunstleben in seinen Denkmalen dargestellt*. Stuttgart: Ebner & Seubert 1854
- REUTHER, H.; BERCKENHAGEN, E. 1994: *Deutsche Architekturmodelle. Projekthilfe zwischen 1500 und 1900*. Berlin: Dt. Verl. für Kunstwiss. 1994
- RIVIUS, Gualtherus Hermenius [1547] 1981: *Der furnembsten notwendigsten der gantzen Architektur angehörigen mathematischen und mechanischen Künst eygentlicher Bericht und verständliche Unterrichtung*. Nachdr. der Ausg. Nürnberg 1547, Petreius. Hildesheim [u. a.]: Olms 1981
- RÖDER, Georg Ludwig Alexander 1821: *Praktische Darstellung der Brückenbaukunde nach ihrem ganzen Umfang in zwey Theilen*. Nach den bewährtesten Technikern und Mathematikern und den besten vorhandenen Mustern jeder Art vorzüglich für Ingenieure des Straßen- und Brückenbaus. Erster Theil: Hülfskenntnisse und den Bau steinerner Brücken. Darmstadt: Heyer 1821
- SACHS, Carl Ludwig 1915: *Das Nürnberger Bauamt am Ausgang des Mittelalters*. Hrsg.: Gesellschaft für Fränkische Geschichte. München [u. a.]: Duncker & Humblot 1915
- SAKAROVITCH, Joël 1998: *Épures d'architecture. De la coupe des pierres à la géométrie descriptive XVI^e-XIX^e siècles*. Basel [u. a.]: Birkhäuser 1998
- SANZ, María Jesús Herrero 2000: *Ganz Segovia*. (Ganz Spanien ; 24). 6. Aufl. Barcelona: Escudo de Or 2000
- SANDRART, Joachim von [1675] 1925: *Academie der Bau-, Bild- und Mahlerey-Künste von 1675*. Leben der berühmten Maler, Bildhauer und Baumeister. Hrsg. u. komment. v. Arthur Rudolf Peltzer. München: Hirth 1925
- SAUR 1997: *Allgemeines Künstlerlexikon. Die Bildenden Künstler aller Zeiten und Völker*. Bd. 16. München, Leipzig: Saur 1997
- SCHÄFER, J.; HILSDORF, H. K. 1989: Der Mörtel in historischem Mauerwerk. In: *Jahrbuch des Sonderforschungsbereiches 315 Universität Karlsruhe*. Berlin 1989, Seite 63-72
- SCHÄFER, J.; HILSDORF, H. K. 1991: Struktur und mechanische Eigenschaften von Kalkmörteln. In: *Jahrbuch des Sonderforschungsbereiches 315 Universität Karlsruhe*. Berlin 1991, Seite 65-76
- SCHÄFER, K. 1897: Das Baumeisterbuch des Wolf Jakob Stromer. In: *Mitteilungen des Germanischen Nationalmuseums Nürnberg Jahrgang 1897*, S 124-127

- SCHEFFLER, Hermann 1857: *Theorie der Gewölbe, Futtermauern und Eisernen Brücken, sowohl zum wissenschaftlichen Studium als ganz besonders für den Praktischen Gebrauch der Ingenieure*. Braunschweig: Schulbuchhandlung 1857
- SCHEIDEGGER, F. 1994: Aus der Geschichte der Baumaschinen. In SCHEIDEGGER, Fritz (Hsgr.) *Aus der Geschichte der Bautechnik*. Bd.1., 2. korr. Aufl. Basel [u. a.]: Birkhäuser 1994, S. 185-255
- SCHIEDERMAIR, Werner; SCHERG, Jutta 1991: *Denkmalfibel. Praktische Hinweise zum Denkmalschutz und Denkmalpflege in Bayern*. Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Unterricht, Kultus, Wissenschaft und Kunst. München: Callwey 1991
- SCHNEIDER, Klaus-Jürgen 2001: *Bautabellen für Ingenieure*. 14. Aufl. Düsseldorf: Werner 2001
- SCHLEGEL, R.; RAUTENSTRAUCH, K. 2000: Ein elastoplastisches Berechnungsmodell zur räumlichen Untersuchung von Mauerwerkstrukturen. In: *Bautechnik* 77(2000)6, S. 426-436
- SCHLEGEL, R.; RAUTENSTRAUCH, K. 2001: Konsistente numerische Beschreibung des Trag- und Verformungsverhaltens von historischem Mauerwerk. In: *Das Mauerwerk* (2001)6, S. 202-209
- SCHLEGEL, R.; WILL, J.; FISCHER, D.; RAUTENSTRAUCH, K. 2003: Tragfähigkeitsbewertung gemauerter Brückenbauwerke mit modernen Berechnungsmethoden am Beispiel der Göltzschtalbrücke. In: *Bautechnik* 80(2003)1, S. 15-24
- SCHMIDT-FÖLKERSAMB, U. 1986: Kaiserbesuche und Kaisereinzüge in Nürnberg. In: *Nürnberg – Kaiser und Reich*. (Ausstellungskatalog der Staatlichen Archive Bayerns ; 20). Hrsg.: Generaldirektion der Staatlichen Archive Bayerns. Neustadt a. d. Aisch: Degener 1986, S. 112-140
- SCHRAMM, Carl Christian 1735: *Historischer Schauplatz, in welchem die merkwürdigsten aus allen vier teilen der Welt, insbesondere aber die in den vollkommensten Stand versetzte Dresdner Elb-Brücke, in sauberen Prospecten, Münzen und anderen Kupferstichen, vorgestellt und beschrieben werden, durch brauchbare Anmerkungen und besondere Urkunden erläutert, auch mit nötigen Registern versehen*. Leipzig: Breitkopf 1735
- SCHUBERT, P. 1996: Eigenschaftswerte von Mauerwerk, Mauersteinen und Mauer Mörtel. In: *Mauerwerkskalender 1996*. Berlin: Ernst & Sohn, S. 1-14
- SCHUBERT, P. 2002: Eigenschaftswerte von Mauerwerk, Mauersteinen und Mauer Mörtel. In: *Mauerwerkskalender 2002*. Berlin: Ernst & Sohn, S. 5-23
- SCHULTHEIß, W. 1974: Altnürnberg Rechtspflege und ihre Stätten. In: *MVGN* 61(1974), S. 188-203
- SCHULTHEIß, W. 1967: Baukosten Nürnberger Gebäude in Reichsstädtischer Zeit. In: *MVGN* 55(1967), S. 270-299
- SCHULZ, Friedrich Joh. Ernst 1808: *Versuch einiger Beiträge zur Hydraulischen Architektur*. Königsberg: Ricolovius 1808
- SCHWEMMER, Wilhelm 1969: Jacob Wolf der Ältere und der Jüngere. In: PFEIFFER, Gerhard: *Fränkische Lebensbilder*. Bd. 3. Würzburg: Schöningh 1969, S. 195-213
- SERLIO, Sebastiano (1996): *On architecture*. Vol. 1: Books I-V of “Tutte l'opere d'architettura et prospettiva”. Transl. from the Italian with an Introduction and Commentary by Vaughan Hart and Peter Hicks (Hrsg.). New Haven, London: Yale Univ. Press 1996

- SERLIO, Sebastiano (2001): *On architecture*. Vol. 2: Books VI-VII of 'Tutte l'opere d'architettura et prospetiva' with "Castrametation of the Romans" and "The extraordinary book of doors". Transl. from the Italian with an Introduction and Commentary by Vaughan Hart and Peter Hicks (Hrsg.). New Haven; London: Yale Univ. Press 2001
- SIEBENKEES, Johann Christian 1790: *Kleine Chronik der Reichsstadt Nürnberg*. Altdorf: Meyers 1790
- SIEBENKEES, Johann Christian 1792: *Materialien zur Nürnberger Geschichte*. 2. Bd. Nürnberg: Schneider 1792
- SIEGHARDT, August; MALTER, Wilhelm 1966: *Nürnberg: Führer durch die Stadt und ihre Umgebung*. Neu bearb. von Wilhelm Malter. - 6., wesentl. erw. Aufl. Nürnberg: Glock u. Lutz 1966
- SINOPOLI, Anna (Hrsg.) 1998: *Arch Bridges. History, Analysis, Assessment, Maintenance and Repair*. Proceedings of the Second International Arch Bridge Conference, Venice/Italy 6-9-october 1998. Rotterdam: A. A. Balkema 1998
- SPORHAN-KREMPEL, L.; STROMER, W. von 1962: Wolf-Jakob Stromer 1561-1614, Ratsbaumeister zu Nürnberg, Amt – Leben – Werk. In: *MVGN* 51(1962), S. 273-310
- STADT NÜRNBERG (Hrsg.) 2000: *Denkmalschutz in Nürnberg 1*. Nürnberg 2000
- STAUDER, Victor 2003: *Brücken diese Erde*. Achteilige Fernsehproduktion vom ZDF für Arte. Erstausstrahlung auf Arte ab 1.3.2003 in 14-tägigem Turnus (Garabitviaduct von St. Flour, Frankreich. Brücke über den großen Belt, Dänemark. Rialtobrücke in Venedig, Italien. Alamillobrücke in Sevilla, Spanien. Kettenbrücke in Budapest, Ungarn. Die Ganterbrücke in Wallis, Schweiz. Quebecbrücke, Kanada. Die Göltzschtalbrücke, Deutschland. Regie Victor Stauder
- STEFFENS, Klaus 2001: *Experimentelle Tragsicherheitsbewertung von Bauwerken*. Grundlagen und Anwendungsbeispiele. Berlin: Ernst & Sohn 2001
- STIGLAT, K. 1984 a: Zur Tragfähigkeit von Mauerwerk aus Sandstein. In: *Bautechnik* 61(1984)2, S. 51-59
- STIGLAT, K. 1984 b: Fortsetzung: Zur Tragfähigkeit von Mauerwerk aus Sandstein. In: *Bautechnik* 61(1984)3, S. 94-100.
- STOLARSKI, Gregor 2001 a: „Fleischbrücke“ über die Pegnitz in Nürnberg. Untersuchungen der Schäden am Bauwerk, Laboruntersuchungen an historischen Baumaterialien. Untersuchungszeitraum: Juni 1999 – Dezember 2000. 1. Bericht. Hrsg.: Landesgewerbeamt Nürnberg, Firmenbericht 2001, Aktenzeichen Az.: VG 9902016
- STOLARSKI, G. 2001 b: Drei Brücken in drei Städten – Aufgaben und Lösungen zur fachgerechten Instandsetzung. In: KAHLOW, Andreas (Hrsg.) *Brücken in der Stadt: der Potsdamer Stadtkanal und seine Brücken*. Begleitbuch zur Fachtagung und Ausstellung Potsdam 2001. Potsdam: Fachhochschule Potsdam 2001, S. 30-38
- STOLZ, G. 1978: Eine Fundgrube vorindustrieller Technik. In: *St. Lorenz* N.F. Nr. 21(1978), S. 3-26
- STOLZ, G. 1991: Steinbau + Baustein in Nürnberg. In: *St. Lorenz* N.F. Nr. 36(1991), S. 3-43
- STOLZ, G. 1993: Baumeister und ihr Werk In: *St. Lorenz* N.F. Nr. 38(1993), S. 3-54

- STOLZ, G. 1998: St. Lorenz – Wappen in Fülle. Wappenkunde – Wappenkunst – Wappenrecht. In: *St. Lorenz* N.F. Nr. 31(1986), 2. verb. Aufl. (1998), S. 3-55
- STRAUB, Hans 1992: *Die Geschichte der Bauingenieurkunst*. Hrsg.: P. Zimmermann, 4. Aufl. Basel: Birkhäuser 1992
- STROMER, Wolfgang von 1984 a: *Ein Lehrwerk der Urbanistik aus der Spätrenaissance. Die Baumeisterbücher des Wolf-Jakob Stromer (1561-1614), Ratsbaumeister zu Nürnberg*. Hrsg.: Willibald-Pirckheimer Gesellschaft zur Erforschung von Renaissance und Humanismus; Jahrgabe 2. Nürnberg 1984
- STROMER, W. von 1984 b: Wassernot und Wasserkünste im Bergbau des Mittelalters und der Frühneuzeit. In: *Der Anschnitt* 4(1984), Beiheft 2. Essen: 1984
- STROMER, W. von 1988: Pegnitzbrücke Nürnberg (Fleischbrücke). In: Bundesminister für Verkehr (Hrsg.): *Steinbrücken in Deutschland*. Bd. 1. Düsseldorf: Beton-Verl. 1988, S. 162-167
- STROMER, W. von 1997: Palladio nördlich der Alpen. In: *Bauen nach der Natur. Die Erben Palladios in Nordeuropa*. Begleitband zur Sonderausstellung im Museum für Hamburgische Geschichte. Ostfildern: Catz 1997, S. 170-180
- STÜSSI, F. 1953: Leonardo da Vincis Entwurf für eine Brücke über das Goldene Horn. In: *Schweizerische Bauzeitung* 71(1953)2, S. 113- 116.
- SWIDA, Waldemar 1954: *Statik der Bogen und Gewölbe*. Theorie des Einzelbogens. Berechnungsbeispiele. Karlsruhe: Müller 1954
- TACKE, Andreas 1995: *Die Gemälde des 17. Jahrhunderts im Germanischen Nationalmuseum*. Bestandskatalog. Mainz: von Zabern 1995, S. 360-363
- TANG, Huancheng zhu 2000: Zhongguo-kexue-jishushi = A history of science and technology in China.- In chines. Schrift. Beijing: Zhongguo Kexuejuan Yinshuachang 2000
- THIEL, Matthias 1972: *Archiv der Freiherren Stromer von Reichenbach auf Burg Grünsberg*. Teil I: Urkunden. (Bayerische Archivinventare ; 33). Hrsg.: Generaldirektion der Staatlichen Archive Bayerns. Neustadt a. d. Aisch: Degener 1972
- THIEME, Ulrich; BECKER, Felix (Hrsg.) 1907: *Allgemeines Lexikon der bildenden Künstler. Von der Antike bis zur Gegenwart*. 37 Bände. Leipzig: Engelmann 1907
- TUCHER, Endres [Handschrift] 1862: *Baumeisterbuch der Stadt Nürnberg: 1464–1475*. Mit einer Einl. und sachl. Anm. von Friedrich von Weech. Hrsg. durch Matthias LEXER. Stuttgart: Litterarischer Verein 1862
- VEIT, Ludwig 1960: *Handel und Wandel mit aller Welt. Aus Nürnbergs großer Zeit*. Bibliothek des Germanischen Nationalmuseums Nürnberg zur deutschen Kunst- und Kulturgeschichte, Bd. 14. Hrsg.: Ludwig Grote. München: Prestel 1960
- VITRUVIUS [1521] 1969: *De Architectura*. Nachdr. der komment. ersten ital. Ausg. von Cesare Cesarino (Como, 1521). München: Fink 1969
- VITRUVIUS 1996: *Vitruvii De architectura libri decem* = Zehn Bücher über Architektur. Übers. und mit Anm. vers. von Curt Fensterbusch (Hrsg.), 5. Aufl. Darmstadt: Primus-Verl. 1996
- VITRUVIUS TEUTSCH [1548] 1973. *Zehen Bücher von der Architectura und künstlichem Bauen*. Erstmals verteutscht durch Rivius, D. Gualther Hermenius. Mit einleitenden Bemerkun-

- gen zum Nachdr. von Erik Fossmann. Nachdr. der Ausg. Nürnberg 1548, Petreius. Hildesheim [u. a.]: Olms 1973
- VOCKRODT, H.-J.; SCHWESINGER, P. 2002: Experimentelle Tragsicherheitsanalyse einer historischen Bogenbrücke in Erfurt. In: *Bautechnik* 79(2002)6, S. 355-367
- WAGENSEILII, Joh. Christophori 1697: *De sacri Rom. Imperii Libera Civitate Norribergensi. Commentatio*. Altdorf: Kohlesii 1697
- WALDBURG WOLFEGG, Christoph zu (Hrsg.) 1997: *Das mittelalterliche Hausbuch*. Aus der Sammlung des Fürsten zu Waldburg Wolfegg. Faksimile. München: Prestel 1997
- WEBER, Wilmar Kaldemar 1999: *Die gewölbte Eisenbahnbrücke mit einer Öffnung*. Begriffserklärungen, analytische Fassung der Umrisslinien und ein erweitertes Hybridverfahren zur Berechnung der oberen Schranke ihrer Grenztragfähigkeiten validiert durch einen Großversuch. München, Univ., Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen, Diss. 1999
- WEINGÄRTNER, H. 1994: „Wir hören ein Stimm aus ihren Steinen brechen...“. Zur Ikonographie der Karlsbrücke in Nürnberg. In: *Pegnesischer Blumenorden in Nürnberg*. Nürnberg: Tümmels 1994, S. 45-56
- WILL, G. A. 1765: Ein Jetton auf die vollendete Erbauung der ietzigen schönen Fleischbrücke. In: *Der Nürnbergischen Münzbelustigungen, Zweyter Theil*. Altdorf: Monath 1765, S. 241-248
- ZAMMATIO, C. 1974: Naturwissenschaftliche Studien. In: *Leonardo. Künstler-Forscher-Magier*, Hrsg.: Ladislao Reti, dt. Ausg. Frankfurt a. Main: Fischer Verlag GmbH. 1974, S. 190-216
- ZORZANELLO, Pietro und Giulio 1956: *Inventari dei Manoscritti della Biblioteche D'Italia. Volume LXXXI, Venezia= Marciana, Mss. Italiani= Classe VII (nn 1-500)*. Redatto da Piedro Zorzanello edizione postuma a cura di Giulio Zorzanello Firenze: Olschi 1956
- ZORZI, Giangiorgio 1967: *Le chiese e i ponti di Andrea Palladio*. Vicenza: Neri Pozza Ed. 1967
- ZUCKER, Paul 1921: *Die Brücke. Typologie und Geschichte ihrer künstlerischen Entwicklung*. Berlin: Wasmuth 1921

Verzeichnis ungedruckter Quellen

- | | |
|---|---|
| Archivio di Stato di Venezia (ASV) | Provveditori alla Fabbrica del Ponte di Rialto. Desegni Rialto
N. 1-12; 13 A-13 F; 14-19 |
| Biblioteca Nazionale Marciana (BNM) | Ms. It. VII, 295 (10047) |
| Germanisches Nationalmuseum (GNM) | Die Pläne des Kupferstichkabinetts, die in Bd. 2 (Katalog) verzeichnet sind, sind hier nicht aufgenommen.

<i>Kupferstichkabinett</i>
HB 1484; HB 3089; HB 12427; Sp 8984; SP 13305
Rst. Nbg. 10335; Rst. Nbg. 10329

<i>Handschriften</i>
Hs 557 Merkel Handschrift,
Hs 28893 Buch der Erfindungen von Holzschuher
Hs 31700 Allerley Vißirungen und Abriß ...

Rst. Nbg. XVIII, Stromer Nr. 3 Text von Wolf Jakob Stromer 1605 |
| Museen der Stadt Nürnberg, Graphische Sammlung (StadtMN) | <i>Sammlung Hopf</i>
Hopf 5583, Hopf 5584, Hopf 5590 |
| Staatsarchiv Nürnberg (StAN) | <i>Verlässe</i>
Ratsverlässe, Verlässe des inneren Rates: Rst. Nbg. Verl. d. inneren Rates (Rep. 60 a)
Nr. 1568; 1655; 1656; 1658, 1668; 1675; 1684; 1686; 1688; 1689

Ratsbücher: Rst. Nbg. Ratsb. (Rep. 60 b)
Nr. 2; 3; 4; 33; 54; 55, 56; 63

Verlässe der Herren Älteren: Rst. Nbg. Verl. d. Herren Älteren (Rep. 60 d)
Nr. 14; 15

<i>Rst. Nbg. Handschriften</i>
Rst. Nbg. Hs 32, Müllner IV: Johannes Müllners „Annalen der Reichsstadt Nürnberg“, Band IV
Rst. Nbg. Hs 49, Lüdersche Chronik

<i>Reichsstadt Nürnberg, sonstige</i>
Rst. Nbg. Amts- und Standbücher, Nr. 324
Rst. Nbg. Ämterbüchlein Nr. 114; 115; 116; 117 (Jahre 1595-1598)
Rst. Nbg. Bauamtsakten, Nr. 94
Rst. Nbg. Stadtrechnungen Nr. 32; 33; 34
Rst. Nbg. Karten- und Pläne Nr. 127, 230 |

***Archiv der Frhrn. Stromer von Reichenbach auf Schloss Grün-
berg, (Stromer-Archiv)***

Akten: Stromer-Archiv A 2582; A 2617; A 254
Bände: Stromer-Archiv B 15; B 16

**Stadtarchiv Nürn-
berg
(StadtAN)**

Selecte, Sammlungen, A

A 26 Nr. 814; 816 Bauamtsakten, Abgabe aus Rep. 87 des StAN

Bände, Amtsbücher des reichsstädtischen Bauamtes, B1/I

B1/I, Nr. 2 Dooser Brücke Hans Beheim
B1/I, Nr. 10 Reverse von Anwohnern
B1/I, Nr. 11 Barthel Grolock
B1/I, Bd. 54; 55; 56 Ratverlässe das Bauamt betreffend

Losungsamt B35

B35 Nr. B2 Jahresrechnungen des Wolf Jacob Stromer 1600-1601

Bauamtsakten des reichsstädtischen Bauamtes B1/II

B1/II, Nr. VIIa 139
B1/II, Nr. XVI 6; XVI 8 a; XVI 9; XVI 10; XVI 14a; XVI 27, XVI
29; XVI 33; XVI 36, XVI 36b; XVI 39; XVI 43
B1/II, Nr. LXV 9
B1/II, Nr. LIIIa 25
B1/II, Nr. LXIX 2,
B1/II, Nr. LXXVIII 855

Amtliche Provenienzen der bayerische Zeit seit 1806, C

C20/II Nr. 1949/67/68 Manuskript Dr. Nagel, Steinmetzzeichen

Dokumentationsgut privater Provenienz, E

E1 Stromer

Sekundärquellen, Ersatz- und Ergänzungsüberlieferungen, F

F1 Nr. 42 Chronik von Wolff Neubauer d. J., 1601
F1 Nr. 126 Nürnberger Chronik
F1 Nr. 131 Gedicht über Hochwasser 1595
F1 Nr. 15/I Chronik vom städtischen Archivar Dr. Lochner, 1882
F5 Nr. 279 Manuskript O. F. Günstler

**Stadtbibliothek
Nürnberg (StBN)**

Amb. 616, 2° Starcksche Chronik
Nor. K. 72 Baumeisterbuch zu Schäden der Stadtmauer
Nor. H. 271 Gedicht von Hans Weber
Nor. H. 667(9) Chronik

**Stadtarchiv Ulm
(StadtAU)**

Rst. Ulm, Bestand A [3032], Reparatur Donaubrücke

**Tiefbauamt Nürn-
berg**

Hauptakte Fleischbrücke: 650-41-01/020, Brückenbuch BW 1.020
Hauptakte Hochwasserstollen: 650-41-05/028, Brückenbuch BW
1.028

**Württembergische
Landesbibliothek
(WLB)**

Sammlung Nicolai: Nic. S. Bd. 5; 102
Handschrift Schickhardt: Cod. hist. Q. 148 a

Verzeichnis Normen und Regelwerke

- DIN 1053 -1, 1996-11 Mauerwerk; Teil 1: Berechnung und Ausführung
- DIN 1054 Anlage 2.1/2 (November 1976) Baugrund, zulässige Belastung des Baugrunds
- DIN 1055 Lastannahmen für Bauten
- DIN 1072 (Juni 1952) Straßen- und Wegbrücken; Lastannahmen
- DIN 1072 (Dezember 1985) Straßen- und Wegbrücken; Lastannahmen
- Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen; Brücken- und Ingenieurbau; Heft B 5: Spezielle Probleme bei Brückenbauwerken in den neuen Bundesländern, Teil 1: Nachrechnung von Gewölbebrücken,
- DIN EN 1015-11 (1999)
- DIN EN 1052-1 (1998)

Verzeichnis Programme

- ANSYS: Version 7.1.2003, release 7.1, number 001790, May 2003
ANSYS, Inc.
Southpointe
275 Technology drive
Canonsburg,,PA 15317
<http://www.ansys.com/>
- ATENA: Computer program for Nonlinear Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Structure. Praha: Cervenka Consulting, <http://www.cervenka.cz> ,Version 2.02, 2002.
- RSTAB 5.12.058: Ebene und räumliche Stabwerke, Statische Berechnung von allgemeinen Stabwerken. Programm und Benutzerhandbuch. Tiefenbach: Ing. Software Dlubal GmbH, <http://www.dlubal.de>
- Archie-M, Arch Bridge Assesment with Archie und Assessor's Guide, Version 2.0.8.
Mansory Arch Bridge Assesment Software by OBVIS Ltd. United Kingdom.
OBVIS, 85 Pensylvania, Road, Exeter, EX4 6DW
sales@obvis.com
- CAD-Zeichenprogramm: ALLPLAN_FT_V17_0A_RELEASE. Nemetschek AG.
<http://www.nemetschek.de>
- EXCEL: Microsoft® EXCEL 2002, Copyright© Microsoft Corporation 1985-2001.
- FHP-Bau Archiv, Version 1.3.3 Multibeta Archivierungssoftware. Copyright © 2000- 2003
Norbert Szollmann Spezialausführung für FH Potsdam, mit Genehmigung von SenStadt X C3/1
Berlin

Verzeichnis zitierter Internetadressen

Das Datum verweist auf den letzten Besuch der jeweiligen Internetseite.

<http://www.historische-meile.nuernberg.de>

Stadtführer durch Nürnberg (30.3.2004).

<http://www.ki-smile.de>

Lehrplattform für Inhalte aus dem Bauingenieurwesen (30.3.2004).

<http://www.fotomarburg.de> und <http://www.bildindex.de>

Bildarchiv Foto Marburg, Datenbank (27.2.2004).

<http://www.deutsche-bruecken.de>

Ausstellung Juni 2003 in Berlin, Bundesminister für Verkehr-, Bau- und Wohnungswesen (30.3.2004).

<http://www.structurae.de>

Internationale Datenbank und Galerie des Ingenieurbaus (30.3.2004).

<http://www.monumentalia.net/portal/resultado.asp?tipo=Arcos>

Denkmäler in Spanien, zur Steinbogenbrücke (30.3.2004).

<http://www.zhaozhouchina.com/xf/english/zhaozhoubridge.htm>

Information zur Zhaozhou- bzw. Anjii-Brücke (30.3.2004).

<http://rubens.anu.edu.au/htdocs/bytype/arch.sources/>

Bildquellen zur Vitruvübersetzung von C. Cesariano und den Traktaten von Philibert de L'Orme und Sebastiano Serlio (28.2.2004).

<http://www.gih.uni-hannover.de/gihwww/projekte/STBwerk.htm>

Belastungsversuche an Schalentragswerk (30.3.2004).

<http://www.uni-weimar.de/Bauing/holz/Forschung/Forschung2.htm>

Forschungsvorhaben zur numerischen Berechnung von Mauerwerksstrukturen (30.3.2004).

Glossar ausgewählter Begriffe des 16. Jahrhunderts in Nürnberg

ann	ohne
abriß	Zeichnung
aichen	Eichen
bhut	behüte
bruckhen, prucken	Brücke
brüst, brust	Brüstung
bürsten, pürsten, persten	Spundwand aus einer oder mehreren Pfahlreihen
dillen	Dielen
ehern	aus Metall
gemelt	erwähnt
gebeu, gepeu	Gebäude, Bauwerk
geschlechter sohnlein	Söhne aus den regierenden Geschlechtern der Reichsstadt
gmein	Gemeinde
grundt	Boden, worauf das Fundament ruht, auch manchmal als Bezeichnung für das Fundament selbst, die Widerlager selbst verwendet
güss	Hochwasser, Überschwemmung
haar rupffen	Maßnahme, die bei besonderen Ereignissen in der Reichsstadt Nürnberg üblich war. Man zog Kinder an den Haaren, damit sie das Ereignis in Erinnerung behalten sollten.
holl	hohl
hoyer	Rammen
hulzen	hölzern
jußu seniorum, iussu seniorum	auf Befehl der Herren Älteren (Septemvirn)
kalchhutten	Kalkhütte
kräme	Krambuden, Läden
kranich	Kran
kuffen	Behälter
kuttler	Verkäufer von Eingeweiden
lämblein	kleines Lamm, Lämmlein
litte	Leitung, Ableitung
löw, löb, löbb	Löwe, speziell auch Bezeichnung für den Knecht des Scharfrichters

marmelstein	Marmor
messenen	aus Messing
meuerer	Maurer
multer	Trog
ohn	an
podagra	Fußgicht
pänk, bänk, bencken	Tische, Bänke zum Auslegen von Waren
parlier	Polier, Vorarbeiter
parvant, parpandt, barbandt	Bezeichnung für einen Nürnberger Normstein bestimmter Abmes- sungen
pawmaister	Baumeister
peunt	geschlossener Platz, wurde zum Synonym für das rst. Bauamt, ursprünglich Bedeutung
pfael, pfele	Pfähle
pockgestell, bockgestell	Lehrgerüst für den Steinbogen, das bis zum Bogenschluss den Bogen trägt
rochen	Turm aus dem Schachspiel
rören	Röhren, Wasserleitungen
rösten	Roste
rugen	Rügen, Anzeigen
schaff	Kübel, Kanne
schottpfael	Spundwand-Pfähle
schuch, schu	Schuh (als Abkürzung wird ß verwandt)
schwibbogen, schwinbo- gen, schwindpogen, swynpogen,	Schwibbogen, Bezeichnung für zwischen zwei Mauerteilen frei stehenden Bogen
spaciis	Zwischenräume
springende wasser	Brunnen
stirn	Vordere Kante der Widerlager, gegen die sich der Bogen stützt
uechsen	Höhlung unter dem Arm, Achselhöhle, Schulter in der Baukunst: Bogen- oder Gewölbezwickel
ußladung	Ausladung, Kanzel
vißirung	Darstellung
wasserlinde	Wasserpumpe
zeug	Gerät, Werkzeug, Handwerkszeug
zwerch, zwerg	quer

Verzeichnis spezieller Maßeinheiten

Nürnberger Maßeinheiten⁶²⁴

Währungen

Gulden = fl. rh. (floreanus rheanus) oder fl

Pfund = Pfd. oder das zusammengefasste Zeichen für lb (lat. lebra =Pfund)

Pfennig = d oder dn

Kreuzer = x

Relationen

1 Gulden = 8 Pfund + 12 Pfennige

1 Gulden = 60 Kreuzer = 240 Pfennige

1 Kreuzer = 4 Pfennige

In Texten steht die Zahl nach der Währungsangabe

Längenmaße

Das Nürnberger Maßsystem baute auf dem Nürnberger Stadtschuh oder –fuß auf. Abweichend zum Stadtschuh, -fuß gab es noch den kleineren Nürnberger Werkschuh.

Relationen:

1 Rute = 16 Fuß/Schuh

1 Fuß/Schuh = 12 Zoll = 144 Linien

1 Zoll = 12 Linien

1 Elle = 2 Schuh/Fuß 2 Zoll

1 Nürnberger Werkschuh = 12 Nürnberger Werkzoll

1 Plasterrute = 13 Stadtfuß

1 Klafter = 5 Fuß/Schuh 7 Zoll 2 Linien

Umrechnung auf metrische Größen

1 Nürnberger Rute = 4,86 m

1 Nürnberger Pfasterrute = ca 3,95 m

1 Nürnberger Klafter = 1,70 m

1 Nürnberger Elle = 65,82 cm

1 Nürnberger Fuß/Schuh = 30,379 cm

1 Nürnberger Werkschuh = 27,85 cm

1 Nürnberger Zoll = 2,53 cm

1. Nürnberger Linie = 2,11 mm

⁶²⁴ Die Nürnberger Maßeinheiten sind wiedergegeben nach Diefenbacher, Endres (2000), Anhang 23, S. 1246.

Gewichte:

Das Maßsystem baute auf dem Nürnberger Pfund auf (Kramgewicht). Daneben gab es noch das deutlich leichtere Nürnberger Apotheker-Pfund. Das Gold-, Silber- und Geldgewicht fußte auf der Mark (=1/2 Edelmetall-Pfund, s.u.), die Verbindung zwischen Edelmetall-Gewicht und Apothekergewicht wurde über das Lot hergestellt.

Relationen:

1 Centner = 100 Pfund
1 Pfund = 32 Lot
1 Lot = 4 Quentchen = 16 Pfennige

Umrechnung auf metrische Größen

1 Nürnberger Pfund = ca. 509,5 g
1 Nürnberger Lot = ca. 15,92 g

Florentiner Längenmaß

Florentiner Braccio = 58,3-58,75 cm⁶²⁵

Englisches/amerikanisches Längenmaß

1 foot = 12 inch
1 ft = 12 in = 0,3048 m

⁶²⁵ Siehe Mislin (1997), S. 303.

Abbildungsverzeichnis

Kapitel I Einführung

Abb. I-1:	Die Fleischbrücke von Osten. Vor 1909. Foto F. Schmidt. In StadtAN: A47/I KS-88/XIV (vgl. Bd. 3, Foto 6).....	1
Abb. I-2:	Ochsenportal im 18. Jh. In Blainville (1765), Abb. pag. 60.....	2
Abb. I-3:	Darstellung der Ochsenhetz. Ende 19. Jh. In Barbeck-Heerdegen: Alt-Nürnberg – kulturgeschichtliche Bilder aus Nürnbergs Vergangenheit. Aus einer Folge von Stichen, Handwerker, Blatt 3	2
Abb. I-4:	Entwurfszeichnung für das Schlachthaus, das „ <i>Fleischhauerhaus auf Rosten</i> “, undatiert, um 1600. In ArchMu: Fleischbrücke Nr. 13 (vgl. Bd. 2)	3
Abb. I-5:	Plan der Nürnberger Altstadt, um 1600. Federzeichnung. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 7	4
Abb. I-6:	Ausschnitt aus einer Handzeichnung der Pegnitz und ihrer Brücken und Mühlräder im Nürnberger Stadtgebiet. 1611. Koloriert. Ca. 336 x 31,5 cm. In StAN: Karten und Pläne Nr. 127.....	5
Abb. I-7:	Ausschnitt aus einem Plan der Pegnitz mit Mühlen und Wasserrädern, farbige Lithographie um 1601. In GNM: HB 3089.....	5
Abb. I-8:	Fleischbrücke mit Triumphsäule beim Einritt von Kaiser Matthias, 1612. In StAN: Bildsammlung, Nr. 35.26 (vgl. Bd. 3, Grafik 10).....	9
Abb. I-9:	Fleischbrücke mit Triumphsäule beim Einritt von Kaiser Matthias, 1612. In StAN: Bildsammlung, Nr. 35.27 (vgl. Bd. 3, Grafik 11).....	9
Abb. I-10:	Aufmarsch über die Fleischbrücke beim Reichsparteitag 1934. Ausschnitt. In StadtAN, Bild-, Film- und Tonarchiv: LR-434/F2/1	9
Abb. I-11:	Die Fleischbrücke beim Reichsparteitag 1937. In StadtAN, Bild-, Film- und Tonarchiv: F3/1937-10a (vgl. Bd. 3, Foto 18).....	9
Abb. I-12:	Wie zu Nürnberg der Schmierwein in das Wasser geführet worden. Kupferstich von J. M. Burucker 1780, 23,5 x 19,8 cm. In StAN: Bildsammlung 51.1	10
Abb. I-13:	Stich der Fleischbrücke wie in Merian: „ <i>Topographia Frankoniæ</i> “ 1648. In GNM: HB 1488 (vgl. Bd. 3, Grafik 12).....	11
Abb. I-14:	Darstellung der Fleischbrücke um 1600. In GNM: Gm 1460 (vgl. Bd. 3, Grafik 5)	12
Abb. I-15:	Entwurf zu einer steinernen Brücke über die Donau, um 1628. StadtAU: A[3032], Plan 9	13
Abb. I-16:	Entwurf zu einer steinernen Brücke über die Donau, um 1628. In StadtAU: A[3032], Plan 8.....	14
Abb. I-17:	Museumsbrücke, 1954 rekonstruiert. Foto C. Kaiser Juni 2002	14
Abb. I-18:	Detail Steinschnitt aus Kupferstich von Andreas Graff	14

Abb. I-19:	Karlsbrücke in Nürnberg von Westen, erbaut 1728. 30.4.2003. Foto C. Kaiser.....	15
Abb. I-20:	Detail Steinschnitt aus Abb. I-19.....	15
Kapitel II <i>Ausgangslage</i>		
Abb. II-1:	Projekt Fleischbrücke.....	19
Abb. II-2:	Plan aus dem Lehrbuch mit Darstellung der Fleischbrücke. In Wiebeking: Theoretisch Praktische Wasserbaukunst, 1812/1814, 72 x 54 cm. Einzelblatt im GNM: HB 26388.....	29
Abb. II-3:	Darstellungen der Fleischbrücke.....	31
Abb. II-4:	Ablauf digitale Archivierung.....	33
Abb. II-5:	Attributierung bei der Erfassung.....	35
Abb. II-6:	Suchmaske.....	35
Kapitel III <i>Historischer Kontext</i>		
Abb. III-1:	Keilsteingewölbe mit ungerichtetem Verlauf. Spanische Bogenkonstruktionen mit Neigung zur Kragtechnik, Ausschnitt aus Bild 101/102 , Glück (1933), S. 186	37
Abb. III-2:	Aquädukt von Segovia. Keilsteine ohne Mörtel mit sichtbaren Zangenlöchern und erkennbarem Verband in Brückenquerrichtung. Foto C. Kaiser 2003.....	38
Abb. III-3:	Kofferdamm für die Gründung des Flusspfeilers, um 1610. StadtAU: A[3032], Plan 14	39
Abb. III-4:	Anlage der Flusspfeiler um 1620. StadtAU: A[3032], Plan 15.....	39
Abb. III-5:	Vergleich verschiedener Bogenformen über gleicher Spannweite.....	41
Abb. III-6:	Nachzeichnung der Scaliger-Brücke ursprünglich aus dem rst. Bauamt Nürnberg zum Konvolut № 5 gehörend. In GNM: HB 1432 (vgl. Bd. 2)	41
Abb. III-7:	Puente de Segovia, Madrid 1582 oder 1584. Januar 2003. Foto C. Kaiser.....	44
Abb. III-8:	Puente de Segovia, Untersicht mit eingelegten Kieselsteinen als Abstandshalter. Januar 2003. Foto C. Kaiser	44
Abb. III-9:	Zhaozhou Brücke, Blick von Westen, Foto 1930. Aus: Tang Huancheng (2000), Abb. 4-87.....	45
Abb. III-10:	Zhaozhou Brücke, heutige Situation. Aus: Tang Huancheng (2000), Abb. 4-89.....	45
Abb. III-11:	Verzahnung. In Rivius [1547] (1981), Von der grundtlegung / erbawung, Blatt XXII verso.	47
Abb. III-12:	Visualisierung der Bemessungsregeln von Alberti 1485 in Straub (1992), Abb. 32	48

Abb. III-13:	Skizzen Leonardo da Vincis. Codex Madrid fol. 142 verso und 143. Rechts: Codex Forster II, fol. 92. In Zammatio 1974, S. 210, 211	49
Abb. III-14:	Skizzen Leonardo da Vincis. Codex Forster II, fol. 92. In Zammatio 1974, S. 210, 211, 213.....	49
Abb. III-15:	Plan aus dem Wettbewerb 1488. Ausschnitt. Codex Atlanticus fol. 310 recto. In Zammatio (1974), S. 215	50
Abb. III-16:	Leonardos Entwurf zur Brücke über das Goldene Horn, spiegelverkehrt. In Stüssi (1953) S. 113.....	50
Abb. III-17:	Gedrückter Bogen nach Dürer. In: Figur 33 in Dürer [1525].....	51
Abb. III-18:	Ausschnitt einer Darstellung von im Verband gemauerten Bögen. In: Dürer [1527].....	51
Abb. III-19:	Mariae Verkündigung. Federzeichnung um 1502. Kupferstichkabinett Berlin	51
Abb. III-20:	Pfeilverhältnisse von 1 zu 3 bei einem Brückenentwurf von Palladio, Holzschnitt. In: Palladio [1570] (1988) Abb. 104	53
Abb. III-21:	De L'Orme Messinstrumente. In Mislin (1997), S. 257.....	53
Abb. III-22:	Errard de Bar-le-Duc fol. 32.....	55
Abb. III-23:	Errard de Bar-le-Duc fol. 33.....	55
Abb. III-24:	Errard de Bar-le-Duc, fol. 34.....	55
Abb. III-25:	Darstellung einer Stangenkunst. In Errard de Bar-le-Duc, fol. 21.	55
Abb. III-26:	Maschine zum Heben und Versetzen von Steinen. In der dt. Übersetzung von 1620. Ausschnitt aus S. 382 und 383. In Ramelli (1620)	56
Abb. III-27:	Die alte und neue Brücke vor dem Hallerthürlein. Ausschnitt aus der Zeichnung des Petzold-Pokales von Maximilian Keyl. Petzold-Pokal in Schloss Grünsberg.....	59
Abb. III-28:	Prinzipiskizze zum Vorschlag des Ausrüstens bei Grolock	61
Abb. III-29:	Stadtansicht mit der Peunt oben links nach Hieronymus Braun 1806 (Ausschnitt). In Obergaßner (1933), nach S. 18.....	64
Abb. III-30:	Die Reichswälder im Pfinzing Atlas von 1594. In StAN: Rst. Nbg. Karten und Pläne Nr. 230. Faksimile Pfinzing (1994) S. 9	66
Abb. III-31:	Größenproportionen der Nürnberger Normmaße für Naturstein. Von links nach rechts entsprechend der obigen Tabelle von oben nach unten (Aufstandsfläche Breite x Länge). Zuschnitt und Foto C. Kaiser	68
Abb. III-32:	Nürnberger Normsystem für Natursteine, visualisiert nach Tabelle III-4.....	69
Abb. III-33:	Transportkasten und Modell des Ponte di Rialto in Schloss Grünsberg. Foto: Nachlass Stromer	71

Abb. III-34:	Entwurf Boldis. Original 56 x 43 cm. In ASV: Provveditori alla Fabbrica del Ponte di Rialto, disegno 2. Nachzeichnung erstmals durch Cessi, Alberti (1934)	73
Abb. III-35:	Korbbogenentwurf Entwurf Boldis. Original 56 x 42,5 cm. In ASV: Provveditori alla Fabbrica del Ponte di Rialto, disegno 3. Nachzeichnung erstmals von Cessi, Alberti (1934)	73
Abb. III-36:	Entwurf zur Rialto-Brücke. Undatiert, unsigniert, 75,5 x 20 cm. In ASV: Provveditori alla Fabbrica del Ponte di Rialto, disegno 6	74
Abb. III-37:	Entwurfsplan für die Rialto-Brücke von Cesare Franks, 16. August 1588, 41,4 x 21,2 cm. In ASV: Provveditori alla Fabbrica del Ponte di Rialto, disegno 7	75
Abb. III-38:	Entwurf für die Rialto-Brücke. Undatiert, unsigniert (Francesco Zamberlan ?) 74,6 x 49,5 cm. In: ASV: Provveditori alla Fabbrica del Ponte di Rialto, disegno 11	75
Abb. III-39:	Entwurf für den Ponte di Rialto. Undatiert, unsigniert, 77 x 49,5 cm. In BNM: Ms. It. VII, 295 (10047), Seite 5/6. Im Detail Nachzeichnung der roten Linie	76
Abb. III-40:	Entwurf zur Rialto-Brücke. Undatiert, unsigniert, Ausschnitt, Original 76,3 x 58,9 cm. In ASV: Provveditori alla Fabbrica del Ponte di Rialto, disegno 12	77
Abb. III-41:	Zeichnung da Ponte zugeschrieben. Original 112,5 x 43,7 cm. In ASV: Provveditori alla Fabbrica della Ponte di Rialto, Disegno 10. Nachzeichnung erstmals durch Cessi; Alberti (1934)	77
Abb. III-42:	Überblicksskizze zum Steinbrückenbau in Nürnberg am Ende des 16. Jh.	79
 Kapitel IV.1 Baugeschichte		
Abb. IV-1:	Skizzen der alten Fleischbrücke in der Chronik von Wolff Neubauer d. J., 1601. In StadtAN: F1 Nr. 42	82
Abb. IV-2:	Alte Fleischbrücke im Pfinzing-Atlas von 1594, StAN: Rst. Nbg. Karten und Pläne Nr. 230. Im Faksimile Pfinzing (1994), S. 27, Ausschnitt	83
Abb. IV-3:	Ausschnitt der Zeichnung des Petzold-Pokals von Keyl	83
Abb. IV-4:	Alte Fleischbrücke als Federzeichnung, Ausschnitt. WLB: Sammlung Nicolai, Bd. 102 fol. 28	83
Abb. IV-5:	Alte Fleischbrücke aus dem Baumeisterbuch I, die eine zu geringe Stichhöhe vorspiegelt. In: StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 31 recto	83
Abb. IV-6:	Prospekt der alten Fleischbrücke, 1803. In GNM: Sp 5513b	83
Abb. IV-7:	Neubauplanung im Altbestand, Ausschnitt. In StadtMN, Graphische Sammlung: Hopf 5590 (vgl. Bd. 2)	88

Abb. IV-8:	Baubeschreibung des Peter Carl. In: StadtMN, Graphische Sammlung: Hopf 5584 (vgl. Bd. 2)	89
Abb. IV-9:	Aquarellierte Gegenüberstellung einer ein- und zweibogigen Lösung mit Darstellung des Lehrgerüsts von Mattheus Herdegen. In GNM: Hs 31700 № 5 ^{pp} (vgl. Bd. 2).....	90
Abb. IV-10:	Ein- und zweibogiger Entwurf von Lorenz Schacht. In GNM: Hs 31700 № 5 ⁱⁱⁱ (vgl. Bd. 2).....	90
Abb. IV-11:	Unterschiedliche im 16. Jh. übliche Ausführungen eines Brückenbogens, Details aus Entwurfsplänen für die Fleischbrücke aus der Handschrift „Allerley Vißirungen und Abriß wegen der Flaischbrucken“ GNM: Hs 31700	91
Abb. IV-12:	Studien über die Pfeilhöhe. In GNM: HB 1427 a (vgl. Bd. 2)	92
Abb. IV-13:	Studien über die Pfeilhöhe. In GNM: HB 1417 (vgl. Bd. 2).....	92
Abb. IV-14:	Studie über die Anlage des Mauerwerks im Widerlagerbereich, Ausschnitt. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 31 verso (vgl. Bd. 2)	92
Abb. IV-15:	Entwurf zur radialen bzw. schrägen Mauerung der Widerlager, Ausschnitt. In GNM: HB 1418 (vgl. Bd. 2)	93
Abb. IV-16:	Übergang Bogen/Widerlager. Einbinden der senkrechten Abmauerung. GNM: HB 1409 (vgl. Bd. 2).....	93
Abb. IV-17:	Übergang Bogen/Widerlager. Einbinden der senkrechten Abmauerung. In ArchMM: Fleischbrücke Nr. 6 (vgl. Bd. 2).....	93
Abb. IV-18:	Entwurf zur Fleischbrücke. In GNM: HB 1403 (vgl. Bd. 2).....	94
Abb. IV-19:	Radial durchgemauerter Bogen als Antwort auf statisch-konstruktive Überlegungen. In GNM: HB 1406 (vgl. Bd. 2).....	94
Abb. IV-20:	Fast identischer Plan. In StAN, Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 45 (vgl. Bd. 2)	94
Abb. IV-21:	Eine der Ausführung des Bogens sehr nahe kommende Darstellung. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 45 verso (vgl. Bd. 2)	95
Abb. IV-22:	Gleichmäßig starker Ring mit waagerechter Hintermauerung. In Gautier 1728, Ausschnitt aus Tafel 19	95
Abb. IV-23:	Elliptischer Entwurf des Florentinischen Architekten Cecini. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 79 (vgl. Bd. 2)	96
Abb. IV-24:	Wolf Jacob Stromer. Kupferstich von Andreas Khol.....	97
Abb. IV-25:	Baustelleneinrichtung mit hölzernem Notsteg. In: StAN, Stromer- Archiv B 15 (BMB I), fol. 39 (vgl. Bd. 2).....	103
Abb. IV-26:	Die Fleischbrücke mit möglichem Lehrgerüst, aber fehlenden Rosetten, Ausschnitt. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 43 (vgl. Bd. 2)	104
Abb. IV-27:	Hebewerkzeug. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 123 rechts.....	104

Abb. IV-28:	Hebewerkzeuge. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 209.....	104
Abb. IV-29:	Die Rammen der Fleischbrücke, Ausschnitt aus der Baustellendarstellung in Abb. Abb. IV-25, S. 102.....	106
Abb. IV-30:	Ramme im Hausbuch der Familie Waldburg-Wolfegg, fol. 38 verso.....	106
Abb. IV-31:	Stangenkunst. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 39 verso.....	107
Abb. IV-32:	Zeichnung eines Modells zum Lehrgerüst, Ausschnitt. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 41 (vgl. Bd. 2).....	108
Abb. IV-33:	Zeichnung eines Modells zum Lehrgerüst, Ausschnitt. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 41 verso (vgl. Bd. 2).....	108
Abb. IV-34:	Entwurf mit Lehrgerüst. In GNM: Hs 31700 No. 5 ^{hhh} (vgl. Bd. 2).....	108
Abb. IV-35:	Vorschlag für ein Lehrgerüst zur Fleischbrücke. In GNM: HB 12426 (vgl. Bd. 2).....	109
Abb. IV-36:	Vorschlag für ein Lehrgerüst zur Fleischbrücke. In GNM: HB 12429 (vgl. Bd. 2).....	109
Abb. IV-37:	Fleischbrücke Widerlager Süd/West. Sichtbar die Pfähle der mehrrihigen Spundwand und die tiefer endenden Pfähle unter dem horizontalen Rost, Nut und Feder hier nicht erkennbar, 13.1.1956. Foto R. Funk (vgl. Bd. 3, Foto 36).....	111
Abb. IV-38:	Fleischbrücke, Südweiterlager, Pfahlgründung mit Schwelle an der Pegnitz, 6.6.1956. Foto R. Funk (vgl. Bd. 3, Foto 42).....	111
Abb. IV-39:	Schrägpfähle der Fleischbrücke am Südweiterlager, 1953/54. Foto R. Funk (vgl. Bd. 3, Foto 33).....	112
Abb. IV-40:	Die Tragpfähle scheinen unter den Kreuzungspunkten oder sogar als Linienunterstützung unter dem Rost angeordnet, keine Spundwand im Knick zwischen horizontalem und vertikalem Rost erkennbar, Ausschnitt. In StAN: Stromer-Archiv B 15 (BMB I), fol. 37 verso (vgl. Bd. 2).....	112
Abb. IV-41:	Freigelegte Tragpfähle der Nedlitzer Brücke Sept. 2002. Foto C. Kaiser.....	113
Abb. IV-42:	Entwurfszeichnung zur Anlage der Widerlager. In StadtMN, Graphische Sammlung: Hopf 5583 (vgl. Bd. 2).....	114
Abb. IV-43:	Blick von Westen gegen wegen des Hochwasserstollens gestutzte südliche Widerlager der Fleischbrücke, 1953/54. Foto R. Funk.....	114
Abb. IV-44:	Silbermedaille, d = 27,5 mm. In GNM: Med. 10212 (vgl. Bd. 3, Grafik 1).....	121
Abb. IV-45:	Silbermedaille 1597, d = 70,5 mm. In GNM: Med. 10215 (vgl. Bd. 3, Grafik 3).....	121
Abb. IV-46:	Kupferstich auf den Bau der Fleischbrücke von Georg Gärtner um 1599/1600. In GNM: MS 128 (vgl. Bd. 3, Grafik 4).....	122
Abb. IV-47:	Darstellung der Fleischbrücke von Osten. 1750. In Falkenstein, ad page 738.....	124

Abb. IV-48:	„Prospect Deß Heren Marcks und der Fleisch Brucken in Nürnberg“ um 1670. In GNM: MS 129 (vgl. Bd. 3, Grafik 13).....	125
Abb. IV-49:	Blick über die Fleischbrücke anlässlich des Einzugs von Kaiser Matthias 1612. In GNM: SP 3816 (vgl. Bd. 3, Grafik 9).....	125
Abb. IV-50:	Blick auf die Fleischbrücke von Westen in Richtung der hölzernen Barfüßerbrücke. Johann Alexander Boener. In StadtAN: E 13/ II G 84 (vgl. Bd. 3, Grafik 14).....	125
Abb. IV-51:	Blick auf die Fleischbrücke von Westen in Richtung der steinernen Barfüßerbrücke. Johann Alexander Boener. In StadtAN: E 13/ II G 85 (vgl. Bd. 3, Grafik 15).....	125
Abb. IV-52:	Grundriss im Maßstab 1:250. Planentwurf für eine Nürnberg-Führter Straßenbahnlinie. Tiefbauamt Nürnberg.....	130
Abb. IV-53:	Längsschnitt in überhöhter Darstellung, Planentwurf für eine Nürnberg-Führter Straßenbahnlinie. Tiefbauamt Nürnberg.....	131
Abb. IV-54:	Wasserstand in den Straßen 1849. W. Schroll, Ausschnitt aus einem Druck mit Darstellung von geschädigten Bauten. In StadtAN, Bild-, Film- und Tonarchiv: LR359/22.....	131
Abb. IV-55:	Fleischbrücke während des Hochwassers 5.2.1909 von Osten. In StadtAN, Bild-, Film- und Tonarchiv: D164/ XII (vgl. Bd. 3, Foto 7).....	132
Abb. IV-56:	Fleischbrücke während des Hochwassers 5.2.1909 von Westen. In StadtAN, Bild-, Film- und Tonarchiv: Repro182_V (vgl. Bd. 3, Foto 8).....	132
Abb. IV-57:	Fleischbrücke von Südwest und von Osten. 16.10.1946. In StadtAN, Bild-, Film- und Tonarchiv: FiF3 (vgl. Bd. 3, Foto 30).....	133
Abb. IV-58:	Blick von Südwesten vor 1949, links das Fleischhaus. In D’Addario, Ausschnitt aus Foto S. 82 (vgl. Bd. 3, Foto 27).....	134
Abb. IV-59:	Ochse Rekonstruktion. 2001. Foto C. Kaiser.....	134
Abb. IV-60:	Fleischbrücke von Osten mit Ponton zur Aufnahme der Brückenuntersicht, 19.4.2004. Foto c. Kaiser.....	135
Abb. IV-61:	Versorgungsleitungen in der Fleischbrücke 1928. In Tiefbauamt Nürnberg (vgl. Bd. 3, Foto 14).....	136
Abb. IV-62:	Bauabschnitt I des Hochwasserentlastungsstollens ist fertig gestellt, Beginn des Bauabschnitts II, dem Neubau der Museumsbrücke. Blick von Osten. In Tiefbauamt Nürnberg.....	137
Abb. IV-63:	Bau der Museumsbrücke mit dem dritten Bogen als Einlassbauwerk für den Hochwasserentlastungsstollen, Blick von Osten. In Tiefbauamt Nürnberg.....	137
Abb. IV-64:	Fertigstellung des II. Bauabschnittes. In Tiefbauamt Nürnberg.....	137
Abb. IV-65:	Baustelle des III. Bauabschnitts, dem Auslaufbauwerk, bei Hochwasser unter Wasser, Blick von Westen. In Tiefbauamt Nürnberg (vgl. Bd. 3, Foto 39).....	138

Abb. IV-66:	Entwurf für eine Brüstung mit Emblemen und Beiblatt, Ausschnitte. In GNM: HB 1423 (vgl. Bd. 2).....	139
Abb. IV-67:	Figürliche Darstellungen für die Rosetten mit den vier Elementen nebst Gesims. Ausschnitt. In GNM: HB 1436 (vgl. Bd. 2).....	140
Abb. IV-68:	Figürliche Darstellungen für die Rosetten, die vier Jahreszeiten, Ausschnitt. In GNM: HB 1434 (vgl. Bd. 2).....	140
Abb. IV-69:	Figürliche Darstellungen für die Rosetten, die vier Jahreszeiten, Ausschnitt. In GNM: HB 1435 (vgl. Bd. 2).....	140
Abb. IV-70:	Vorgesehener Brückenanschluss an die Bebauung von 1598, Ausschnitt. In ArchMM: Fleischbrücke Nr. 4 (vgl. Bd. 2).....	141
Abb. IV-71:	Brückenübergang dargestellt im Merian Stich von 1648, Ausschnitt. In GNM: HB 1488 (vgl. Bd. 3, Grafik 12).....	141
Abb. IV-72:	Steinerne „Schüssel“ als Schmuckelement auf den Kanzeln, Ausschnitt. In ArchMM: Fleischbrücke Nr. 2 (vgl. Bd. 2).....	141
Abb. IV-73:	Kanzel Ost von unten mit Wappen des Ratsbaumeisters Stromer und Lamm 10.4.2002. Foto C. Kaiser.....	142
Abb. IV-74:	Verwitterte Kanzeln der Fleischbrücke von Westen 31.10.1933. In Tiefbauamt Nürnberg (vgl. Bd. 3, Foto16).....	143
Abb. IV-75:	Deutlich erkennbare erneuerte Wappen der Westkanzeln der Fleischbrücke, 1934. Ausschnitt. Aufnahme Hochbauamt. In StadtAN, Bild-, Film- und Tonarchiv: F27/X (vgl. Bd. 3, Foto 19).....	143
Abb. IV-76:	Ansicht der Kanzel von Osten vor 1909. (vgl. Bd. 3, Foto 6).....	145
 Kapitel IV.2 Bau- und Schadensaufnahme		
Abb. IV-77:	Überblick der Bau- und Schadensaufnahme.....	146
Abb. IV-78:	Ansicht Unterstrom, Steinart, Ausbesserungen, Risse. Ausschnitt aus LGA-Plan Anlage 1.....	147
Abb. IV-79:	Ansicht Oberstrom: Steinart, Ausbesserungen, Risse. Ausschnitt aus LGA-Plan Anlage 4.....	148
Abb. IV-80:	Ansicht der Westseite. Steinschnitt nach Bildmessplänen aus dem Nachlass von W. v. Stromer. Ausschnitt aus Plan 1. August 1984.....	148
Abb. IV-81:	Zeichnung der Brückenuntersicht, Abwicklung des Blickes von unten gegen den Bogen (vgl. im Maßstab 1:50 Bd. 3).....	149
Abb. IV-82:	Gesims der Brüstung und im Bereich des Bogens, Westseite. C. Kaiser 9.6.2002 (vgl. Bd. 3).....	150
Abb. IV-83:	Steinkörper der Fleischbrücke im unsanierten Zustand nach Bohrergebnissen der LGA (Stand 2001).....	151
Abb. IV-84:	Zunahme der Steinfestigkeit β_{DS} mit der Wichte γ . In Stiglat (1984 a), S. 52, Bild 2a.....	154

Abb. IV-85:	Mechanisches Verhalten historischer Kalkmörtel. Aus Schäfer, Hilsdorf (1991).....	157
Abb. IV-86:	Lagerebenen bei vertikalem Mauerwerk, beim Tonnengewölbe und bei der Fleischbrücke.....	158
Abb. IV-87:	Bezeichnungen	159
Abb. IV-88:	Keilform	164
Abb. IV-89:	Kanzel Ost, Oberstrom. 10.4.2002. Foto C. Kaiser	164
Abb. IV-90:	In der Untersicht sichtbare Schichtung der Sandsteine parallel zur hier ausgewaschenen Lagerfuge, schmale Stoßfuge erkennbar. 18.4.2002. Foto C. Kaiser.....	166
Abb. IV-91:	Möglichkeiten des Aufbaus des Verbandes in Bogeninneren	166
Abb. IV-92:	Baustelle der Karlsbrücke in Nürnberg 1728. Ausschnitt aus Abb. No. 41 in Schramm (1735). Gesamtgröße ca. 32 x 23 cm. Als Einzelblatt in GNM: SP 13305	167
Abb. IV-93:	Errichtung des Bogens der Fleischbrücke 1598, Ausschnitt aus der Zeichnung zum Petzold-Pokal, undatiert. Im Nachlass W. v. Stromer (vgl. Bd. 3, Grafik 20)	167
Abb. IV-94:	Verrostete Schlauder Oberstrom, 2. von links in Fließrichtung bei Sanierungsarbeiten der Embleme. In Tiefbauamt Nürnberg	169
Abb. IV-95:	maßstabsgerechte Steinmetzzeichen aus der Untersicht der Fleischbrücke, verzeichnet April 2002, C. Kaiser.....	170
Abb. IV-96:	Steinmetzzeichen. April 2002. Foto: C. Kaiser	170
Abb. IV-97:	Steinmetzzeichen in St. Lorenz, Nürnberg. In Stolz (1998), S. 14	170
Abb. IV-98:	Ansicht Oberstromseite mit starken Versalzungen. Juli 2001. Foto C. Kaiser.....	173
Abb. IV-99:	Moosbewuchs an den Gesimsen. 8.6.2003. Foto C. Kaiser	173
Abb. IV-100:	Untersicht Westseite, Unterstrom, unterschiedlichste Plomben aus Mauerwerk und Beton, Eisenanker. Foto C. Kaiser, 25.4.2002 (vgl. Bd. 3, Foto 58).....	174
Abb. IV-101:	Spuren des Wasseraustritts am nördlichen Kämpfer. 25.4.2002. Foto C.Kaiser	175
Abb. IV-102:	Im Bereich der Kanzeln lösen sich Sandsteinbrocken leicht aus der Fleischbrücke. 25.4.2002. Foto C. Kaiser	176
 Kapitel IV.3 <i>Statisch-konstruktive Analyse</i>		
Abb. IV-103:	Übungsaufgabe der Königlichen Baugewerkschule Erfurt, 1908. Eigentum: Kahlow.....	179
Abb. IV-104:	FEM-Modell der Göltzschtalbrücke. In: Schlegel et al (2003), S. 17	182
Abb. IV-105:	Versagensmöglichkeiten von Halbkreisbögen. In Schulz (1808)	183

Abb. IV-106:	Belastungsgerüst bei den Purkersdorfer Versuchen mit einem Moniergewölbe. In Emperger 1908, Abb. 52, S. 339.....	183
Abb. IV-107:	Bezeichnungen bei den Betrachtungen zur Bogenstärke	187
Abb. IV-108:	Verkehrslasten für 1 m breiten Streifen in der Statik des Tiefbauamtes, Angabe in heutigen Dimensionen, 1955	191
Abb. IV-109:	Plan zur Stützlinienuntersuchung der Fleischbrücke, Tiefbauamt Nürnberg 1955, Hauptakte 650-41-01/020.....	192
Abb. IV-110:	Darstellung der verwendeten Fälle im Spannungsdehnungsdiagramm, Falter (1999), S.148.....	195
Abb. IV-111:	Ausschnitt aus der Planzeichnung des Tiefbauamtes, Stand März 2003, für die zu erfolgende Sanierung	197
Abb. IV-112:	Achslasten beider Spuren für BK 16/16 in Brückenquerrichtung bei einer mitwirkenden Breite von 6,75 m.....	199
Abb. IV-113:	Darstellung der halbseitigen Belastung mit SLW-Ersatzlasten bei verschiedenen BK nach DIN 1072 für einen 1 m breiten Streifen bei einer mitwirkenden Breite von 6,75 m.....	199
Abb. IV-114:	Räumliche Verteilung der Lasten auf einer Brückenhälfte in der Draufsicht nach DIN 1072 (1952), BK 30 für den Ist-Zustand.....	201
Abb. IV-115:	Stützlinienuntersuchung für den sanierten Zustand, BK 16/16.....	204
Abb. IV-116:	Querschnitt mit der größten Druckspannung unter Verkehr halbseitig.....	205
Abb. IV-117:	Lage des Bogens und Idealisierung der Schwerachse. Idealisierter Bogen der Steinbrücke mit Überschüttung im Ist-Zustand.	206
Abb. IV-118:	Knotennummerierung beim Stabmodell in RSTAB als eingespannter Bogen und Zweigelenbogen	206
Abb. IV-119:	Stützlinie des eingespannten Systems im Lastfall Eigengewicht, Ist-Zustand, BK 30.....	208
Abb. IV-120:	Stützlinie des eingespannten Systems im Lastfall Eigengewicht und Verkehr voll, Ist-Zustand, BK 30	208
Abb. IV-121:	Stützlinie des eingespannten Systems im Lastfall Eigengewicht und Verkehr halbseitig, Ist-Zustand, BK 30.....	208
Abb. IV-122:	Idealisierung des tragenden Bogens mit dem Aufbau über dem Brückenkörper für den instandgesetzten Zustand	211
Abb. IV-123:	Umsetzung in ATENA	213
Abb. IV-124:	Einachsiges Spannungs-Dehnungs-Gesetz für Beton. In ATENA: Theorie Part 1 Abb. 2.1-4.....	214
Abb. IV-125:	Ausbildung von Rissen an der Bogenoberseite.	215
Abb. IV-126:	Regelmäßig erzeugtes Netz bei ANSYS mit zwei Materialien.....	217
Abb. IV-127:	Dreidimensionale Versagensoberfläche bei dem Betonelement Solid 65 in ANSYS.....	219

Abb. IV-128:	Anteile der Knotenkräfte an der Gesamlast eines Feldes.....	220
Abb. IV-129:	Hauptdruckspannungen S_3 [$\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$], LF Eigengewicht und Verkehr halbseitig auf der Nordseite, BK 30	221
Abb. IV-130:	Rissbild bei Verkehr halbseitig Nord, BK 16/16. Ausschließliche Darstellung des Sandsteinmaterials ohne Aufschüttung.	223
Abb. IV-131:	Übersichtsskizze der durchgeführten Versuche	229
Abb. IV-132:	Zeitgleiche Herstellung des Bogens und der Prüfkörper. Lehrgerüst und Probekörper in der Unterkonstruktion im Prüfrahmen.....	230
Abb. IV-133:	Probekörper zur Ermittlung der Mauerwerksfestigkeit.....	230
Abb. IV-134:	Ansicht des Versuchsrahmens für die Bogenversuche.....	231
Abb. IV-135:	Bogen Typ 1 unter symmetrischer Belastung in den Drittelpunkten	233
Abb. IV-136:	Bogen Typ 2 unter symmetrischer Belastung in den Drittelpunkten	233
Abb. IV-137:	Bogen Typ 1 unter einseitiger Belastung im Drittelpunkt.....	234
Abb. IV-138:	Bogen Typ 2 unter einseitiger Belastung im Drittelpunkt.....	234
Abb. IV-139:	Übersichtsskizze der Ergebnisse	235
 Kapitel V <i>Bewertung</i>		
Abb. V-1:	Handzeichnung Schickhardts. In WLB: Cod. hist. Q. 148 a, fol. 25verso, fol. 26	242
Abb. V-2:	Ölgemälde von Guardi. In Graefe, H. A. (1969).....	244
Abb. V-3:	Ölgemälde von Marieschi um 1740. Reproduktion von Postkarte. Original in Petersburg, Eremitage	244
Abb. V-4:	Vergleich von Palladios und da Pontes Rialto-Brücke in Rondelet (1836). Aus Huse (1979)	247
Abb. V-5:	Maßstabsgerechte Gegenüberstellung der Fleischbrücke von Westen und der Rialto-Brücke von Nordosten. Intrados der Rialto-Brücke rot. Montage C. Kaiser.....	247
Abb. V-6:	Fotomontage der Fleischbrücke im Gewand der Rialto-Brücke, Werbung für den Venezianischen Markt 2003 in Venedig, eingereicht beim Tiefbauamt Nürnberg	248
Abb. V-7:	Venezianischer Markt in Nürnberg, 28.4.2003. Foto C. Kaiser	248

Tabellenverzeichnis

Kapitel II	Ausgangslage	
Tab. II-1:	Festgelegte Klassifizierungsfelder beim digitalen Archiv.....	34
Kapitel III	Historischer Kontext	
Tab. III-1:	Pfeilverhältnisse unterschiedlicher Kreissegmentbögen	40
Tab. III-2:	Überblick über Pfeilverhältnisse und Spannweiten von Steinbrücken vor Bau der Fleischbrücke.....	43
Tab. III-3:	Übersicht ausgewählter Angaben aus den Ämterbüchlein 1595 bis 1598	65
Tab. III-4:	Abmessungen für Normsteine nach Fleischmann 1985, S. 184, Tabelle 12	68
Tab. III-5:	Darstellung weiterer, in Tabelle III-4 nicht aufgeführter Normsteine. Nach Stolz (1991), S. 31	69
Kapitel IV.1	Baugeschichte	
Tab. IV-1:	Rangfolgen der Septemviren (1597, 1598, 1601) nach Angaben auf Medaillen.....	144
Kapitel IV.2	Bau- und Schadensaufnahme	
Tab. IV-2:	Maße der Fleischbrücke nach Bohrerergebnissen der LGA	151
Tab. IV-3:	Proben des Sandsteins der Fleischbrücke bestimmt durch die LGA	153
Tab. IV-4:	Erfahrungswerte für die Mindestdruckfestigkeiten β_D für Sandstein aus der DIN 1053	154
Tab. IV-5:	Sandsteinkennwerte nach Mauerwerkskalender 2002, S. 20, Tab. 13.	154
Kapitel IV.3	Statisch-konstruktive Analyse	
Tab. IV-6:	Tabelle 1. S. 323 aus Kidder, Parker, umgerechnet auf m und um die Daten der Fleischbrücke ergänzt	189
Tab. IV-7:	Skizze zur Spannungermittlung bei Außermittigkeit unter Annahme einer gleichmäßigen Spannungsverteilung.....	194
Tab. IV-8:	Ausschnitt aus Tabelle 14, DIN 1053: Grundwerte der zulässigen Spannung für Natursteinmauerwerk.....	202
Tab. IV-9:	Schema zur Bezeichnung der Versuche	232
Tab. IV-10:	Überblick über die Versuchsergebnisse zu gemauerten Bögen.....	236

Diagrammverzeichnis

Kapitel III Historischer Kontext

Diagr. III-1:	Vergleich der lichten Weiten des größten Bogens in Deutschland 1400-1700.....	42
---------------	--	----

Kapitel IV.1 Baugeschichte

Diagr. IV-1:	Eingebaute Pfähle laut StadtAN: B1/II, Nr. XVI 8a	113
Diagr. IV-2:	Auswertung zu Personalkosten nach StadtAN: B1/II, Nr. XVI 8a	117
Diagr. IV-3:	Auswertung zu Materialkosten nach StadtAN: B1/II, Nr. XVI 8a.....	118

Kapitel IV.2 Bau- und Schadensaufnahme

Diagr. IV-4:	Aus der Aufnahme der Brückenuntersicht ermittelte Steinbreiten am Intrados.....	160
Diagr. IV-5:	Die Steinbreiten am Intrados, mittlere Reihe Nr. 37.	161
Diagr. IV-6:	Prozentuale Anteile der Steinlängen der Untersicht.....	161
Diagr. IV-7:	Steinlängen in Brückenquerrichtung. Gleichmäßige Klasseneinteilung 5 cm	162
Diagr. IV-8:	Steinlängen in Brückenquerrichtung. Gleichmäßige Klasseneinteilung 1 cm	162
Diagr. IV-9:	Gruppen benachbarter Steine am westlichen Intrados (Unterstrom).....	163
Diagr. IV-10:	Versatz der Steinlängen bei Gruppen benachbarter Steine am Intrados an der Stirnseite Oberstrom	165

Kapitel IV.3 Statisch-konstruktive Analyse

Diagr. IV-11:	Vergleich der Brückenklasse 30 mit heute gültigen Brückenklassen 16/16 und 30/30.....	200
Diagr. IV-12:	Anteile der Verkehrlasten an den Gesamtlasten des Bogens bei LF „Verkehr voll“	200
Diagr. IV-13:	Ausgehend von B1 iterierte Bogengeometrien.....	209
Diagr. IV-14:	Spannungsverläufe σ_{oben} und σ_{unten} bei verschiedenen starken, als tragend angesetzten Bogengeometrien, Ist-Zustand, BK 30	209
Diagr. IV-15:	Vergleich der Spannungen bei verschiedenen Kämpferquerschnitten im Lastfall Eigengewicht und Verkehr halbseitig	210
Diagr. IV-16:	Tragwirkung bei Veränderung der Kämpferstärke, Ist-Zustand, BK 30	210
Diagr. IV-17:	Spannungsvergleich im Lastfall Eigengewicht und Verkehr halbseitig vor und nach der Sanierung.....	212
Diagr. IV-18:	Ist-Zustand, BK 30: Hauptdruckspannungen am Intrados aus der Scheibenberechnung mit ATENA	216

Diagr. IV-19: Sanierter Zustand, Ergebnisse der aufeinander folgenden Schritte der Analysis: Principal Stress MIN am Intrados aus der Scheibenberechnung mit ATENA	216
Diagr. IV-20: Spitzenwert der Verformung FEM-Modell mit unsymmetrischem Intrados.....	222
Diagr. IV-21: Spitzenwert der Hauptdruckspannung (Elementspannung) für das FEM-Modell mit unsymmetrischem Intrados	222
Diagr. IV-22: Ist-Zustand, Belastung nach BK 30, halbseitige Belastung.....	226
Diagr. IV-23: Ist-Zustand, Belastung nach BK 30, halbseitige Belastung.....	226

Anschriftenverzeichnis Institutionen

Archivio di Stato di Venezia

Campo dei Frari, 3002
30125 Venezia
Tel: 041 / 5222281
<http://asve@archivi.beniculturali.it/>

Biblioteca Nazionale Marciana

Piazzetta San Marco n.7
30124 Venezia
Tel: 041 / 2407211
<http://marciana.venezia.sbn.it/>

Architekturmuseum der Technischen Universität München

Arcisstr. 21
80333 München
089 / 289-22493
<http://www.architekturmuseum.de>

Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege

Hofgraben 4
80539 München
089 / 2114-0
<http://www.blfd.bayern.de>

Germanisches Nationalmuseum GNM

Kartäusergasse 1
90402 Nürnberg
0911 / 1331-0
<http://www.gnm.de>

Landesgewerbeanstalt Bayern LGA

Tillystr. 2
90341 Nürnberg
0911 / 655 50
<http://www.lga.de>

Lenbachhaus, Städtische Galerie, Architekturge-schichtliche Sammlung

Luisenstr.
8000 München 2
089 / 23 33 2000
<http://www.lenbachhaus.de>

Museen der Stadt Nürnberg, Graphische Sammlung

Äußere Sulzbacher Str. 60
90491 Nürnberg
0911 / 231-2271
<http://www.museen.nuernberg.de>

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin X C3/I

Württembergische Str.6
10707 Berlin
030 / 9012-0
<http://www.stadtentwicklung.berlin.de>

Staatsarchiv Nürnberg

Archivstr.17
90 408 Nürnberg
0911 / 93 51 9-0
<http://www.gda.bayern.de/staarin.htm>

Stadtarchiv Nürnberg

Norishalle, Marientorgraben 8
90402 Nürnberg
0911 / 231 27 70
<http://www.stadtarchiv.nuernberg.de>

Stadtarchiv ULM

Schwörhaus, Weinhof 12
89073 Ulm
0731 / 161 42 00
<http://www.stadtarchiv.ulm.de>

Stadtbibliothek Nürnberg, Egidienplatz

Egidienplatz 23
90403 Nürnberg
0911 / 231 27 79
<http://stadtbibliothek.nuernberg.de>

Stromersche Kulturgut-, Denkmal- und Naturstif-tung

Rotraut von Stromer-Baumbauer
Donaustr. 16
91052 Erlangen
09131 / 36092
<http://www.stromerstiftung.de>

Tiefbauamt Stadt Nürnberg

Brückenbau und Wasserwirtschaft (T/B)
Tiefbauamt, Bereich T/B
Peuntgasse 5
0911 / 231-4870
<http://www.tiefbauamt.nuernberg.de>

Untere Denkmalschutzbehörde der Stadt Nürnberg

Marientorgraben 11
90 317 Nürnberg
0911 / 231 42 70
http://www.nuernberg.de/schluessel/aemter_info/ref6/h/denkmalschutz.html

Württembergische Landesbibliothek

Konrad-Adenauer-Str. 8
70173 Stuttgart
Kartensammlung und grafische Sammlung
Geißburgstr.4a
70190 Stuttgart
0711 / 212-4454
<http://www.wlb-stuttgart.de>

Ausführliches Inhaltsverzeichnis

Inhaltsübersicht	I
Abkürzungsverzeichnis	III
Vorwort	VI
I Einführung	1
I. 1 Die Fleischbrücke im Herzen der Nürnberger Altstadt	1
I. 2 Bedeutung der Brücken für Nürnbergs stadtgeschichtliche Entwicklung	4
I. 3 Zentrale Rolle der Fleischbrücke	8
I. 4 Rezeption und Wertschätzung	11
II Ausgangslage	17
II. 1 Zielsetzung der vorliegenden Arbeit	17
II. 1.1 Zentrale Fragen	17
II. 1.2 Thesen	18
II. 2 Untersuchungsmethodik	19
II. 3 Stand der Forschung	21
II. 3.1 Forschungen zu Steinbrücken	21
II. 3.2 Forschungen zur Fleischbrücke	22
II. 4 Quellen	23
II. 4.1 Primärquellen in Archiven und Einrichtungen im Überblick	23
II. 4.2 Sekundärquellen, Chroniken, Illustrationen und Publikationen	28
II. 5 Dokumentation	31
III Historischer Kontext	36
III. 1 Steinbogenbrücken	36
III. 1.1 Statistische Informationen	36
III. 1.2 Geschichte der Steinbogenbrücken	37
III. 1.3 Spannweiten und Pfeilverhältnisse	40
III. 1.4 Brücken der Renaissance in Europa	43
III. 1.5 Flache Bogenkonstruktion in China	44
III. 2 Traktate und bautechnisches, handwerkliches Fachwissen	46
III. 2.1 Wissen - Traktate	46
III. 2.2 Stilles Wissen – Fachkenntnisse Nürnberger Meister	57

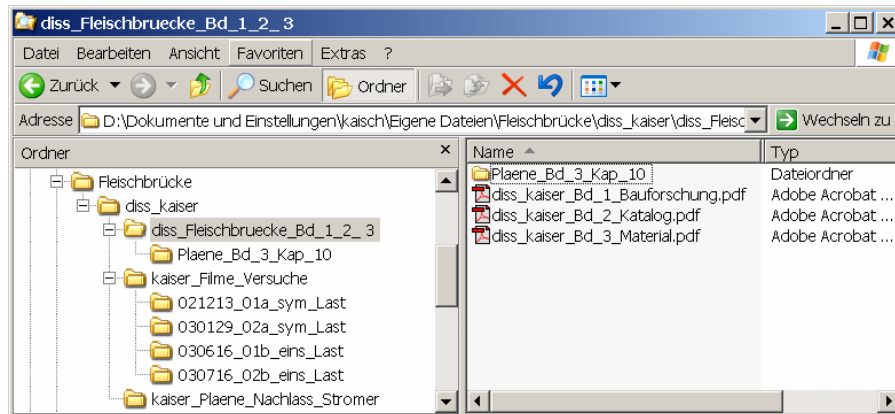
III. 3	Das reichsstädtische Bauamt in Nürnberg bis 1595	62
III. 3.1	Organisationsstruktur	62
III. 3.2	Baumaterial	65
III. 3.3	Nürnberger Normsystem für Natursteine	67
III. 4	Ponte di Rialto	70
III. 4.1	Errichtung des Ponte di Rialto	70
III. 4.2	Modell des Ponte di Rialto in Grünsberg, Altdorf bei Nürnberg	71
III. 4.3	Akten- und Planlage zur Konstruktion der Rialto-Brücke	72
III. 4.4	Statisch-konstruktive Inhalte der Entwürfe zum Ponte di Rialto	73
III. 5	Zusammenfassung: Historischer Kontext	79
IV	Bauforschung	81
IV. 1	Bau- und Nutzungsgeschichte	81
IV. 1.1	Vorgängerbauten	81
IV. 1.2	Entwurf und Planung der Fleischbrücke	85
IV. 1.2.1	Hochwasser von 1595	85
IV. 1.2.2	Ausschreibung eines Entwurfswettbewerbs	86
IV. 1.2.3	Planungsüberlegungen der Wettbewerbsteilnehmer	87
IV. 1.2.4	Entwurfspläne und Entwurfsgutachten	88
IV. 1.3	Errichtung der Fleischbrücke	97
IV. 1.3.1	Baumeister und Bauleute der Fleischbrücke	97
IV. 1.3.2	Baustelleneinrichtung	103
IV. 1.3.3	Bauablauf	110
IV. 1.3.4	Baukosten	117
IV. 1.4	Darstellungen der Fleischbrücke	120
IV. 1.4.1	Medaillen	120
IV. 1.4.2	Stiche, Gemälde und Druckgrafiken	121
IV. 1.5	Nutzungsgeschichte	126
IV. 1.5.1	Einflüsse während der Nutzung	126
IV. 1.5.2	Denkmalpflege und fehlende Dokumentation vorgenommener Eingriffe	126
IV. 1.5.3	Befahrverbote im 18. Jahrhundert	127
IV. 1.5.4	Verkehrstechnische Planungen und Maßnahmen	130
IV. 1.5.5	Hochwasser	131
IV. 1.5.6	Kriegsschäden aus dem Zweiten Weltkrieg	132
IV. 1.5.7	Bauliche Eingriffe in das Brückenbauwerk	135
IV. 1.5.8	Brückenschmuck und seine Veränderung	138
IV. 2	Bau- und Schadensaufnahme	146
IV. 2.1	Vorbemerkungen	146
IV. 2.2	Durchgeführte Maßnahmen zur Konstruktiven Analyse	147
IV. 2.2.1	Untersuchungen der LGA zum „1. Bericht“	147
IV. 2.2.2	Aufnahme der Brückenuntersicht	148
IV. 2.2.3	Aufnahme des Gesimses	150
IV. 2.3	Technische Daten des Bauwerks	151
IV. 2.3.1	Geometrie des Brückenkörpers	151
IV. 2.3.2	Materialkennwerte	153

IV. 2.4	Mauerwerk: Struktur, Steinschnitt und Verband	158
IV. 2.4.1	Vorbemerkung und Begriffsbestimmung	158
IV. 2.4.2	Steinmaße und Fugenmaße der untersten Steinreihen (Untersicht)	159
IV. 2.4.3	Verband	164
IV. 2.4.4	Eiserne Querstangen	168
IV. 2.4.5	Steinmetzzeichen	169
IV. 2.4.6	Oberflächenbehandlung und Steinschnitt als Gestaltungselement	171
IV. 2.5	Schadensbild	172
IV. 2.5.1	Originalsubstanz und Austausch	172
IV. 2.5.2	Abwitterung, schwarze Krusten, Salzausblühungen	172
IV. 2.5.3	Plomben und Anker	173
IV. 2.5.4	Wasseraustritt	174
IV. 2.5.5	Risse, ausgewaschene Fugen, lokale Probleme an der westlichen Kanzel	175
IV. 2.5.6	Die Tragfähigkeit betreffende Schäden	176
IV. 2.5.7	Planungen des Tiefbauamtes zur Konstruktiven Instandsetzung	177
IV. 3	Statisch-konstruktive Analyse	178
IV. 3.1	State of the art	178
IV. 3.1.1	State of the art – Berechnung	178
IV. 3.1.2	State of the art – Modellversuche	182
IV. 3.2	Vorgehen	186
IV. 3.3	Analyse mittels historischer „Werkzeuge“	187
IV. 3.3.1	„Analyse“ im Entwurfsprozess, Faustformeln	187
IV. 3.3.2	Bruchtheorien für Halbkreisgewölbe	187
IV. 3.3.3	Empirische Formeln für Segmentbögen	188
IV. 3.4	Vorliegende Untersuchungen zur Fleischbrücke	190
IV. 3.4.1	Fleischbrücke erstmals im Focus von Ingenieuren - 19. Jahrhundert	190
IV. 3.4.2	Erste Tragfähigkeitsberechnung 1955	190
IV. 3.4.3	Stützlinienbetrachtung, iterative Veränderung der Steifigkeiten, 1985	192
IV. 3.4.4	Stabwerksstatik 1989, linear-elastisch	193
IV. 3.4.5	Falter 1999 – FEM-Berechnung eben	194
IV. 3.5	Statische Idealisierungen für den Ist-Zustand und den geplanten Sanierungszustand	197
IV. 3.5.1	Berechnungsgrundlagen	197
IV. 3.5.2	Grafostatische Untersuchung, sanierter Zustand	204
IV. 3.5.3	FEM – Stabwerksberechnung mit RSTAB	206
IV. 3.5.4	FEM – Scheibenberechnung mit ATENA	213
IV. 3.5.5	FEM – dreidimensionale Berechnung mit ANSYS	217
IV. 3.6	Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse	224
IV. 3.7	Modellversuche zum Steinschnitt der Fleischbrücke	228
IV. 3.7.1	Fragestellung	228
IV. 3.7.2	Konzeption: Modelle und Belastung	228
IV. 3.7.3	Versuchsaufbau und -durchführung	230
IV. 3.7.4	Versuchsergebnisse	232
IV. 3.7.5	Interpretation der Versuchsergebnisse	235

V	Bewertung	237
V. 1	Statisch-konstruktive Qualität der Fleischbrücke	237
V. 1.1	Zeichnung als Mittel der Analyse auf dem Weg zu statisch-konstruktiver Qualität in der Renaissance	237
V. 1.2	Statisch-konstruktive Qualität aus heutiger Sicht	237
V. 2	Fleischbrücke im Vergleich zum Ponte di Rialto	242
V. 3	Ästhetische Qualität der Fleischbrücke	249
V. 4	Qualität der Sanierungen	251
V. 5	Ausblick	253
	Zusammenfassung	254
	Literatur- und Quellenverzeichnis	259
	Verzeichnis ungedruckter Quellen	272
	Verzeichnis Normen und Regelwerke	275
	Verzeichnis Programme	275
	Verzeichnis zitierter Internetadressen	276
	Glossar ausgewählter Begriffe des 16. Jahrhunderts in Nürnberg	277
	Verzeichnis spezieller Maßeinheiten	279
	Abbildungsverzeichnis	281
	Tabellenverzeichnis	292
	Diagrammverzeichnis	293
	Anschriftenverzeichnis Institutionen	295
	Ausführliches Inhaltsverzeichnis	296
	Digitale Version auf CD-ROM	300

Digitale Version auf CD-ROM

Auf dem Datenträger CD-ROM (Einbanddeckel) sind im Ordner *diss_kaiser* Pdf-Dateien mit Lesezeichen und aktiven Inhaltsverzeichnissen enthalten, die auch mit den Plänen aus Kap. 10 und mit Versuchsfilmen verlinkt sind (Achtung: Umbenennung der Dateien und Veränderung der Einsortierung in die Ordner machen die Links unwirksam).



diss_Fleischbruecke_Bd_1_2_3

- *diss_kaiser_Bd_1_Bauforschung.pdf*
- *diss_kaiser_Bd_2_Katalog.pdf*
- *diss_kaiser_Bd_3_Materialsammlung.pdf*

Die geplotteten Pläne aus Band 3 (Materialsammlung), Kapitel 10 liegen in:

Plaene_Bd_3_Kap_10

- im Maßstab 1:100 ein Längsschnitt [10_1_Laengs.jpg](#)
- im Maßstab 1:100 die Stützlinienuntersuchung [10_2_Stuetz.jpg](#)
- im Maßstab 1:50 Brückenuntersicht mit Schadenskartierung [10_3_Unter.jpg](#)
- Handzeichnung Gesims [10_4_Gesims1.jpg](#) und [10_4_Gesims2.jpg](#)

kaiser_Filme_Versuche

In vier Unterordnern befinden sich die Filme (*.mov) zu den vier Versuchen mit zwei Mauerungsarten des Bogens, jeweils unter symmetrischer und einseitiger Last – sortiert nach dem Datum des Versuchs (Jahr, Monat, Tag).

kaiser_Plaene_Nachlass_Stromer

Eine Auswahl gescannter Pläne aus dem wissenschaftlichen Nachlass zum Thema Brückenbau von Prof. Dr. Dr. Wolfgang von Stromer an Dr. Holger Falter:

- Ansicht der Rialto-Brücke im Maßstab 1:50 [Rialto-Brücke.jpg](#)
- Ansicht der Ostseite der Fleischbrücke im Maßstab 1:50 [Fleischbruecke_Ostseite.jpg](#)
- Ansicht der Westseite der Fleischbrücke im Maßstab 1:50 [Fleischbruecke_Westseite.jpg](#)